

Université de Montréal

Insectes de la couronne du palmier dattier
dans la phoeniciculture traditionnelle et nouvelle à Djibouti

Par

Adwa Abdou Ali

Département de Sciences Biologiques
Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Maîtrise
és sciences en Sciences biologiques

Juin 2021

© Adwa Abdou Ali, 2021

Université de Montréal

Unité académique : Sciences Biologiques, Faculté des Arts et des Sciences

Ce mémoire intitulé

*Insectes de la couronne du palmier dattier
dans la phoeniciculture traditionnelle et nouvelle à Djibouti*

présenté par

Adwa ABDOU ALI

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Jacques BRODEUR
Président-rapporteur

Colin FAVRET
Directeur de recherche

Monia BEN HALIMA KAMEL
Membre du jury

Résumé

Ces dernières années, l'insécurité alimentaire et la pauvreté de la population djiboutienne en particulier rurale ne cessent d'accroître à cause de la croissance démographique et l'élévation des prix des denrées alimentaires mondiales.

De ce fait, le gouvernement djiboutien s'est orienté vers le développement de l'agriculture durable par le biais de la phoeniciculture. Cette dernière s'adapte bien aux conditions pédoclimatiques difficiles de la République de Djibouti. Des introductions massives de palmier dattier ont eu lieu pour restaurer les anciennes palmeraies traditionnelles (polycultures et en étage) et la création ou l'extension des nouvelles palmeraies, orientées vers la monoculture.

Cependant, le pays connaît des contraintes importantes dans le domaine phytosanitaire : l'absence d'infrastructure, l'insuffisance de savoir-faire et l'inexistence d'études sur les ravageurs de cette culture.

Dans un but ultime de protéger et d'augmenter les rendements phoenicicoles djiboutiens, ce présent travail évalue la susceptibilité des palmeraies aux insectes ravageurs et aux ennemis naturels. Pour atteindre cet objectif, une comparaison de l'entomofaune des deux modèles de palmeraies, traditionnelle et nouvelle, a été réalisée à l'aide de pièges composés placés sous la couronne du palmier dattier. L'expérience a été menée du 20 juin au 2 septembre 2018, dans six vergers repartis sur trois sites.

Les prélèvements dans ces palmeraies ont montré l'existence d'une diversité d'insectes d'une part, et d'autre, ils ont révélé la présence et l'abondance de ravageurs spécialistes dans les palmeraies monoculturales. Il est ajouté que les ennemis naturels ont été observés en abondance dans les palmeraies traditionnelles mais leur diversité spécifique n'a pas démontré de patron.

Enfin, cette étude contribue à la connaissance de la diversité des insectes et l'existence des ravageurs dans les palmeraies djiboutiennes. Ces ravageurs peuvent avoir des impacts sur le rendement suivant le modèle d'habitat de palmeraie, d'où l'intérêt d'élaborer de moyens de lutte adéquats.

Mots-clés : ennemi naturel, monoculture, phoeniciculture, polyculture, ravageur

Abstract

In recent years, food insecurity and poverty, especially among the rural populations of Djibouti, have been increasing due to population growth and rising world food prices.

As a result, the government of Djibouti seeks to develop sustainable agriculture through date farming. The cultivation of date palms adapts well to the difficult pedoclimatic conditions of the Republic of Djibouti. Massive introductions of date palm have taken place in recent years to restore the older traditional palm groves (polycultures) and to create and/or extend new palm groves oriented towards monoculture.

However, the country faces major phytosanitary challenges: poor infrastructure, insufficient knowledge and a lack of research on the pests of this crop.

With the ultimate aim of protecting and increasing Djibouti's date yields, this present work seeks to assess the susceptibility of palm groves to insect pests. To achieve this objective, a comparison of the insect fauna of the two types of palm groves was carried out using composite traps placed within the crown of the date palm. The experiment was carried out from 20 June to 2 September 2018, in six orchards on three sites.

The samples documented the existence and diversity of insects in these palm groves, as well as the presence and abundance of specialist date palm pests in monocultural palm groves. Natural enemies were also particularly abundant in the traditional palm groves, but species-level diversity did not show any correlations with type of palm grove.

This study contributes to the knowledge of insect diversity and potential pest species in the palm groves of Djibouti. These pests can have an important impact on date yields depending on the type of palm grove and this study thus underlines the needs to develop adequate means of pest control.

Keywords : date palm, monoculture, natural enemy, pest, polyculture

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Table des matières	5
Liste des tableaux	9
Liste des figures	10
Liste des sigles et abréviations	12
Dédicace	13
Remerciements	14
Chapitre 1 – Revue de littérature.....	16
1.1. La relation entre les insectes, les plantes et l'écosystème.....	16
1.1.1. Les insectes	16
1.1.2. La relation entre les insectes et les plantes.....	16
1.1.3. La relation entre les insectes, les plantes et l'écosystème.....	17
1.2. Les insectes et l'agriculture.....	17
1.3. Les insectes en agroforesterie	18
1.3.1. L'habitat	19
1.3.2. L'âge et la taille des arbres.....	19

1.3.3. La résistance associative des végétaux et la sensibilité des insectes.....	19
1.3.4. Les dommages sur les cultures.....	20
1.4. La phoeniciculture.....	20
1.4.1. L’historique du palmier dattier et sa distribution.....	20
1.4.1.1. L’historique du dattier.....	20
1.4.1.2. La distribution géographique du palmier dattier.....	21
1.4.2. L’écologie et les besoins du palmier dattier.....	21
1.4.2.1. L’écologie.....	21
1.4.2.2. Les besoins du dattier.....	21
1.4.2.2.1. La pédologie.....	21
1.4.2.2.2. Les conditions climatiques.....	22
1.4.2.2.3. Les apports hydriques.....	22
1.4.3. La botanique du palmier dattier.....	22
1.4.3.1. Morphologie du palmier dattier.....	22
1.4.3.1.1. Le système racinaire.....	23
1.4.3.1.2. La partie aérienne.....	24
1.4.3.2. Les méthodes de multiplication du dattier.....	28
1.4.3.2.1. La graine.....	29
1.4.3.2.2. Le rejet.....	29
1.4.3.2.3. La micro-propagation.....	29

1.4.4. Les valeurs nutritionnelles de la datte	29
1.4.5. L'importance socio-économique et agro-écologique	30
1.4.5.1. L'aspect social.....	30
1.4.5.2. L'aspect économique.....	30
1.4.5.3. L'aspect agro-écologique	32
1.4.6. Les obstacles de la phoeniciculture.....	32
1.4.6.1. Les facteurs abiotiques	32
1.4.6.2. Les facteurs biotiques.....	32
1.4.6.2.1. Anthropiques	32
1.4.6.2.2. Les maladies	32
1.4.6.2.3. Les ravageurs.....	34
1.4.7. Les Palmeraies djiboutiennes	47
1.4.7.1. Présentation de Djibouti	47
1.4.7.2. Le secteur agricole à Djibouti	49
1.4.7.3. L'histoire du palmier dattier.....	49
1.4.7.4. Les objectifs de l'étude	51
Chapitre 2 – L'entomofaune des palmeraies traditionnelles et monoculturelles à Djibouti	53
2.1. Résumé.....	53
2.2. Introduction	54
2.3. Matériel et méthodes	56

2.3.1. Zone d'étude et d'échantillonnage	56
2.3.2. Le piège composé.....	57
2.3.3. Analyses	59
2.4. Résultats	60
2.4.1. Sommaire des prélèvements.....	60
2.4.2. Les ravageurs dans les palmeraies monoculturelles et traditionnelles	61
2.4.3. Les ennemis naturels dans les palmeraies monoculturelles et traditionnelles.....	62
2.5. Discussion	65
2.5.1. Les palmeraies monoculturelles hébergent plus de ravageurs spécialistes	65
2.5.2. Les palmeraies traditionnelles hébergent plus de ravageurs généralistes	67
2.5.3. Les palmeraies traditionnelles hébergent plus d'ennemis naturels	68
2.6. Conclusions	69
Chapitre 3 – Conclusion générale	71
3.1. Contributions.....	71
3.2. Perspectives	71
Références bibliographiques	73
Annexes.....	88

Liste des tableaux

Tableau 1 - Les pays producteurs de datte dans le monde (FAOstat, 2018).....	31
Tableau 2 - Dattes (2018) de prélèvements sur les trois sites.....	58
Tableau 3 - Abondance des ordres d'arthropodes dans les deux palmeraies.	61
Tableau 4 - Abondance des ravageurs potentiels capturés dans les palmeraies monoculturelles (M) et traditionnelles (T).	62
Tableau 5 - Abondance d'ennemis naturels dans les deux habitats.	63
Tableau 6 - Abondance (individus), diversité spécifique des fourmis et d'autres hyménoptères (UTOs), et diversité alpha (H') dans les six palmeraies.	64
Tableau 7 - Matrice de distance Bray-Curtis pour les fourmis (au-dessus du diagonal) et les autres hyménoptères (en-dessous du diagonal) sur les trois sites (S) dans les palmeraies monoculturelles (M) et traditionnelles (T) aux sites (S) 1, 2, et 3.....	65

Liste des figures

Figure 1 - Schéma du palmier dattier (Munier, 1973)	23
Figure 2 - Les différents niveaux du système racinaire chez le dattier (Dollé et Peyron, 2000) ...	24
Figure 3 - Schéma d'une palme de palmier dattier (Munier, 1973)	25
Figure 4 - Les spathes et l'inflorescence mâle du dattier (Pintaud 2012).....	26
Figure 5 - Les inflorescences du dattier : mâle (A) et femelle (B).....	26
Figure 6 - Les cinq étapes de développement de la datte à peau jaune et rouge.....	28
Figure 7 - Le dessèchement des palmes au début d'infection (Hakkou et al. 2010)	33
Figure 8 - La mortalité du palmier dattier (Essarioui et al. 2018).....	33
Figure 9 - Ectomyelois ceratoniae (Rezaei Azqandi et al. 2015)	36
Figure 10 - Dégât causé par le vers d'Ectomyelois ceratoniae (Hadjeb et al. 2016).....	36
Figure 11 - Parlatoria blanchardi femelle adulte sur la foliole.....	37
Figure 12 - Les dommages engendrés par Oligonchus afrasiaticus	38
Figure 13 - Ommatissus lybicus.....	39
Figure 14 - Le miellat du dubas bug sur foliole (Khalaf et Khudhair 2015).....	40
Figure 15 - Rhynchophorus ferrugineus (Khalaf, 2018)	41
Figure 16 - La perforation du stipe (A) et les dégâts sur les palmes (B) (Khalaf, 2018).....	41
Figure 17 - Les dommages des larves de Virachola livia sur les dattes (Abbes et al., 2020)	43
Figure 18 - Batrachedra amydraula (Kinawy et al., 2015).....	44
Figure 19 - Les dégâts sur les fruits à la nouaison.....	44
Figure 20 - Oryctes agamemnon arabicus (Khalaf, 2018)	45
Figure 21 - Les dégâts sur stipe (Khalaf, 2018).....	45
Figure 22 - Jebusaea hammerschmidti (mâle) (El-Shafi et Mohamed, 2016).....	46
Figure 23 - Dénudation du stipe (El-Shafi et Mohamed, 2016)	47
Figure 24 - Les six districts administratifs de la République de Djibouti (Source CERD)	48
Figure 25 - Une palmeraie traditionnelle mise en valeur	50
Figure 26 - Une palmeraie monoculturale (nouvelle).....	51
Figure 27 - Les sites d'échantillonnage (Source CERD)	57

Figure 28 - Piège composé et installation sous la couronne du palmier dattier58

Figure 29 - Dendrogramme de distance de la diversité bêta des fourmis (gauche) et autres hyménoptères (droite) sur les trois sites (S) dans les palmeraies monoculturelles (M) et traditionnelles (T) aux sites (S) 1, 2, et 3.....65

Liste des sigles et abréviations

CERD : Centre d'étude et de Recherche de Djibouti

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FAOSstat : Base de données statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

IRBV : Institut de Recherche en Biologie Végétale

ISV : l'Institut des Sciences de la Vie

MAPERH : Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Élevage, Chargé des Ressources Hydrauliques

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelle.

PIB : Produit Intérieur Brut

PNSA : Programme National de Sécurité Alimentaire

UPGMA : Unweighted pair group method with arithmetic mean : d'un algorithme destiné à la construction d'un arbre phylogénétique

USAID : L'Agence des États-Unis pour le développement international

UTO : Unité Taxinomique Opérationnelle

Dédicace

Je dédie ce travail

À la mémoire de mes très chers et adorables défunts parents sans leur amour, leur confiance et leur encouragement, qu'ils ont consenti pour mon bien-être et mon éducation depuis mon enfance. Plus particulièrement, à ma mère qui a lutté fermement pour que je puisse continuer mes études à l'étranger dans une famille où la fille ne voyage pas seule. Je sens que leur présence et leur bénédiction m'accompagnent tous les jours et partout où je vais. J'espère être à la hauteur de leur attente.

À mon très cher affectueux, compréhensible et sublime mari qui me soutient dans toutes mes épreuves difficiles, il est mon conseiller et mon protecteur, je ne saurai jamais le remercier de sa générosité, de sa gentillesse, de sa patience et de son sourire.

À mes sœurs et frères, qui ont cru en moi, m'encouragent sans cesse, me facilitent la vie avec leurs paroles tendres et compréhensibles.

Enfin, je dédie ce travail à toutes les personnes que j'ai connues pendant mon séjour à Montréal et qui ont participé directement ou indirectement à l'élaboration de mon projet ou de mon bien être et à ceux de Djibouti.

Remerciements

Dans le cadre d'une maîtrise de recherche à l'université de Montréal au sein du Département de sciences biologiques, cette étude a été réalisée en collaboration avec l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) et le Centre d'étude et de Recherche de Djibouti (CERD). Ce travail est le fruit d'une collaboration entre l'équipe du laboratoire d'entomologie de l'IRBV et l'Institut des Sciences de la Vie (ISV) de Djibouti.

Le travail d'échantillonnage a été effectué dans les palmeraies djiboutiennes et au laboratoire de phytoprotection et de l'environnement de l'ISV du CERD.

Grâce au soutien financier de la Bourse canadienne du programme de la francophonie et de celui du CERD, ce travail a pu être réalisé dans de bonnes conditions.

J'exprime mes remerciements et ma reconnaissance à Dr Colin FAVRET, Directeur de recherche qui m'a accueilli au sein de son laboratoire et accepté mon projet de recherche. Son soutien et celui de sa femme sont immenses ainsi que ses suggestions et ses conseils dans les différentes étapes de mon projet et mon cursus universitaire. Son affection, ses encouragements et sa patience m'ont amplement aidé à surmonter mes problèmes d'éloignement, des deuils et du manque de confiance en moi tout le long de ces années.

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma reconnaissance envers les membres de jury, le président de jury Dr Jacques BRODEUR, Directeur de l'Institut de Recherche en Biologie Végétale et Professeur en parasitisme et en lutte biologique à l'Université de Montréal, Canada et Dr Monia BEN HALIMA KAMEL, Professeure d'entomologie et lutte biologique à l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Sousse, Tunisie, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de mémoire, malgré leur programme très chargé.

J'adresse mes sincères remerciements et ma gratitude à son Excellence le Ministre de l'Éducation Supérieure et de la Recherche de Djibouti, Dr Nabil Mohamed, de m'avoir appuyé et respecté mon choix du lieu d'étude et de ma formation le long de mon cursus.

J'exprime mes remerciements à Dr Jalludin Mohamed, Directeur Général du CERD, Mr Mahmoud Osman, Directeur Administratif et Financier du CERD et son Assistante Mme Faiza Mohamed, et

Dr Abdourahman Daher, directeur de l'ISV, pour leurs soutiens et d'avoir facilité les formalités administratives pour la réalisation de mes travaux de terrain dans les meilleures conditions.

Je n'oublie jamais mes très chers collègues Élisée DABRÉ, Thomas THÉRY, Gonzalo BILBAO, Zakaria LAHRACH et Soon-Jae LEE, pour leur soutien moral, leur encouragement incessant et leur convivialité surtout pendant les moments les plus pénibles de mon existence, sans oublier la TGDE Annie AUBIN et la bibliothécaire de biologie Hélène TARDIF dont j'ai eu la chance d'avoir à mes côtés.

Je remercie les propriétaires et les cultivateurs qui m'ont permis de réaliser cette étude dans leurs palmeraies. Un grand merci à l'Institut des Sciences de la Vie du Centre d'Études et de Recherche de Djibouti et au Programme canadien de bourses de la Francophonie qui ont financé cette recherche. Nos sincères remerciements à Dominic OUELLETTE et Thomas THÉRY (Insectarium de Montréal) pour l'aide à l'identification des fourmis et des coléoptères, sans oublier Catherine ROCQUE.

Le travail de terrain a pu être effectué grâce à ALLAH, à l'aide dynamique d'une équipe très efficace et compétente qui a pu supporter tous les difficultés routières, l'inaccessibilités des sites échantillonnages et les intempéries. Gawad technicien, Abdi et Ismaël chauffeurs, je les remercie infiniment particulièrement Gawad qui a consacré ses week-ends pour venir m'épauler dans les travaux de laboratoire.

Enfin, je remercie du fond de mon âme les membres de ma Famille pour leur soutien immense tout au long de mes études. Plus particulièrement, j'exprime ma gratitude, mon respect à mon adorable et merveille mari, mes enfants qui m'ont soutenu et ont accepté mon absence pour la réalisation de mon rêve le plus fou. J'espère que leur sacrifice serait récompensé par ce modeste travail. MERCI.

Chapitre 1 – Revue de littérature

1.1. La relation entre les insectes, les plantes et l'écosystème

1.1.1. Les insectes

Les insectes appartiennent au règne animal et font partie de l'embranchement des arthropodes. La richesse globale des arthropodes dans le monde a été estimée entre 5 à 10 millions d'espèces par Ødegaard (2000) après la révision de l'évaluation d'Erwin (1982). En générale, cet embranchement est composé de quatre grandes classes, selon Stork (2018). L'abondance et la diversité de ces derniers dépendent en partie de leur relation avec les végétaux qui constituent leur réseau alimentaire. Les insectes peuvent être des prédateurs, ravageurs, parasitoïdes, pollinisateurs et détritivores (Stork, 2018).

1.1.2. La relation entre les insectes et les plantes

Les insectes se nourrissant des plantes sont appelés de phytophages (Bernays et Chapman, 2007). Ces phytophages constituent un groupe très diversifié qui ont établi des rapports parfois très étroits et variés avec les végétaux et l'environnement. Ces plantes offrent à la fois l'habitat et la nourriture. Cette relation d'adaptation alimentaire est basée sur le nombre de différentes espèces de plantes hôtes. Selon les associations, qui peuvent conduire à certain niveau de spécialisation, les insectes se répartissent en monophages, oligophages et polyphages (Schoonhoven et al., 2005).

Les insectes monophages s'alimentent sur une seule espèce végétale (Andow, 1991), ou sur quelques espèces végétales appartenant à un seul genre botanique (Bernays et Chapman, 2007). Pour les oligophages, ils se nourrissent d'un certain nombre d'espèces de plantes, appartenant à la même famille (Schoonhoven et al., 2005). Quant aux polyphages, ils se ravitaillent sur plusieurs espèces végétales appartenant à diverses familles (Andow, 1991) non apparentées, pouvant aller jusqu'à 46 familles (Martinez, 2013). Les ravageurs monophages et oligophages sont plus diversifiés que les polyphages (Martinez, 2013).

1.1.3. La relation entre les insectes, les plantes et l'écosystème

Les insectes constituent le groupe d'organismes multicellulaires le plus diversifié et le plus compétitif de la planète. Ils contribuent de façon significative à la biodiversité, à la structure et au bon fonctionnement de l'écosystème par leur rôle dans divers processus. Ces processus incluent la pollinisation des végétaux, le ravitaillement au réseau trophique supérieur (mammifères, oiseaux, etc.), la décomposition des débris, la lutte antiparasitaire (Stoner et Joern, 2004; Joern et Laws, 2013; Hallmann et al., 2017). Les services écosystémiques fournis par les insectes sauvages ont été estimés à 57 milliards de dollars par an aux Etats-Unis, selon Hallmann (2017). Mais, ces dernières décennies, les activités anthropiques intenses ont entraîné la perte et la fragmentation de l'habitat, qui s'exprime par une régression de la biodiversité de manière critique et irréversible (Turner et Foster, 2009; Azhar et al., 2014). Cette perte de diversité floristique, et donc la fragmentation de l'habitat du phytophage, a conduit vers une diminution de la richesse et d'abondance d'insectes (Haddad et al. 2001; Tschamntke et Brandl 2004). Cette perte a induit également une réduction de la diversité et de l'abondance des ennemis naturels dans les parcelles agricoles (Knops et al. 1999; Liu et al. 2018). Par conséquent, il y en résulte un accroissement potentiel de l'abondance des ravageurs, en particulier les spécialistes (Root, 1973).

1.2. Les insectes et l'agriculture

Un système agricole équilibré est reflété à travers des indicateurs qui sont la diversité et l'abondance végétale (Clergué et al., 2004) et la diversité faunistique des invertébrés (Deguine et Ferron, 2004). Cette diversité d'espèces floristique et l'abondance de certains groupes de plantes influencent positivement la diversité des insectes mais pas nécessairement leur abondance (Haddad et al., 2001). De plus, elle agit en faveur de l'abondance et de la richesse des ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes) par la disponibilité des ressources alimentaires en provenance des insectes nuisibles (Hertzog, 2017) et des plantes grâce à leurs pollens et nectars (Lu et al. 2014).

D'autres paramètres favorisent la diversité et l'abondance de l'entomofaune dans les exploitations agricoles, telle la réduction du travail du sol et des applications des herbicides. Ces techniques permettent une prolifération de l'effectif des insectes par l'instauration d'un microclimat favorable à la multiplication de mauvaises herbes (Krooss et Schaefer 1998; Bianchi et al. 2006). Ceci a été

observé dans les fermes biologiques pour le cas des papillons nocturnes et l'inverse a été notée dans les parcelles agricoles intensives (Wickramasinghe et al., 2004).

En milieu agricole, le rendement est un facteur déterminant. Letourneau (1986) a remarqué que l'association d'une culture de maïs à la culture principale de courge permet une réduction de l'abondance des ravageurs et une augmentation de la diversité des auxiliaires. Cette association accroît le rendement total de la parcelle bien que la production de la culture de courge reste inférieure à celle du maïs en fonction de la superficie attribuée pour sa culture. L'augmentation ou la réduction du rendement total dépend du choix des cultures associées à la culture principale offrant une diminution des attaques sur la culture principale par la suppression des ravageurs et une accumulation des auxiliaires par rapport aux monocultures (Andow 1991). Ainsi, une diversité de plantes plus élevée fournit des ressources en nourriture et en habitat plus régulier dans le temps aux réseaux alimentaires des arthropodes. Cette hétérogénéité végétale augmente l'abondance des insectes nuisibles suivant les saisons (printanière et estivale) sur les cultures en plein champ (Knops et al. 1999), par conséquent, cette diversité végétale favorise la multiplication des prédateurs et contrôle les invasions des ravageurs (Haddad et al., 2011).

1.3. Les insectes en agroforesterie

L'hétérogénéité floristique dans un système agroforestier peut être exprimée en termes de polyculture. Dans une grande forêt tropicale, naturelle et diversifiée, sa superficie est divisée en plusieurs exploitations. Ces parcelles sont de type monoculturelles et mixtes, qui sont composées par des arbres indigènes et des végétaux de production de bois commerciaux. Les parcelles mixtes en espèces sylvoles réduisent les impacts négatifs des insectes nuisibles et les insectes vecteurs de maladie pour une production de bois de bonne qualité par rapport aux exploitations monoculturelles (Plath et al., 2011). Il y a aussi une abondance importante d'invertébrés dans les forêts primaires en comparaison aux forêts converties à la plantation du palmier à huile (Turner et Foster, 2009). Dans les vergers monoculturelles, l'abondance de ravageurs est plus importante (Andow, 1991; Jactel et Brockerhoff, 2007) surtout des ravageurs spécialistes. Dans ces genres de parcelles, les prédateurs sont moins nombreux et y sont généralement généralistes (Root, 1973). D'autres facteurs peuvent agir sur la diversité et l'abondance des insectes dans les forêts polyculturelles et monoculturelles.

1.3.1. L'habitat

La polyculture est un habitat composé d'une grande palette végétale hétérogène pouvant maintenir plusieurs espèces fauniques grâce à la disponibilité des ressources alimentaires sur le plan quantitatif et qualitatif (Dennis et al., 1998). Elle permet également à la création d'un climat favorable à l'accroissement et à l'abondance des arthropodes grâce à son indice de recouvrement qui est assuré par les palmiers à huile et les bananiers (Ghazali et al., 2016). Selon Turner et Foster (2009), les palmiers à huile associés aux plantes épiphytes produisent des micro-habitats pouvant être habités par différentes espèces d'insectes à différents niveaux trophiques.

1.3.2. L'âge et la taille des arbres

Certains critères des feuilles des arbres peuvent avoir une influence sur la communauté d'arthropodes. Ces paramètres sont les suivantes : les jeunes feuilles d'arbres sont plus appréciées par les organismes nuisibles, les feuilles âgées touchant le sol sont exposées aux attaques des phytophages ainsi que la coloration, claire des feuilles (Lowman, 1985). De plus, les feuilles des jeunes arbres abritent un grand nombre espèces d'invertébrés (Ghazali et al., 2016). La richesse et la taille de différents types d'arbres associés protègent la culture principale des bioagresseurs. Castagneyrol et al. (2013) ont expliqué que cette complémentarité végétale perturbe la vision ou l'olfaction des ravageurs dans leur orientation vers la plante hôte.

1.3.3. La résistance associative des végétaux et la sensibilité des insectes

La résistance associative permet de dérouter les phytophages dans la recherche de plantes hôtes. Ceci est assurée par les interactions des plantes avoisinantes qui dérèglent la détection des plantes cibles et réduit ainsi les dommages causés par les herbivores (Barbosa et al., 2009). A cet effet, il est plus remarquable chez les ravageurs spécialistes que généralistes (Castagneyrol et al., 2013). D'après Jactel et Brockerhoff (2007), la résistance et la susceptibilité associative ont aussi des impacts positifs sur les insectes généralistes en milieu forestier. Les peuplements forestiers mixtes associant les conifères aux feuillus ont une plus grande résistance que des peuplements purs de conifères ou de feuillus (Jactel et Brockerhoff, 2007). Pour Plath et al. (2011), la diversité des arbres a des effets sur la sensibilité associative pour l'ensemble de la diversité des insectes ravageurs par rapport à la résistance associative.

1.3.4. Les dommages sur les cultures

Les forêts les plus diversifiées présentent des pertes croissantes dû aux ravageurs polyphages par rapport aux espèces oligophages, ces derniers ayant des régimes alimentaires spécifiques sur la qualité et la disponibilité des plantes hôtes (Jactel et Brockerhoff, 2007). Cette hétérogénéité végétative a montré une diminution de ravageurs en raison de l'accroissance massive d'ennemis naturels et des réactions de résistances complexes des plantes, entraînant une réduction de dommages sur les cultures (Letourneau et al., 2011).

1.4. La phoeniciculture

1.4.1. L'historique du palmier dattier et sa distribution

1.4.1.1. L'historique du dattier

L'origine des végétaux monocotylédones est faite par la datation des fossiles. Leur apparition est établie à l'ère du Crétacé inférieure alors que le palmier est établi à l'ère du Crétacé (sénonien) d'après les fossiles de pollen et des feuilles. Le genre *Phoenix* L. est apparu au tertiaire (Munier, 1973).

Les vestiges archéologiques retrouvés au Moyen-Orient attestent de la culture du dattier à partir de la fin du 4^e millénaire avant notre ère selon Tengberg (2012). Les preuves archéologiques sont nécessaires mais insuffisantes car actuellement incomplètes pour comprendre l'origine des plantes cultivées (Gros-Balthazard et al., 2013).

Cette origine de la domestication de cette espèce est encore discutée à nos jours (Munier, 1973; Zohary et al., 2012). Les études génétiques ont prouvé que le palmier dattier a été domestiqué à partir de *Phoenix dactylifera* L. sauvage (Pintaud et al., 2010).

Le palmier dattier appartient à la famille des arecacées. L'épithète spécifique du nom de l'espèce est formée de deux mots en latin *dactylus*, « doigt » et *fero*, « la seule espèce du genre cultivée pour ses fruits » (Gros-Balthazard et al., 2013). Elle fait partie des plus anciennes cultures arboricoles, cultivée dans la plupart des régions semi-arides à arides depuis au moins cinq mille ans en Afrique et au Moyen-Orient (Zohary et al., 2012). Des vestiges sont retrouvés dans le nord de l'Irak, en Palestine et dans le Sud de l'Espagne (Gros-Balthazard et al., 2013). Ces empreintes

archéologiques, paléoécologies et phytogéographiques ont tracé la présence du dattier dans ces pays.

1.4.1.2. La distribution géographique du palmier dattier

Le dattier est réparti du nord du désert de la péninsule arabique au nord-est du Sahara passant par l'Afrique du nord pour s'étendre sur la bordure sèche et chaude du Moyen-Orient (Zohary et al., 2012). Sa distribution n'est pas limitée aux zones anciennes cultivées (aride et semi-aride), les limites de cette plante sont comprises entre la Somalie avec la latitude de 10° Nord jusqu'à l'Elche en Espagne au 39° Nord. Elle est également introduite aux États-Unis aux XVIII^e siècle dans les zones arides tel que Californie et l'Arizona par le biais des échanges commerciaux (Chao et Krueger, 2007), au XIX^e siècle en Nouvelle-Calédonie, en Australie et en Amérique du Sud par graine et ensuite par rejet (El Hadrami et al., 1998; Gros-Balthazard et al., 2013; Munier, 1973).

1.4.2. L'écologie et les besoins du palmier dattier

1.4.2.1. L'écologie

Le palmier dattier prolifère dans les zones sèches subtropicales, s'adapte facilement aux oasis désertiques (les eaux souterraines étant insuffisantes) et à ceux des plateaux ayant une altitude allant à 1500 m (Munier, 1973). Dans ces endroits, il croit et assure une bonne production de datte. Il joue un rôle capital dans la constitution d'un écosystème oasien par l'atténuation de la désertification, la salinisation, et l'ensablement (Dollé et Peyron, 2000; Kneyta et Doulbeau, 2010).

1.4.2.2. Les besoins du dattier

1.4.2.2.1. La pédologie

Le palmier dattier prospère sur une large gamme de terres cultivables des régions semi-arides et arides, mais se développe moins rapidement sur les sols argileux. Sa préférence est pour les sols profonds, neutres, fertiles, ou amendés et bien drainés (Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003), et il peut produire sur les sols saumâtres ou avec des eaux d'irrigation salés variant de 3 à 10 g/L suivant l'âge de la plante à l'égard d'une moindre qualité de fruit (Kneyta et Doulbeau, 2010).

1.4.2.2.2. Les conditions climatiques

Selon l'adage arabe, le palmier dattier est illustré comme « une plante ayant les pieds dans l'eau et la tête dans le feu »; c'est une espèce thermophile qui tolère le froid et les chaleurs extrêmes.

À la floraison, le dattier nécessite des températures clémentes variant entre 17°C et 24°C pour la maturité de ses fleurs (Munier, 1973; Toutain, 1967). La période de nouaison à la maturité du fruit est de 100 à 200 jours selon les conditions du milieu et des cultivars (Ben Abdallah, 1990; Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000; Toutain, 1967). La maturité de la datte nécessite des températures élevées dont la somme de ses températures (degré jours), selon la variété, est comprise entre 1000 et 2000°C (Ben Abdallah, 1990; Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000; Toutain, 1967). Cette maturité de fructification exige aussi une humidité relative inférieure à 70 % et une importante luminosité (El Hadrami et al., 1998; Sedra, 2003).

1.4.2.2.3. Les apports hydriques

Le dattier est une plante phréatophyte, des régions arides et semi-arides, et exige un supplément d'eau pour subvenir à ses besoins végétatifs et de production. Cet apport d'eau est assuré par l'irrigation selon la nature du sol, la qualité de l'eau, la densité de plantation, les conditions climatiques, le cultivar et la proximité à la nappe phréatique (El Hadrami et al., 1998; Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003; Toutain, 1967).

1.4.3. La botanique du palmier dattier

1.4.3.1. Morphologie du palmier dattier

Phoenix dactylifera (Fig. 1) est une plante angiosperme monocotylédonaire, dioïque, diploïde. Elle est composée de deux parties, comme tous les arbres ou arbustes, d'un système racinaire et d'une partie aérienne.

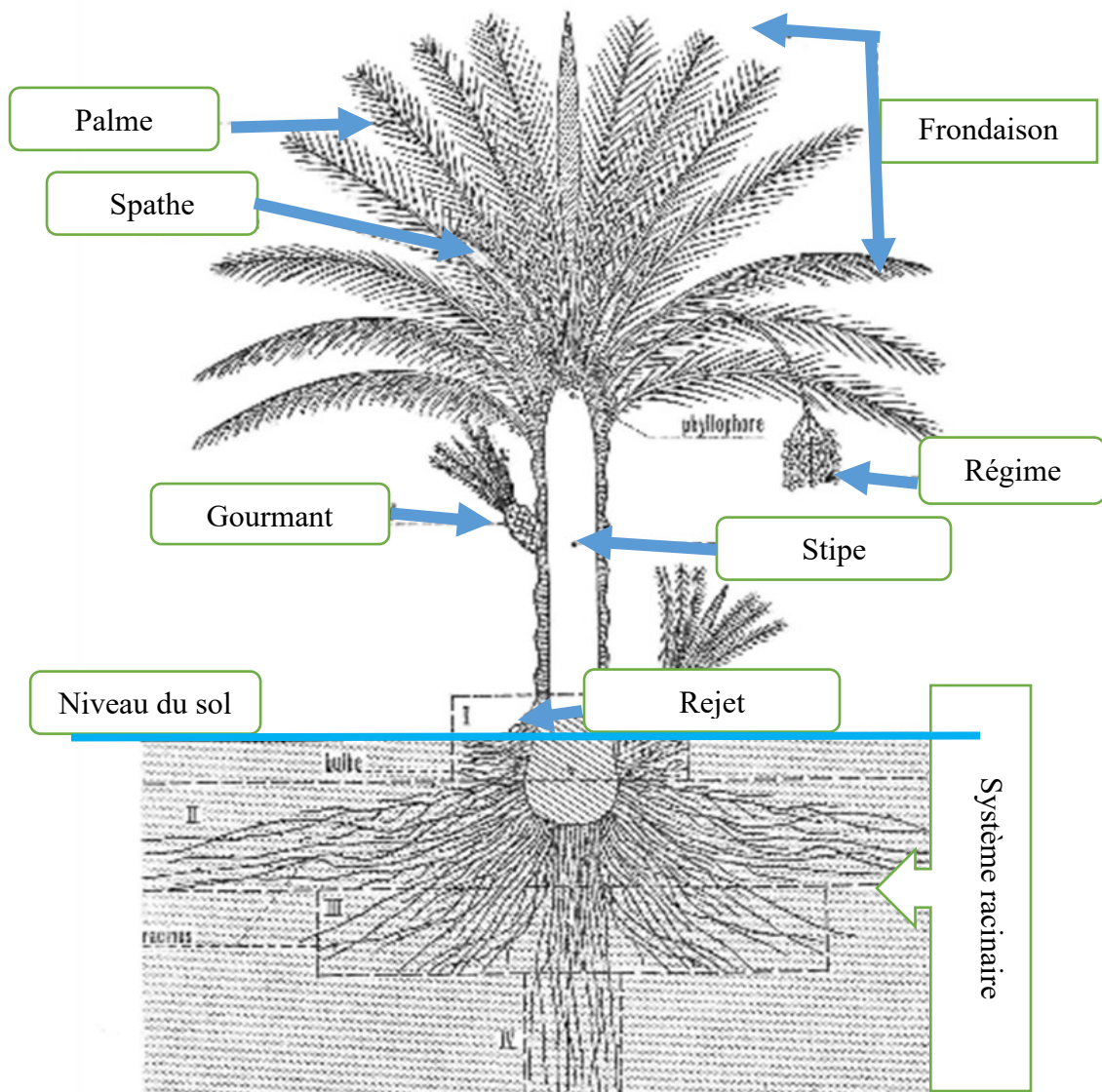


Figure 1 - Schéma du palmier dattier (Munier, 1973)

1.4.3.1.1. Le système racinaire

Le système racinaire du *Phoenix dactylifera* est fasciculé (Fig. 2), il n'est pas ramifié ou très peu, et distribué en faisceaux. Il existe trois sortes de racines selon leur fonction et leur profondeur (Munier, 1973) :

- Les racines respiratoires sont formées de racines adventices qui peuvent atteindre de 0 à 1,5 m au niveau du sol (Dollé et Peyron, 2000) et les racines superficielles sont localisées à une profondeur de 0 à 20 cm. Cette zone constitue le lieu d'échange gazeux entre le palmier et le sol.

- Les racines nutritives se développent de manière horizontale et verticale de 20 à 1,20 m formant la partie la plus importante du système racinaire.
- Les racines d'absorption sont les plus longues pouvant atteindre 17 m à la recherche de l'eau (Dollé et Peyron, 2000) et même 20 m (Munier, 1973); tout dépend de la profondeur de la nappe phréatique et la nature du sol.

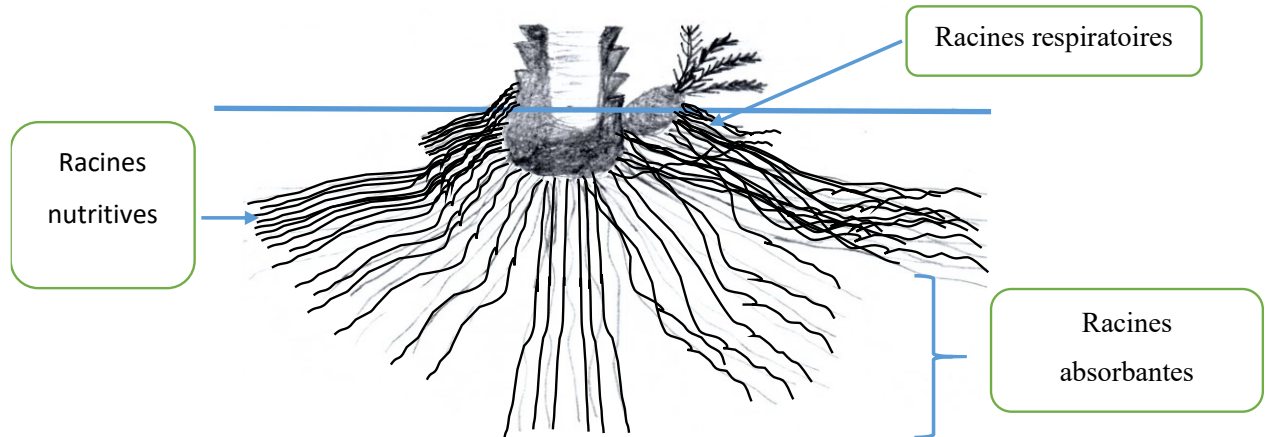


Figure 2 - Les différents niveaux du système racinaire chez le dattier (Dollé et Peyron, 2000)

L'importance et la croissance du système racinaire dépendent de plusieurs facteurs dont la profondeur de la nappe phréatique, la nature du sol (physico-chimique), le cultivar et le mode de conduite culturale.

1.4.3.1.2. La partie aérienne

Cette partie est formée du tronc, des feuilles, de l'inflorescence et du fruit.

- Le tronc du palmier dattier est appelé le stipe, il est cylindrique et monopodique. Sa hauteur peut atteindre plus de 30 m suivant l'âge et les cultivars. Il est formé d'un parenchyme amylofère appelé fibrillum qui proviennent des excroissances de la base des palmes, permettant l'insertion des palmes le long du stipe. Le stipe produit des ramifications axillaires de deux types généralement à la base du pied et rarement à la hauteur appelé gourmand. Ces ramifications de la base sont les rejets, ils assurent la continuité du cultivar. Enfin, la croissance du stipe est assurée par un méristème terminal.

- Les feuilles du dattier sont composées, pennées coriaces nommées palmes; la longueur des palmes varie de 3 à 10 m suivant l'âge et cultivar, de plus, le nombre des palmes est

lié aux conditions agro-climatiques et varie entre 10 à 20 palmes (Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003).

La palme est composée des pennées appelé folioles, des épines, d'un rachis et d'un pétiole (Fig. 3). La disposition des folioles le long du rachis est paripennée. Chaque foliole est rabattue longitudinalement en gouttière. Les épines sont une transformation des folioles inférieures qui sont longues, inclinées, dures et leur couleur allant du vert au jaune avec l'âge de la palme. La base du rachis, appelé pétiole, de couleur blanc cassé à marron brunâtre, est engainé et large. Les tissus fibreux (fibrillum) formés par l'excroissance de la gaine basale de la palme habille le stipe.

Chaque palme loge à son aisselle un bourgeon axillaire qui peut être soit un bourgeon d'inflorescence ou intermédiaire ou végétatif.

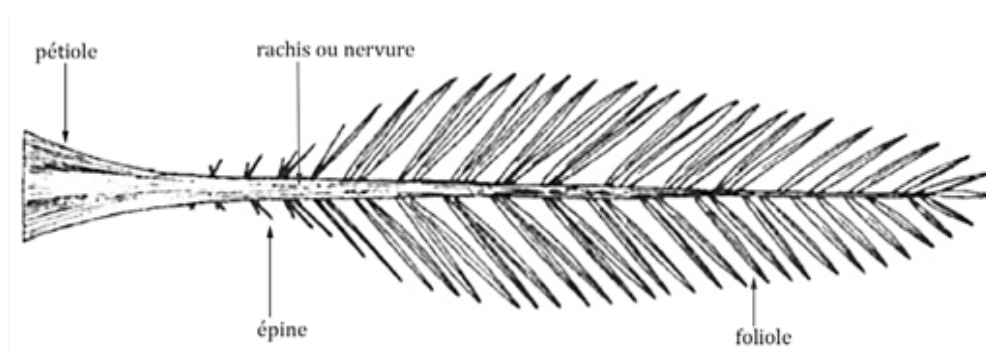


Figure 3 - Schéma d'une palme de palmier dattier (Munier, 1973)

➤ Les inflorescences sont les organes reproducteurs du dattier, elles sont de deux types, les fleurs mâles et les fleurs femelles, la reproduction du palmier dattier est donc allogame. Ces inflorescences sont enveloppées par une grande bractée ligneuse appelée spathe (Fig. 4), de couleur vert-jaunâtre et de forme fuselée, dans laquelle sont insérés de nombreux épillets portant les fleurs.

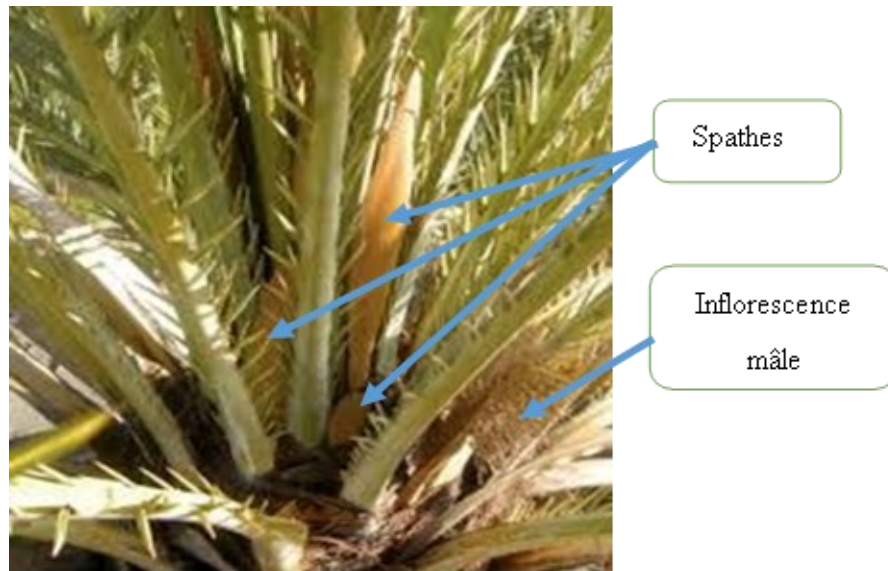


Figure 4 - Les spathes et l'inflorescence mâle du dattier (Pintaud 2012)

Les spathes mâles sont renflées et trapues, appelées dokkars, par rapport aux spathes femelles. Ces spathes s'ouvrent à maturité permettant l'épanouissement des épillets.

A maturité, les fleurs mâles ont une couleur blanche ivoire intense et une forme élancée (Fig. 5 A), elles dégagent une odeur très prononcée et attractive pour les insectes pollinisateurs. Les fleurs femelles sont globuleuses et inodores, de couleur blanche ivoire à l'ouverture du spathe (Fig. 5 B) puis allant vire au vert.

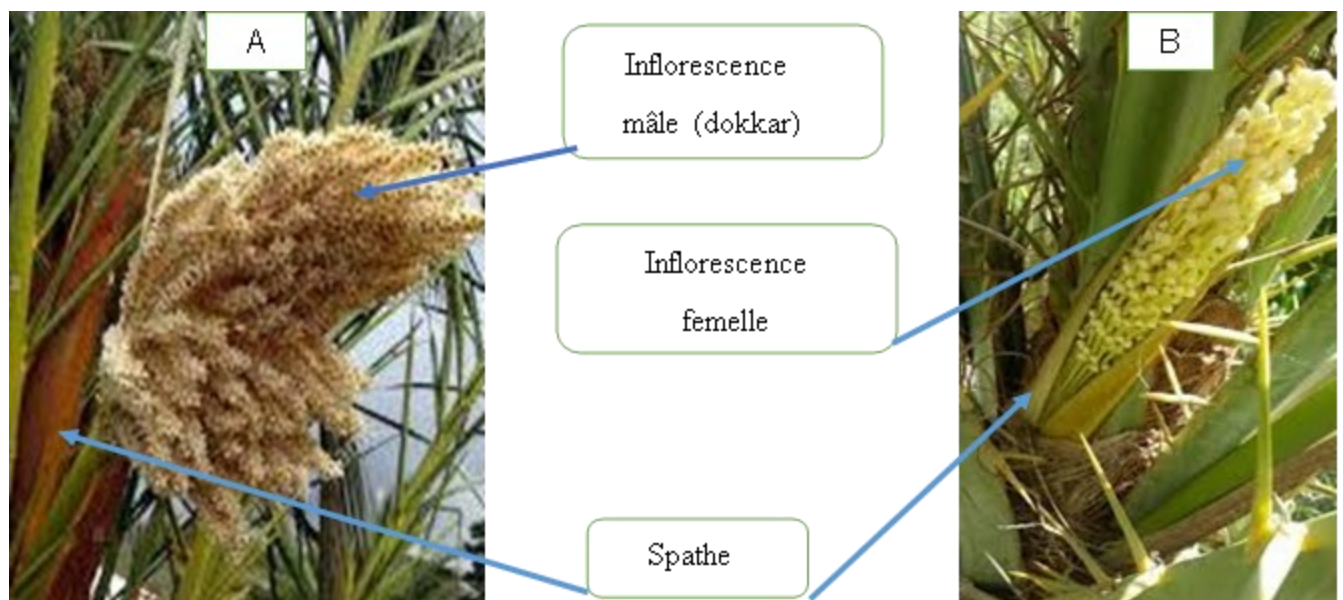


Figure 5 - Les inflorescences du dattier : mâle (A) et femelle (B)

La fécondation, ou la pollinisation naturelle dans les palmeraies abandonnées, est réalisée par les insectes, notamment les abeilles, et par le vent. Dans les palmeraies cultivées, la pollinisation artificielle est assurée par l'activité de l'homme pour un meilleur rendement en quantité et qualité de fruit. Elle est faite manuellement par les agriculteurs et consiste à introduire au milieu quelques épillets de fleur mâle en sens inverse de l'inflorescence femelle et on lie les épillets femelles à l'aide d'une foliole verte. La pollinisation mécanique est réalisée dans les palmeraies industrielles : elle consiste en l'utilisation de poudreuses à main ou à dos contenant le pollen mélangé avec du talc (Ben Abdallah, 1990). Le résultat de cette pollinisation est l'obtention d'une baie appelé datte. À cet égard, les phoeniculteurs plantent en générale 2 pieds mâles pour 100 femelles (Toutain, 1967; Sedra, 2003).

➤ Le fruit du palmier dattier est une baie monosperme, composée d'un fin épicarpe protégeant le mésocarpe charnu et d'un endocarpe formé d'une membrane fine enveloppant la graine. Cette dernière est appelée noyau.

Ce fruit est appelé la datte. Depuis sa nouaison jusqu'à sa maturité, elle subit plusieurs changements au niveau de la couleur, la taille, le poids, le diamètre, la consistance, la valeur nutritionnelle et le goût. Ces paramètres dépendent des cultivars. La maturité du fruit passe par cinq différents stades, exigeant des conditions climatiques particulières (Munier, 1973; Toutain, 1967; Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003). Les nominations de cinq étapes de la maturité du fruit (Fig. 6) sont différentes entre les pays du Maghreb et le Moyen-Orient.

Le stade I Loulou ou Hababouk (Moyen-Orient). après la pollinisation, le fruit formé a une coloration verte foncée avec une forme ovoïde. Il se développe lentement en grosseur d'un petit pois et subit une légère accumulation de sucre. Le stade dure d'une à quatre semaines suivant les cultivars.

Le stade II Khalal ou Kimri (4 à 17 semaines). Ceci est de forme sphérique, de couleur verte vive, de consistance dure, le petit noyau tendre et allongé en forme. Il subit une importante accumulation en sucres réducteurs et en teneur d'eau, et a un gout âpre dû à la présence de tanin. À ce stade, le fruit augmente de poids et de longueur rapidement.

Le stade III est le stade Bser ou Khalal (18 à 25 semaines). À ce stade, la consistance est semi-molle, très doux mais dure, la coloration du noyau devient brune, longue, légèrement dure. La couleur du fruit est de jaune verdâtre à jaune pour les cultivars à fruit jaune et du rose au rouge

pour les cultivars à fruit rouge. Les fruits sont ovoïdes ou allongés. L'accumulation de sucres et de fibres est élevée et il y a une diminution en eau et en tanin. Le fruit a un goût sucré.

Le stade IV Routab ou Sarkhal (25 à 28 semaines). Ayant une coloration jaune à jaune brune ou du rouge au rouge brune noirâtre, le fruit est allongé et la teneur d'eau et le poids diminuent. La couleur évolue au brun avec l'accumulation de sucres, vitamines, antioxydants et fibres. Le fruit à ce stade a une texture molle, perd le goût astringent et devient sucré. La graine devient dure et mature.

Le Stade V Tamar ou Rutab (29 semaines) : Il s'agit de la dernière étape de maturation. La coloration est plus foncée et vire du brun au noir suivant les cultivars. La teneur en eau et le poids du fruit diminuent, la texture devient molle, semi-molle à sèche selon les cultivars et la saveur de la baie devient très sucrée.

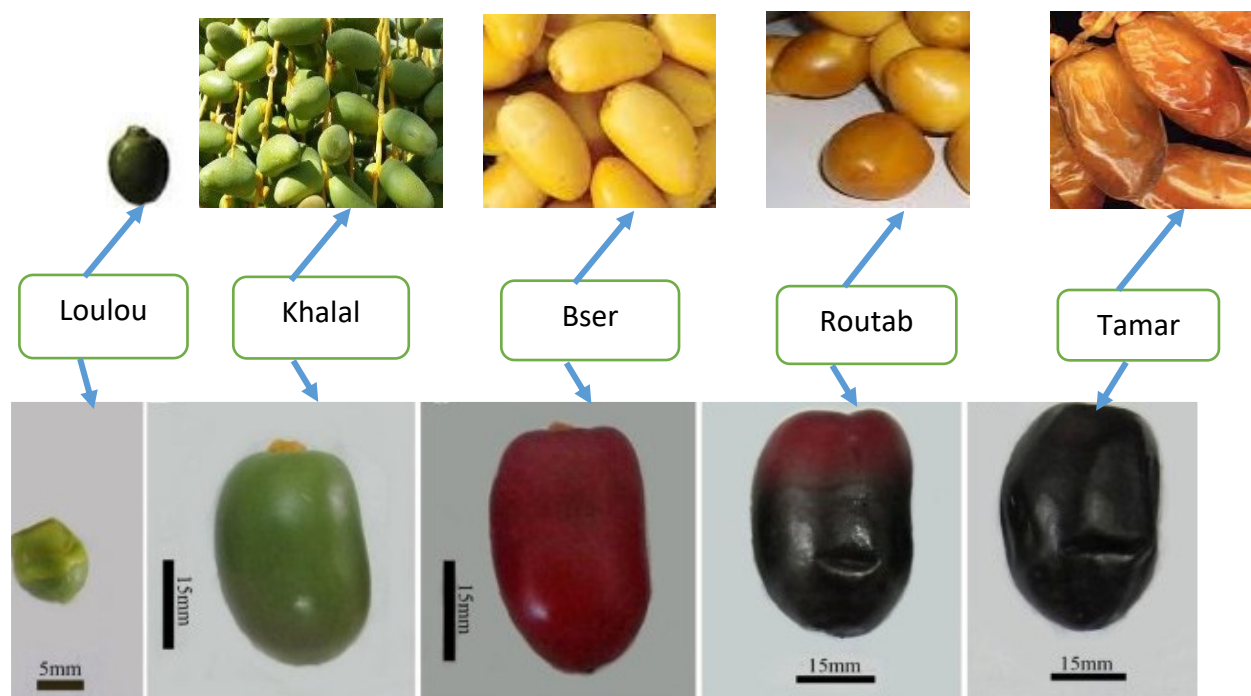


Figure 6 - Les cinq étapes de développement de la datte à peau jaune et rouge

1.4.3.2. Les méthodes de multiplication du dattier

Le palmier dattier assure sa pérennité par trois méthodes de multiplication : le semis, le rejet et la micro-propagation.

1.4.3.2.1. La graine

Le semis des graines est une ancienne méthode utilisée pour toutes les espèces végétales. Cette méthode est facile à concevoir, nécessitant peu de matériel et d'effort physique. Elle produit un nombre de pieds mâles et femelles presque égale. Cette distinction de sexe n'apparaît qu'à partir de la cinquième ou la huitième année de semis. Les phoeniculteurs ont besoin 2 à 3 pieds mâle pour 100 pieds femelle. Il est signalé que les gènes de la descendance ne sont pas identiques aux parents (Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000). Cette méthode est utilisée dans des études de programmes d'amélioration génétique par croisement des descendances, en se basant sur les caractères morphologiques et agronomiques (Sedra, 2003), et dans les programmes d'amélioration génétique.

1.4.3.2.2. Le rejet

La multiplication par rejet est une multiplication végétative où les agriculteurs récupèrent les rejets (appelé en arabe Djebbar) se trouvant à la base du stipe. Cette méthode est couramment utilisée et assure la conservation du patrimoine génétique parentales (Ben Abdallah, 1990; Chao et Krueger, 2007). Cependant, le nombre de rejets est restreint par pied qui est de 20 à 40 durant la longévité du dattier selon les cultivars (Dollé et Peyron, 2000).

1.4.3.2.3. La micro-propagation

Cette méthode fait appel à la biotechnologie via à la culture in vitro. Il y a deux techniques de propagation qui sont l'embryogenèse somatique et l'organogenèse (Daher, 2010). Ces techniques permettent la production massive en garantissant l'authenticité du cultivar et la santé végétale. Cette approche favorise l'extension et la création des nouvelles palmeraies.

1.4.4. Les valeurs nutritionnelles de la datte

La datte est un fruit possédant une haute valeur nutritive comprise entre 170 à 300 Kcal par 100 g, suivants les variétés (Benchelah et Maka, 2008). Elle contient des protéines, des lipides, des minéraux, des glucides, des enzymes et est reconnue pour sa richesse en vitamines (Harrak et al, 2005). De plus, des composés phénoliques, antioxydants et des fibres ont été détectés (Allaith, 2008) et des vertus thérapeutiques ont été mentionnés (Al-Farsi et al., 2005; Benchelah et Maka, 2008). Les proportions de ces éléments sont variables en fonction de la texture de la datte, si elle est fraîche ou sèche (Al-Farsi et al., 2005; Anwar et al., 2005; Benchelah et Maka, 2008; Harrak et

al., 2005), et en fonction de la teneur d'eau, qui varie selon les régions productrices (Harrak et al., 2005).

1.4.5. L'importance socio-économique et agro-écologique

Le palmier dattier possède une très grande valeur culturelle et spirituelle dans le monde, particulièrement pour les populations de l'Afrique et du Moyen-Orient. Il présente des intérêts agro-écologiques et socio-économiques importants grâce à son fruit et à ses sous-produits (Chehema et Longo 2001).

1.4.5.1. L'aspect social

Le palmier dattier est considéré comme un patrimoine national dans plusieurs pays du monde arabe (Al Sarai Al Alawi, 2015; Sedra, 2003). Dans les oasis, il crée un microclimat propice au développement d'autres cultures arboricoles, maraichères et fourragères (Gros-Balthazard et al., 2013; Zohary et al., 2012) et loge une faune diversifiée (Lepesme, 1947; Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003). De plus, il joue un rôle dans la valorisation des terres (Chao et Krueger, 2007; Sedra, 2003) et confère une ambiance harmonieuse de la vie humaine dans les régions désertiques (Sarfraz et al., 2006). Cette plante a une production annuelle et les fruits constituent la principale source de vie de la population rurale. La culture du palmier permet la redynamisation et la sédentarisation de la population par l'opportunité de création d'emploi et l'amélioration du niveau de vie (Al Sarai Al Alawi, 2015; El Hadrami et al., 1998; Kneyta et Doulebeau, 2010; Sarfraz et al., 2006; Sedra, 2003). La datte possède une valeur nutritive et une vertu médicale intéressantes.

1.4.5.2. L'aspect économique

Phoenix dactylifera est considéré comme l'une des principales cultures fruitières dans le monde arabo-musulman (Gros-Balthazard et al., 2013; Sarfraz et al., 2006; Zohary et al., 2012). Les superficies phoenicicoles mondiales ont augmenté entre 1961 et 2016. Elles ont quintuplé, passant de 240 972 ha à 1 353 159 ha, suivie par une augmentation de la production annuelle mondiale en dattes, allant de 1,8 millions à 8,6 millions de tonnes (FAOstat, 2017). Les principaux pays producteurs de datte sont : l'Égypte, l'Arabie Saoudite, l'Iran, l'Algérie, l'Iraq, le Pakistan, le Soudan, les Émirats Arabes Unis, et la Tunisie (Tableau 1) (FAOstat 2018). L'approvisionnement du marché mondial en dattes est assuré à 67 % par les pays arabes (El-Juhany, 2010; Erskine et al., 2004). La datte est très appréciée dans le monde, classée au 4^e rang mondial dans les productions

fruitières subtropicales et tropicales (Dutuit et al., 1991). Elle connaît une hausse de sa valeur ajoutée sur les nombreux produits alimentaires de transformation (biscuits de dattes, confiseries, sirop de datte, milk-shakes, pâte de datte, la confiture, du café, un carburant à base de datte appelé le nakhoil). De plus, les sous-produits du palmier sont utilisés pour la confection des chaussures, des sacs, des vêtements, des meubles (chaises, portes, fenêtres, toitures) et alimentation du bétail (Chehema et Longo, 2001).

Grâce à sa bonne acclimatation aux conditions des régions arides et à ses innombrables intérêts économiques, plusieurs pays africains (Niger, Mali, Djibouti, et Sénégal) ont placé la culture du palmier dattier comme une priorité nationale pour l'amélioration des revenus de la population et l'assurance de la sécurité alimentaire.

Tableau 1 - *Les pays producteurs de datte dans le monde (FAOstat, 2018)*

Pays	Production en tonnes	Pays	Production en tonnes
Égypte	1 562 171	Mauritanie	22 049
Arabie saoudite	1 302 859	Tchad	21 364
Iran	1 204 158	Jordanie	19 588
Algérie	1 094 700	Niger	19 537
Iraq	614 584	Somalie	13 785
Pakistan	471 670	Albanie	13 423
Soudan	440 871	Bahreïn	10 682
Sultanat d'Oman	368 808	Mexique	8 946
Émirats Arabes Unis	345 119	Palestine	3 508
Tunisie	241 333	Syrie	3 000
Libye	176 229	Espagne	1 638
Chine	158 294	Bénin	1 439
Chine, continentale	158 294	Kenya	1 144
Maroc	111 701	Mali	717
Koweït	96 656	Cameroun	635
Yémen	48 108	Namibie	357
Israël	44 580	Eswatini	312
États-Unis d'Amérique	37 240	Pérou	274
Turquie	35 577	Djibouti	117
Qatar	29 012	Colombie	33

1.4.5.3. L'aspect agro-écologique

Le dattier s'est adapté aux zones arides du monde et aux conditions extrêmes des régions chaudes. L'adage ancien arabe dit : « le palmier vit le pied dans l'eau et la tête au soleil ». Avec une disponibilité d'eau suffisante pour assurer la production fruitière, l'activité végétative maximale est aux alentours de 38° C. Le palmier se développe sur les sols même très pauvres s'ils sont drainés pour limiter le remonter des sels, tels le magnésium et le chlorure de sodium.

De plus, le palmier dattier crée un microclimat favorable à l'installation de cultures sous-jacentes, le développement de l'élevage de cheptel, et la sédentarisation et redynamisation de la population.

1.4.6. Les obstacles de la phoeniciculture

1.4.6.1. Les facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques sont les facteurs de dégradation des palmeraies, voir l'érosion génétique, le vieillissement de la palmeraie (El Hadrami et al., 1998), la remontée des eaux sans drainage, la sécheresse, la salinité, l'ensablement des palmeraies (Kneyta et Doubeau, 2010) et la désertification.

1.4.6.2. Les facteurs biotiques

Les facteurs biotiques sont anthropiques, des maladies et des ravageurs.

1.4.6.2.1. Anthropiques

Les actions de l'homme se manifestent par l'absence de la vulgarisation, la rareté des intrants, l'urbanisation des palmeraies, le manque de main d'œuvre spécialisé, l'exode rural et le morcellement des palmeraies.

1.4.6.2.2. Les maladies

Les phytopathogènes sont généralement cryptogamiques et affectent différentes parties du palmier dattier. Parmi les plus importantes, signalons les suivantes.

➤ Le Bayoud (*Fusarium oxysporum*) est un champignon ascomycète imparfait, présent dans le sol, virulent, provoquant un blanchissement progressif et un dessèchement des palmes (Fig. 7) (Bounaga et Djerbi, 1990). Quand le bourgeon terminal du palmier dattier est touché, le dattier meurt (Fig. 8). Bien qu'un effet de cultivar soit observé (Sedra, 2003). Cette

maladie est redoutable et a causé le dépérissement des palmeraies dans plusieurs pays surtout le Maroc et l'Algérie.

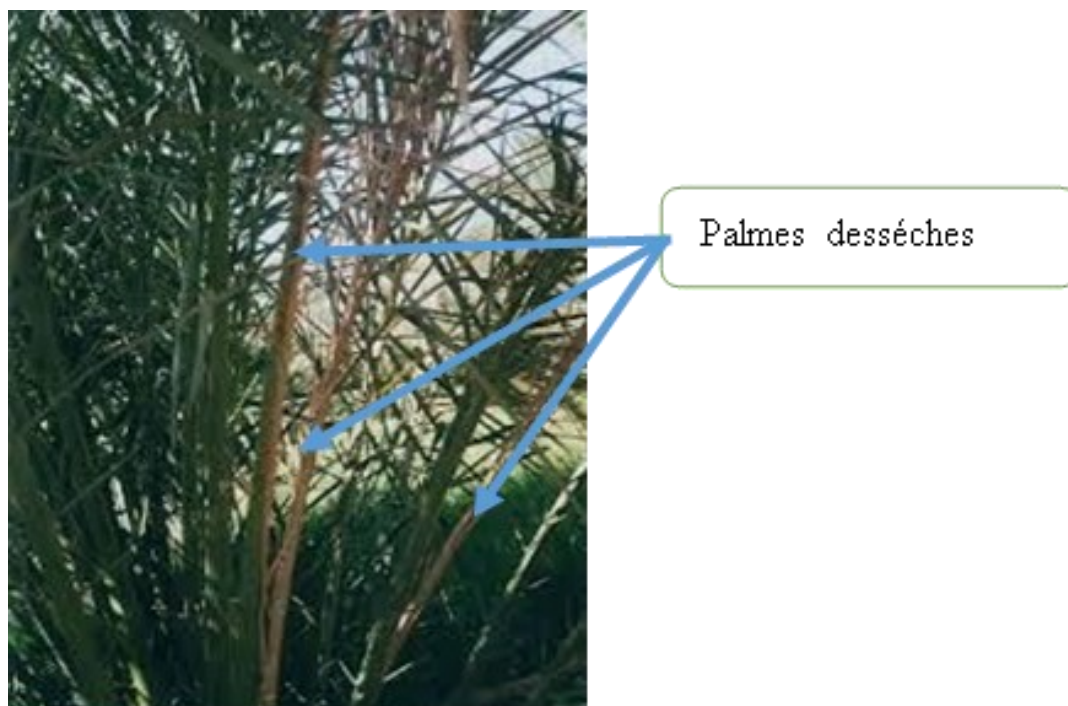


Figure 7 - Le dessèchement des palmes au début d'infection (Hakkou et al. 2010)



Figure 8 - La mortalité du palmier dattier (Essarioui et al. 2018)

➤ Le Khamedj ou Pourriture des inflorescences (*Mauginiella scaettae*) est due à un champignon imparfait, que l'on trouve à l'état pur dans les tissus atteints. Le premier symptôme de la maladie se révèle par l'apparition d'une ou de deux tâches de couleur rouilles ou brunes à la surface externe des spathes encore fermées (Munier, 1973). La spathe ne s'ouvre pas et elle est envahie totalement par le champignon. La pourriture des inflorescences apparaît dans les conditions plus humides (Bounaga et Djerbi, 1990).

➤ La pourriture des fruits est due à plusieurs champignons, espèces des genres *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* et de *Stemphylium botrysum*, au cours de la maturité du fruit pendant les périodes humides (Munier, 1973; Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003).

➤ La pourriture du bourgeon ou Belaata (étouffement) est causée par *Phytophthora* sp., responsable d'une progression rapide de la pourriture humide et d'un blanchissement des palmes du cœur du dattier qui entraîne la mort de la plante (Bounaga et Djerbi, 1990; Sedra, 2003).

➤ La pourriture du cœur est due à un champignon imparfait, *Thielaviopsis paradoxa*. Il envahit les racines et les parties aériennes du dattier, causant la pourriture des inflorescences, du bourgeon terminal, du cœur et du stipe, et le dessèchement noir des palmes (Bounaga et Djerbi, 1990). Ce dessèchement noir des palmes, appelée aussi Mejnoun (palmier fou) a été observé dans différentes régions du monde phoenicicole.

1.4.6.2.3. Les ravageurs

Les ravageurs du palmier dattier entraînant des pertes considérables sur le rendement en quantité et en qualité de fruits, sur le bois d'œuvre pour la fabrication des meubles, sur les palmes qui servent comme la matière première à la vannerie et de manière générale sur l'arbre entier (Tableau 2, Annexes).

Le contrôle de la prolifération et la propagation de ces ravageurs dans tous les pays phoenicicoles est une priorité pour la survie de cette plante, la préservation des oasis et l'amélioration de l'économie.

Parmi les ravageurs du palmier dattier, nous citons dans ce qui suit certains qui sont redoutables sur le développement du secteur du palmier dattier et ayant un impact économique particulièrement important.

➤ La pyrale de datte, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839) (Fig. 9), appelée communément le vers de datte, appartient à l'ordre des lépidoptères, famille des Pyralidae. Elle est signalée dans la région du bassin méditerranéen jusqu'en Irak, passant par l'Arabie Saoudite, dans toutes les oasis du Sahara (Munier, 1973), en France, Chypre, Inde, Irak, Liban, Amérique, Espagne et en Australie (Rezaei Azqandi et al., 2015). C'est une espèce polyphage qui attaque les figues, les caroubes, les amandes, les oranges, les grenades et les dattes. L'adulte est de couleur gris-clair, de 6 à 12 mm de long. En général, les mâles sont plus petits que les femelles. Les ailes antérieures sont relativement plus étroites, avec des dessins plus ou moins bien marqués, et les ailes postérieures sont plus claires, bordées d'une frange soyeuse de couleur blanchâtre (Dhoubi, 1982). La femelle est capable de pondre 60 à 120 œufs sur la surface de la datte, de préférence à proximité du point d'attache du fruit. À l'éclosion, la larve pénètre à l'intérieur du fruit où elle passe ces cinq stades larvaires (Munier, 1973). Le nombre de générations varie de trois à quatre selon les conditions climatiques. L'infestation des dattes commence en plein champ et se poursuit dans les entrepôts de stockage (Fig. 10). Les pertes de rendements peuvent atteindre 30 % au Maroc (Bouka et al., 2001) et de 20 à 30 % en Algérie (Fatni, 2011). Cet insecte présente une menace économique pour la commercialisation des dattes destinées à l'exportation suivant les exigences des pays importateurs. Pour limiter les attaques, plusieurs moyens de lutte sont adoptés :

- La lutte culturale basée sur des techniques d'entretien et de conduite de la palmeraie.
- La lutte autocide est une technique utilisant des lâchers inondatifs de mâles stériles.
- La lutte chimique à travers des insecticides
- La lutte biologique faisant intervenir des insectes prédateurs et ou parasitoïdes



Figure 9 - *Ectomyelois ceratoniae* (Rezaei Azqandi et al. 2015)



Figure 10 - Dégât causé par le vers d'*Ectomyelois ceratoniae* (Hadjeb et al. 2016)

➤ La cochenille blanche, *Parlatoria blanchardi* (Targioni-Tozetti, 1892) (Hemiptera, Diaspididae), est largement présente dans toutes les palmeraies qui s'étendent des Indes, aux régions maghrébines (l'Algérie, la Tunisie, la Libye, la Mauritanie et le Maroc), en passant par l'Iran, l'Irak, l'Arabie Saoudite, le Koweït, le Sultanat d'Oman, les Émirats Arabes Unis, l'Égypte, le Soudan, la Jordanie, le Yémen (Brun, 1990), la Turquie, l'Israël, la Syrie, et la Jordanie, et en Afrique du Sud (Munier, 1973). Elle est aussi introduite en Californie, en Australie, au Brésil et en Argentine mais où elle a été rapidement éradiquée (Munier, 1973).

La femelle adulte est de forme ovale aplatie avec un bouclier blanc, mesure de 1,2 à 1,6 mm de long et 0,3 mm de large, et pond entre 8 à 15 œufs (Iperti, 1970). En revanche, le mâle a une forme

allongée, de taille plus petite que la femelle, de couleur roux jaunâtre et portant une paire d'ailes transparentes, une paire d'antennes bien développées et des yeux globuleux. Seulement le premier stade larvaire est mobile. Le deuxième stade se fixe et à ce stade s'opère la différenciation de sexe. Il est à mentionner que le nombre de générations annuelles est variable, entre trois et quatre au Maroc (Iperti, 1970) et cinq à six en Mauritanie (Laudeho et Benassy, 1969).

L'insecte s'installe sur tous les organes verts de la plante (Fig. 11), empêchant la respiration et la photosynthèse de l'arbre lors des fortes infestations. Ce phénomène d'encroûtement gagne les régimes des dattes (Iperti, 1970), les fruits se rident, se déforment, se déprécient, arrêtent de se développer, se dessèchent sans atteindre leur maturité complète et deviennent impropre à la consommation. Ces critères déprécient considérablement la valeur marchande du fruit et entraînent une baisse des rendements. Au Pakistan, la perte de production dû à *Parlatoria blanchardi* a atteint 85 à 90 %, dépendant de la variété (Abbas et al., 2014). Les fortes infestations peuvent entraîner souvent la mort des jeunes palmiers et l'affaiblissement des sujets les plus âgés (Idder et al., 2015). Pour contrôler ce ravageur, plusieurs méthodes de lutte sont mises en place (culturale, chimique et biologique), mais plusieurs études se sont investies sur la lutte biologique à cause des restrictions des pays importateurs de datte.



Figure 11 - *Parlatoria blanchardi* femelle adulte sur la foliole

➤ L'acarien, *Oligonychus afrasiaticus* (Mc Gregor, 1939), appelé Boufaroua, Rtila, ou Ghoubar, appartient à l'ordre des Trombidiformes, famille des Tetranychidae. Il constitue un ravageur redoutable du palmier dattier, répandu dans les palmerais de l'Afrique du Nord, du Moyen-Orient, de l'Iran, l'Irak et de la Péninsule Arabique (Guessoum, 1986). Les acariens

s'alimentent par succion des tissus végétaux des dattiers. Les attaques commencent par le pédoncule au stade de nouaison et se poursuivent tout au long de la croissance du fruit par des nombreuses piqûres. L'épiderme des fruits devient rugueux et prend une pigmentation rougeâtre. De plus, ces acariens tissent des toiles soyeuses blanches ou grisâtres autour des inflorescences (Fig. 12) qui empêchent leur développement. Cet obstacle de croissance du fruit est amplifié par l'addition du sable ou de la poussière qui se collent sur les soies (Idder, 2011; Sedra, 2003). Les fruits perdent leur valeur commerciale et deviennent impropres à la consommation. En Algérie, les pertes sont estimées de 30 à 70 % de la production dattière (Guessoum, 1986).

L'acarien adulte a une forme ovale légèrement aplatie et une couleur variant du jaune verdâtre au rose, mesurant de 0,28 à 0,44 mm de long et de 0,17 à 0,22 mm de largeur pour la femelle. Le mâle est plus petit et de forme allongée. La femelle peut pondre entre 50 à 60 œufs avec un nombre de générations annuelles pouvant atteindre 20, suivant les conditions climatiques (Munier, 1973; Lepsme, 1947).

Pour la lutte biologique, plusieurs ennemis naturels sont identifiés tels que les coccinelles des genres *Stethorus* et *Scymidae*, le nitidulide *Cybocephalus*, le thrips *Scolothrips*, des acariens prédateurs *Cydnoseius negevi* (Negm et al., 2014), *Amblyseius bicaudus* (Palevsky et al., 2004), et *Neoseiulus californicus* (Khoualdia et al., 2001)



Figure 12 - Les dommages engendrés par *Oligonychus afrasiaticus*

➤ Le dubas bug, *Ommatissus lybicus* (Bergevin, 1930) (Hemiptera, Tropiduchidae), est un ravageur d'importance cruciale du palmier dattier pour les pays arabes. Il existe dans toute la péninsule arabique (Mokhtar et Al Nabhani, 2010), l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et le Pakistan (Shah et al., 2012). C'est un petit insecte ailé (Fig. 13), de coloration brun jaunâtre à jaune verdâtre, possédant deux points noirs sur le devant de la tête. La femelle est généralement plus longue que le mâle, atteignant 5 à 6 mm de long. Elle a un puissant outil de scie chitineux entourant son ovipositeur utilisé pour creuser un tunnel dans les tissus du palmier dattier lors du dépôt de ses œufs, dont elle peut en pondre entre 100 et 180 (Hussain, 1963; Jassim, 2007). Les larves sont de couleur jaune à jaune verdâtre, subissant cinq stades, et qui se distinguent par un faisceau de filaments caudaux cireux et un certain nombre de lignes grises dorsales le long de leur corps (Hussain, 1963; Shah et al., 2012). Le dubas bug a deux générations par an, une printanière et la seconde est automnale.

Les dégâts du dubas sont de deux types. Le dégât direct est dû à l'alimentation des larves et des adultes, provoquant des taches nécrotiques, et la ponte des œufs dans les tissus des jeunes palmes, entraînant un jaunissement puis un dessèchement des cellules. Le second type, indirect, est la sécrétion de miellat (Fig. 14) collante, accomplie par les larves et les adultes colonisant toutes les parties des palmes et en résulte l'installation de la fumagine donnant une coloration noirâtre. Ceci réduit la respiration et la photosynthèse de l'arbre (Hussain, 1963). L'ensemble de ses dégâts se manifeste par l'obtention de fruits de petit calibre non mature. Il en ressort que la qualité des dattes affecte la récolte et entraîne une baisse variant de 35 à 80 % suivant les cultivars. Au Pakistan (Shah et al., 2012) et en Irak, la chute de la production peut atteindre 50 %, alors qu'au Sultanat d'Oman la régression est de 28 % (Al Sarai Al Alawi, 2015). Pour réduire les dommages, une stratégie de contrôle a été mise en place et appuyée par des multiples de méthode de lutte.



Figure 13 - *Ommatissus lybicus*



Figure 14 - Le miellat du dubas bug sur foliole (Khalaf et Khudhair 2015)

➤ Le charançon rouge du palmier (Fig. 15), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera, Curculionidae), est originaire du sud-est asiatique et a envahi plusieurs pays dont : Espagne, France, Italie, Égypte, Jordanie, Israël, Arabie Saoudite, Émirats Arabes Unis, Iran, Palestine, Jordanie (Ferry et Gómez, 2002) et Turquie (Hazir et Buyukozturk, 2013). Il est de couleur rouge orangé vif avec des tâches noires plus ou moins marquées. La femelle pond entre 100 à 300 œufs et les insère dans les tissus des feuilles centrales et les blessures du stipe, ainsi que sur les rejets du palmier dattier. Après éclosion, les larves creusent des galeries dans les tissus vivants du palmier où elles se nourrissent et se développent dans les palmes et le stipe. *Rhynchophorus ferrugineus* s'attaque à de nombreuses variétés de palmiers, l'*Agave americana* et le *Saccharum officinarum*. Dans les régions méditerranéennes, les deux espèces hôtes les plus touchées sont *Phoenix dactylifera* et *Phoenix canariensis* (Ferry et Gómez, 2002). Les premiers symptômes apparaissent bien après l'installation de l'insecte : les palmes se déforment, sèchent et chutent (Fig. 17). Le stipe présente des perforations (Fig. 16) par lesquelles suintent un liquide brun visqueux dégageant une odeur fétide. Ceci signale le pourrissement du tronc qui aboutit à la mort de la plante (Soroker et al., 2013).

Pour lutter contre ce ravageur, en France, des traitements intégrés ont été réalisés à base d'un insecticide, le confidor, et d'un nématode, avec huit à dix répétitions. Le coût annuel de ces traitements s'élève à environ 600 à 1000 Euro par arbre/application/an. Néanmoins, la population du ravageur est toujours croissante. Au Sultanat d'Oman, il y a eu une éradication de 1604 sur 3094 dattiers en raison de la forte infestation par ce déprédateur (Al-Khatiri, 2004). Ceci représente une perte immense du patrimoine génétique et de l'économie. Actuellement, une stratégie de lutte intégrée est mise en place et aussi une stratégie de mise en quarantaine du matériel végétal dans

plusieurs pays phoenicicoles. Des études de recensement d'auxiliaires ont été lancées dans les aires d'origine du *R. ferrugineus*. Les auxiliaires sont des insectes et des acariens tel que *Chelisoche moris* (forficule), un prédateur des œufs et des jeunes larves. En revanche, une scolie et une mouche parasitent les larves, selon des observations faites dans leur aire d'origine où leur action n'est pas suffisante pour contrôler les populations du ravageur. Des travaux ont montré que l'acarien *Centrouropoda almerodai* est en relation phorétique avec *R. ferrugineus* et qu'il agit sur son hôte en lui réduisant au deux tiers sa durée de vie dû à son action parasitaire (Mazza et al., 2011).



Figure 15 - *Rhynchophorus ferrugineus* (Khalaf, 2018)



Figure 16 - La perforation du stipe (A) et les dégâts sur les palmes (B) (Khalaf, 2018)

➤ *Virachola livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera, Lycaenidae) est un ravageur potentiel du grenadier, rencontré aussi sur les gousses vertes des acacias (Gharbi, 2010; Ksentini et al., 2011) ainsi que les fruits du palmier dattier au stades verts (kimiri) et jaunes (khalal) (Fig. 17) (Zouba et Chermiti, 2015). Sur les fruits attaqués apparaissent des excréments bruns rougeâtres et des exsudations de gomme à la sortie d'une galerie (Fig. 17). Les mêmes auteurs ont signalé que la pénétration des chenilles dans les fruits est souvent accompagnée par l'installation de champignons et de bactéries entraînant la pourriture et la chute des dattes infestées. Le *Virachola livia* est un papillon polyphage et polyvoltine (Awadallah et al., 1970), répandu dans la région méditerranéenne, en Iran, en Irak, en Jordanie, au Péninsule Arabique, en Égypte et en Ukraine (Sedra, 2003; Abbas et al., 2008).

La femelle adulte est de coloration brun doré avec des tâches bleues à la base des ailes et des tâches noires sur l'extrémité des ailes postérieures. Alors que le mâle a une couleur orange brillant, au bas des ailes antérieures une couleur brun foncé et possède des tâches noires sur la queue des ailes postérieures.

La femelle pond entre 68 à 156 œufs. L'insecte passe par quatre stades larvaires (Awadallah et al., 1970; Abbas et al., 2008) et le nombre de générations annuelles est de une à huit en fonction de la plante hôte : six générations sur les *Acacia* (Awadallah et al., 1970; Mkaouar et al., 2016), quatre sur le grenadier (Gharbi, 2010), et une sur le palmier dattier (Awadallah et al., 1970).

La perte de la récolte dattière en Tunisie dû à cet insecte est estimée à 10,1% (Zouba et Chermiti, 2015), mais en Égypte, le taux d'infestation des dattes peut atteindre jusqu'à 37,3% (Zouba, 2015). Pour lutter contre ce ravageur, beaucoup de chercheurs se sont investis sur la lutte biologique moyennent deux parasitoïdes oophages importés de l'Égypte (*Trichogramma brassicae* et *Trichogramma evanescens*) ont testés avec un parasitoïde autochtone (*Telenomus* sp.) collecté à Jabal Al Akhder (Sultanat d'Oman), des résultats encourageants sont obtenus particulièrement avec le parasitoïde local (Abbas et al., 2008).



Figure 17 - Les dommages des larves de *Virachola livia* sur les dattes (Abbes et al., 2020)

➤ La noctuelle de la datte, ou lesser date moth, *Batrachedra amydraula* (Meyrick, 1914) (Lepidoptera, Cosmopterygidae), est une micro-lépidoptère (Munier, 1973). Les larves de la première génération s'attaquent aux inflorescences du palmier dattier, tandis que les larves de la deuxième et troisième génération infestent les fruits immatures qui se dessèchent et tombent causant des pertes non négligeables (Munier, 1973; Al-Jorany et al., 2015). Il est disséminé du Moyen-Orient vers l'Afrique du Nord, y compris l'Irak, l'Arabie saoudite, les Émirats Arabes Unis, Qatar, Bahreïn, Sultanat d'Oman, Israël, Jordanie, Égypte, Libye, Tunisie, Iran et passant en Asie Inde et le Pakistan. L'insecte est oligophage, avec *Derris trifoliata* et *Phoenix dactylifera* comme plantes hôtes (Shayesteh et al., 2010; Kinawy et al., 2015). L'adulte de la petite pyrale est de couleur gris brun (Fig. 18), la taille de son corps est de 8 à 10 mm avec une envergure de 11 à 14 mm. La femelle se distingue par un segment abdominal de couleur jaune très prononcé, elle pond entre 25 à 45 œufs sur les fruits. La larve passe par cinq stades avant la nymphose. Les jeunes larves ont une couleur blanche translucide qui vire au blanc crémeux à rostre lors des différents âges de la larve. Les larves entraînent des pertes de production entre 50 à 80 % (Kinawy et al., 2015). Les fruits endommagés deviennent secs, de couleur marron (Fig. 19) où au niveau du trou de sortie de la larve. Certains fruits infestés restent attachés sur les brindilles du régime, mais en majorité les dattes attaquées tombent par terre tandis que les adultes se nourrissent des pollens. Plusieurs méthodes de lutte sont accomplies pour réduire les attaques de ce ravageur.



Figure 18 - *Batrachedra amydraula* (Kinawy et al., 2015)



Figure 19 - Les dégâts sur les fruits à la nouaison

➤ *Oryctes agamemnon arabicus* (Burmeister, 1847) (Coleoptera, Scarabaeidae) est l'un des principaux ravageurs des palmiers dattiers. Il est monophage (Soltani, 2010). Les dommages sont causés par les larves et les adultes. Les adultes (Fig. 20) affectent différents niveaux de l'arbre (fibrilium, écorce de la tige et nervure centrale) menant au jaunissement puis un dessèchement de l'organe, et la perforation des troncs (Fig. 21). Les larves attaquent le collé et les racines respiratoires (Soltani, 2010; Khalaf et Al-Taweel, 2015). L'insecte a été signalé aux pays du Golfe (Royaume d'Arabie Saoudite, Émirats Arabes Unis, Sultanat d'Oman), en Irak et en Tunisie (Soltani, 2014). Il est univoltin (Soltani, 2010) et possède trois stades larvaires. La femelle dépose ses œufs dans les masses des fibriliums. L'impact économique est estimé est de 28 à 32%

(Khalaf et Alrubeai, 2016). Si l'infestation est élevée, elle entraîne un rétrécissement des stipes ou au niveau des racines aériennes et à la moindre tempête de vent les dattiers tombent par terre.



Figure 20 - *Oryctes agamemnon arabicus* (Khalaf, 2018)



Figure 21 - Les dégâts sur stipe (Khalaf, 2018)

➤ Les larves de *Jebusaea hammerschmidtii* (Reiche, 1877) (Coleoptera, Cerambycidae) creusent des galeries alimentaires sur le stipe et la base de la frondaison. Le stade larvaire jusqu'à l'adulte (Fig. 22) est endophyte. À l'extérieur des trous de sortie des adultes apparaissent des exsudats gommeux clairs qui virent du brun foncé au noir. Un jaunissement puis un dessèchement des palmes sont aussi observés (El-Shafie et Mohammed, 2016). *Jebusaea hammerschmidtii* est un ravageur monophage du palmier dattier. Il est connu en Iran, Irak, Inde, Pakistan, Sultanat d'Oman, Bahreïn, Koweït, Qatar, Émirat Arabes Unis, Arabie Saoudite, Yémen, Algérie, Libye (Sama et al., 2010). L'adulte a une coloration brun clair avec des antennes plus longues que le corps. La femelle est plus grande que le mâle (Fig. 22) : la taille de son corps est entre 30 à 45 mm. Elle dépose ses œufs simples entre les bases des palmes ou sur les bractées. Les larves mesurent 45 mm de long. Apode et de couleur blanche crémeuse, chaque larve est dans une

gallérie individuelle. La taille de la pupa est de 36 à 45 mm et se localise au bout du tunnel. Ce ravageur n'a qu'une seule génération par an. Cet insecte est redoutable tant dans les zones humides que dans les zones sèches. Il inflige des dommages destructifs sur l'arbre qui sont dû à la formation des galeries d'émergence cylindriques et obliques réalisées par les adultes et les larves sur les palmes, dans le stipe (Fig. 23), et qui vont de la base vers la couronne (El- Shafie et Mohammed, 2016). Les sujets sensibles sont les palmiers dattiers les plus âgés et/ou négligés. Dans ce genre de cas, l'infestation peut causer jusqu'à 90 % de perte dans les zones humides, et peut être accompagnée par des agents pathogènes qui infectent l'arbre, accélérant la destruction du plant (Khalaf et Alrubeai, 2016). Ces facteurs réduisent la longévité des arbres, leur production en datte et leur qualité du bois.



Figure 22 - Jebusaea hammerschmidtii (mâle) (El-Shafi et Mohamed, 2016)



Figure 23 - Dénudation du stipe (El-Shafi et Mohamed, 2016)

1.4.7. Les Palmeraies djiboutiennes

1.4.7.1. Présentation de Djibouti

La République de Djibouti est un petit pays dont la superficie est de 23200 km² avec une façade maritime de 372 km de la Mer Rouge et au Golfe d'Aden. Elle se localise sur la Corne de l'Afrique faisant partie de l'Afrique de l'Est. Elle a des frontières communes au sud est avec la Somalie, au Nord avec l'Érythrée et une grande partie de l'ouest au sud avec l'Éthiopie. Elle se divise en six districts administratifs (Fig. 24) : Djibouti, Arta, Ali-Sabieh, Dikhil, Tadjourah et Obock.

Le relief Djiboutien est caractérisé par des chaînes montagneuses à la frontière érythréenne au nord dont les altitudes sont comprises entre 500 à 2010 m : le Moussa Ali est le point culminant à 2028 m. Au sud, les massifs montagneux (500 à 1280 m) s'alternent avec les plateaux et les plaines. Une zone côtière se trouve à la bordure de la façade maritime et comprend le point le plus bas, le lac Assal, à moins 155 m en dessous du niveau de la mer.

Le climat Djiboutien fait partie des régions arides à semi arides dont la pluviométrie moyennement annuelle ne dépasse pas 147 mm, selon la topographie du pays. L'évapotranspiration est d'environ 2000 mm par an. Il existe deux saisons. La saison chaude dure de mai à septembre, pendant laquelle les températures oscillent de 30 à 45° C voir 50° C dans certaines localités. Elle est caractérisée par le Khamsin, un vent de sable violent, sec et chaud, venant de l'ouest et qui reste pendant une période de cinquante jours. La saison fraîche dure d'octobre à avril. Les températures sont

clémentes : elles varient entre 22 et 30 C. Cette saison est soumise aux vents doux du nord appelés les alizés.

Les ressources en eau se limitent aux écoulements des oueds temporaires qui contribuent à la recharge de la nappe phréatique malgré les faibles précipitations et la forte évaporation. Le renouvellement des eaux est estimé à 345 millions de m³/an. Le système hydrographique se divise en deux réseaux, l'un drainant vers la mer rouge ou le golfe d'Aden (45 %), l'autre vers les plaines de l'ouest du pays (55 %).

Le sol Djiboutien est d'origine volcanique avec d'énormes failles au milieu desquelles se trouvent des plaines effondrées et des chaînes basaltiques. Les deux principaux types de sol sont le type I qui est constitué de sable et galets, et le type II qui est limono-argileux.

La couverture végétale se répartit inégalement en fonction des pluies qui sont conditionnées par l'altitude, la proximité des zones maritimes et du régime éolien. Elle est généralement composée par des *Acacias* (Fabaceae), des *Prosopis* (Mimosaceae), des *Balanites* (Zygophyllaceae) et autres espèces telles que *Terminalia brownii* (Combretaceae), *Olea africana* (Oleaceae), *Dracaena ombet* (Asparagaceae), *Rhigozom somalense* (Bignoniaceae), *Caesalpina erianthera* (Caesalpiniaceae), *Cadaba rotundifolia* (Capparaceae), *Salvadora persica* (Salvadoraceae), *Suaeda* sp. (Chenopodiaceae).

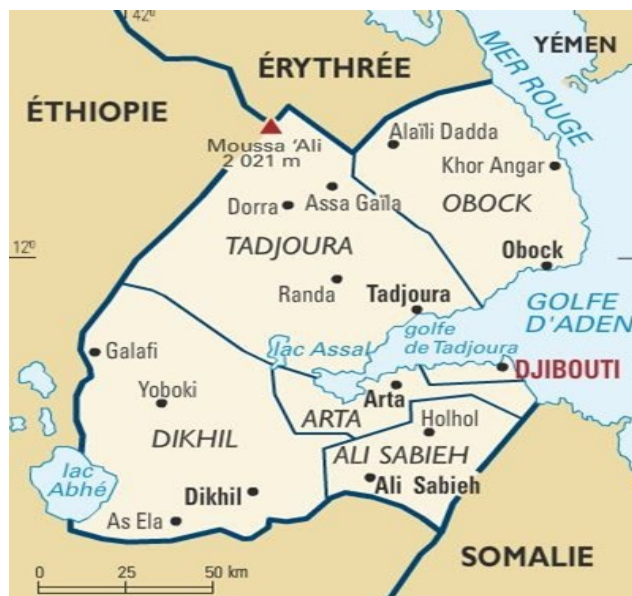


Figure 24 - Les six districts administratifs de la République de Djibouti (Source CERD)

1.4.7.2. Le secteur agricole à Djibouti

À Djibouti, l'agriculture occupe seulement 5 % du PIB. Ce secteur connaît une croissance très lente due à la rareté des sols fertiles éparpillés sur le territoire, les conditions climatiques rudes et la connaissance réduite des pratiques agricoles (MERN, 2014). Le pays importe 90 % de ses besoins alimentaires (Mohamed, 2010; MERN, 2014).

L'accroissement de la population et l'augmentation des prix de denrées alimentaires, ces dernières années ont entraîné une pauvreté accrue, surtout en zone rurale, et l'insécurité alimentaire (USAID, 2012). Face à ces problèmes majeurs, le gouvernement Djiboutien a choisi de développer l'agriculture par le biais du palmier dattier qui peut répondre à ses axes prioritaires : la lutte contre la pauvreté, la sécurité alimentaire et la sédentarisation de la population rurale (Mohamed, 2010; MAPERH, 2011).

1.4.7.3. L'histoire du palmier dattier

Les premiers palmiers dattiers issus de semis ont été introduits au courant du XIX^e siècle par les turcs sur la plaine côtière de Tadjourah (Awaleh, 1990). Ces palmeraies n'étaient pas destinées à la récolte des dattes, étant ni irriguées ni entretenues.

La deuxième introduction provient de la péninsule arabique durant la colonisation française et au cours de la deuxième guerre mondiale. Cette importation a été réalisée grâce aux migrants yéménites qui ont créé un système oasien formé des palmiers dattiers et d'autres cultures sous-jacentes à Ambouli en proximité de la berge. Ces oasis sont des palmeraies traditionnelles ou polyculturelles (Fig. 25), composées d'une diversité de cultures et d'élevages. Par la suite, les plantations de dattier se sont répandues dans tous les districts de la république sur des superficies réduites (500 à 3000 m²). L'âge de ces palmiers dattiers est comprise entre 70 à 150 ans avec une hauteur de 15 à 20 m (Daher et al., 2015).

La troisième vague a eu lieu dans les années 1970 (Awaleh, 1990), issue des rejets provenant du Yémen, du Soudan, d'Abou Dabi, d'Irak et du Sultanat d'Oman et en 1990 des vitro-plants venant de la France dans un cadre de projet de développement (Dollé et Peyron, 2000).

En 2004, le gouvernement investit sur un projet de grande envergure : le développement agricole durable basé sur la phoeniciculture. Une introduction massive de vitro-plants venant de l'Arabie Saoudite au nombre de 1800 est composée des plusieurs cultivars (Khllass, Nabut Sultan, Kheneizi, Barhi, Rzizi, et cultivars portants des chiffres). Ces cultivars ont été plantés en monoculture dans cinq régions avec une surface de 36 ha (Mohamed, 2010). Ces palmeraies servent d'indicateur d'adaptation à l'environnement et d'approvisionnement au laboratoire de biotechnologie du CERD (Mohamed, 2010; Daher et al., 2015). Par la suite, des introductions massives sous plusieurs formes (des plantes, des rejets et des vitro plants) (Daher et al., 2015) ont eu lieu, appuyées par la politique nationale pour la création des nouvelles palmeraies, l'extension de petites parcelles du type monoculture (Fig. 26) et la mise en valeur des palmeraies traditionnelles.



Figure 25 - Une palmeraie traditionnelle mise en valeur



Figure 26 - Une palmeraie monoculturale (nouvelle)

1.4.7.4. Les objectifs de l'étude

Les palmeraies sont soumises à des attaques sur différentes parties de la plante entraînant des effets néfastes sur la croissance et sur la production des dattes. Une évaluation de l'impact des phytophages en particulier et de l'entomofaune en général dans les palmeraies traditionnelles et monoculturelles aura des retombés quant au développement de futures palmeraies et à la mise-en-œuvre d'une lutte intégrée. Ce présent projet d'étude a pour objectif principal de connaître la diversité de l'entomofaune des palmeraies. Pour cela nous avons entrepris à :

- A) faire un inventaire des insectes phytophages ravageurs dans la couronne des palmeraies djiboutiennes;
- B) évaluer les insectes phytophages de deux systèmes de culture de palmier dattier (monoculture et traditionnel), afin de vérifier les hypothèses suivantes.
 - 1) Les palmeraies traditionnelles abritent moins d'insectes ravageurs que les monocultures.

2) Les palmeraies traditionnelles hébergent un plus grand nombre et une plus grande diversité d'ennemis naturels que les monocultures.

Chapitre 2 – L’entomofaune des palmeraies traditionnelles et monoculturales à Djibouti

2.1. Résumé

Le gouvernement djiboutien veut développer l’agriculture durable par le biais de la phoeniciculture. Des introductions massives de palmier dattier ont eu lieu ces dernières années pour restaurer les anciennes palmeraies traditionnelles (polycultures) et la création de nouvelles palmeraies orientées vers la monoculture. Dans un but ultime de protéger et d’augmenter les rendements phoenicicoles djiboutiens, ce présent travail cherche à évaluer la susceptibilité des palmeraies aux insectes ravageurs. Pour atteindre cet objectif, une comparaison de l’entomofaune des deux types de palmeraies a été réalisée à l’aide de pièges composés placés sous la couronne du palmier dattier, dans trois vergers traditionnels et trois vergers monocultureux, du 20 juin au 2 septembre 2018. Six prélèvements ont eu lieu durant cette période qui ont permis d’inventorier 14 996 spécimens appartenant à vingt ordres d’arthropodes. Parmi les espèces identifiées, sept font parties des ravageurs économiquement importants du dattier. Les espèces généralistes, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae), *Sogattela* sp. (Hemiptera : Delphacidae), et *Cicadellina bipunctata* (Hemiptera : Cicadellidae), étaient plus nombreuses (64,6 %) dans les palmeraies traditionnelles que dans les palmeraies monoculturelles. Les espèces spécialistes du palmier dattier *Batrachedra amydraula* (Lepidoptera : Batrachedridae), *Asarcopus palmarum* (Hemiptera : Caliscelidae) et *Ommatissus lybicus* (Hemiptera : Tropiduchidae) (65,3 %) étaient plus abondantes dans les palmeraies monoculturelles que dans les palmeraies traditionnelles. Le septième ravageur, *Carpophilus hemipterus* (Coleoptera : Nitidulidae), qui généralement s’attaque aux fruits, n’a démontré aucun biais quant au type de palmeraie. Pour voir quel type de palmeraie hébergeait plus d’ennemis naturels, et donc qui pourrait être plus résistant aux ravageurs, nous avons évalué la diversité de fourmis et d’unités taxonomiques opérationnelles d’autres hyménoptères, dont la majorité sont des parasitoïdes d’autres insectes. Bien que les palmeraies traditionnelles hébergeassent systématiquement un plus grand nombre d’hyménoptères, les diversités spécifique et alpha ne suivirent pas de patron évident, parfois étant plus importantes dans les palmeraies nouvelles, parfois dans les monoculturelles. Cependant, en termes de la composition de la diversité

(la diversité bêta) d'hyménoptères, les palmeraies monoculturelles se sont avérées plus homogènes entre elles que les palmeraies traditionnelles ou à proximité géographique.

Mots clé : diversité alpha, diversité bêta, ennemi naturel, insecte ravageur, monoculture, palmier dattier, phoeniculture, polyculture

2.2. Introduction

La phoeniculture, la culture du palmier dattier est pratiquée dans la plupart des pays semi-arides à arides (Zohary et al., 2012; Gros-Balthazard et al., 2013), et est introduite aux États-Unis (Chao et Krueger, 2007), en Nouvelle-Calédonie, en Australie et en Amérique du Sud (Gros-Balthazard et al. 2013). La culture du palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L. (Arecaceae), date depuis l'antiquité (Zohary et al., 2012; Gros-Balthazard et al., 2013) et présente une importante valeur religieuse, économique et sociale à travers la vente de ses fruits, les dattes. Cette culture est considérée comme un patrimoine national dans plusieurs pays surtout dans le monde arabo-musulman (Sedra, 2003; Sarfraz et al., 2006; Zohary et al., 2012; Gros-Balthazard et al., 2013; Al Sarai Al Alawi, 2015). Les superficies phoenicoles ont quintuplé dans le monde entre 1961 et 2016 (240 972 ha à 1 353 159 ha), suivie par une augmentation de la production annuelle de dattes allant de 1,8 millions à environ 8,6 millions de tonnes (FAOstat, 2017).

Cette culture a été introduite à partir du milieu du XIXe siècle à Djibouti par l'empire Ottoman (Awaleh, 1990) en association avec d'autres cultures sur des petites exploitations. À savoir que la République de Djibouti dépend plus de 90 % des autres pays pour ces besoins alimentaires (Mohamed, 2010; MERN, 2014), l'agriculture ne représentant que 5 % du PIB. Ces dernières années, l'accroissement démographique de la population et l'augmentation des prix de denrées alimentaires mondiaux ont accentué la pauvreté et l'insécurité alimentaire surtout en zone rurale (USAID, 2012). Face à ces problèmes majeurs, le gouvernement djiboutien a mis en place une stratégie nationale pour redynamiser le développement agricole durable par le biais de la phoeniculture (Mohamed, 2010; MAPERH, 2011). Des introductions massives du palmier dattier sous plusieurs formes (plantes, rejets et vitro plants) ont eu lieu pour valoriser les palmeraies traditionnelles polyculturelles et la création de nouvelles palmeraies monoculturelles. Ces palmeraies monoculturelles occupent une superficie de 36 ha (Daher et al., 2015).

La production mondiale en datte est assurée par la plupart des pays arabes avec 67 % (El-Juhany, 2010) et une augmentation de la superficie cultivable (FAOstat, 2017). Mais ce rendement subit une régression au cours du dernier demi-siècle qui est dû à plusieurs problèmes tel que l'érosion génétique (El Hadrami et al., 1998; Zaid et al., 2002), le changement climatique, les contraintes de commercialisation, et particulièrement aux insectes ravageurs, vecteurs de maladies (Blumberg, 2008; El-Shafie, 2012; El-Shafie et Mohammed, 2016).

Les insectes nuisibles constituent un frein majeur à la production dattière en qualité et en quantité (Harhash et al., 2003; El-Mergawy et Al-Ajlan, 2011). Les attaques sont sur toute plante en plein champ et aussi dans les lieux de stockage de fruits (Dollé et Peyron, 2000; Sedra, 2003; Abbas et al., 2014). Bozbuga et Hazir (2008) ont observé 15 espèces de ravageurs infestant le dattier en Turquie, alors que Carpenter et Elmer (1978) ont répertorié plus de 50 espèces d'insectes et d'acariens nuisibles sur les dattiers à travers le monde entier. Une colonie importante de certains insectes peut entraîner la mort du dattier et affecter l'économie des pays producteurs (Boutaleb et al., 2013; Kinawy et al., 2015; Khalaf, 2018).

À Djibouti, les deux modèles de palmeraies sont suffisamment différents qu'ils pourront mériter leur propre modèle de lutte, mais peu de recherches se sont penchées sur la comparaison de leurs entomofaunes respectives. De plus, l'évaluation de l'impact des phytophages sur l'environnement dans les palmeraies traditionnelles et monoculturales est importante pour l'orientation du choix du type de palmeraie à favoriser au niveau des décideurs politiques. Dans d'autres systèmes agricoles et forestiers, il a été documenté que les vergers monocultureux hébergent une plus grande abondance de ravageurs (Andow, 1991; Jactel et Brockerhoff, 2007) surtout de phytophages spécialistes. Dans ces genres de parcelles, les ennemis naturels des ravageurs sont moins nombreux et y sont généralement généralistes (Root, 1973).

À fin de mieux comprendre les défis phytosanitaires de la phoeniciculture à Djibouti, nous avons inventorié les arthropodes se trouvant sous la couronne des dattiers au sein de palmeraies monoculturales et traditionnelles. Les buts étaient de déterminer si, suivant les études précédentes, il y a plus d'insectes nuisibles spécialiste dans les palmeraies monoculturales, plus des ravageurs généralistes dans les palmeraies polyculturales mais moins d'ennemis naturels dans les palmeraies nouvelles monoculturales que dans les palmeraies traditionnelles polyculturales.

2.3. Matériel et méthodes

2.3.1. Zone d'étude et d'échantillonnage

Nous avons sélectionné trois sites où dans chacun se trouve une palmeraie traditionnelle (polyculturelle) et une nouvelle (monoculturelle), plus ou moins avoisinantes (Fig. 27).

Le Site 1 est situé sur la plaine de la zone côtière du district d'Arta. La palmeraie traditionnelle (11,52° N; 43,16° E) est en association à une culture fourragère en intercalaire. Cette culture est composée des plusieurs espèces, par exemple le ray grass anglais et le chiendent qui servent de nourriture aux ruminants. La palmeraie monoculturelle (11,48° N; 43,20° E) est formée seulement de palmiers dattiers bien ordonnés. Elle est avoisinée à l'ouest d'un verger comportant des cultures arboricoles (manguier, goyavier, grenadier, citronnier) et des cultures maraichères (gombo, melon).

Chez le Site 2, la palmeraie traditionnelle (11,17° N; 42,51° E) se trouve à l'intérieur du village de Mouloude et est entourée de l'est et du sud par d'autres exploitations agricoles. Elle inclue des cultures maraichères (melon, pastèque, piment, gombo) et des cultures fourragères (jujubier et chiendent, faux mimosa). La palmeraie monoculturelle (11,22° N; 42,64° E) se trouve à 300 m de proximité de la route principale d'Ali-Sabieh. Sur sa partie sud, il existe un jardin formé de cultures fourragères, ornementales, maraichères, arboricoles et des habitations.

Le Site 3 se trouve dans la localité de Khalaf, sur le littoral. La palmeraie traditionnelle (11,75° N; 42,79° E) est constituée de cultures de melon et de pastèque intercalées avec les dattiers, des arbres de jujubiers éparpillés le long du périmètre, et des cultures fourragères (faux mimosa, luzerne et ray grass anglais). La palmeraie monoculturelle (11,76° N; 42,83° E) se positionne près de la bordure maritime : à l'ouest se trouve un verger contenant des cultures arboricoles (manguiers, goyaviers, grenadiers, citronniers, papayers), cultures céréalières (sorgho, maïs), maraichères (melon, coriandre, pourpier, gombo, aubergine); à l'est se trouve une exploitation de palmier dattier monoculturelle.

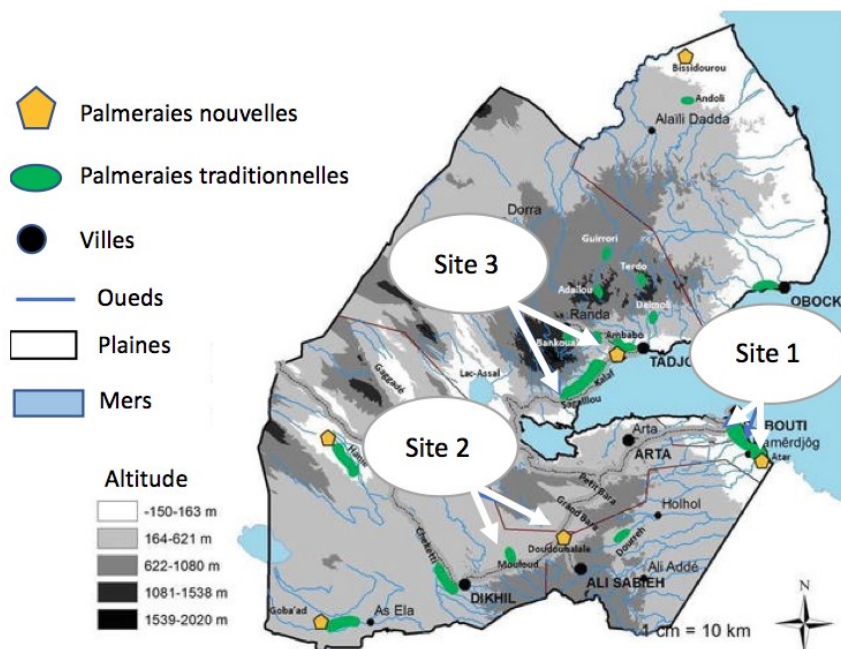


Figure 27 - Les sites d'échantillonnage (Source CERD)

2.3.2. Le piège composé

Le piège composé est destiné à capturer les arthropodes se trouvant sous la couronne du palmier dattier (Fig. 28 B). Il est inspiré des pièges composés de Russo et al. (2011) et de Basset (1988). Il est composé de trois parties : un récipient jaune en bas (le bas d'un bidon coupé en deux), un intercepteur de vol bidirectionnel au milieu (plexiglass transparent), et une bouteille en plastique transparente en haut (fixée sur le haut du bidon) (Fig. 28 A). Les insectes sont récoltés dans le récipient jaune et la bouteille transparente, tous deux contenant une solution d'éthylène glycol pour la conservation des spécimens. La quantité de solution est 2 L pour le récipient jaune et 200 ml pour la bouteille. Le piège est inséré entre le stipe et les palmes du palmier (Fig. 28 B). Le rebord du récipient est accroché à la palme supérieure et les deux bouts de la partie supérieure du récipient jaune sont liés aux palmes. Ce renforcement de fixation du piège a pour but d'éviter le jaillissement du liquide par les vents violents, surtout pour les mois de juillet et août.

Pour minimiser l'effet des bordures, nous avons sélectionné une zone de 1000 m² au milieu du périmètre de chaque palmeraie. Nous avons ensuite choisi deux dattiers de manière aléatoire en position diagonale l'un de l'autre. Sur chaque arbre, nous avons installé deux pièges composés de façon symétrique à une hauteur de 1,5 à 2,5 m du sol suivant la direction du vent. Le ravitaillement des pièges en solution de conservation et le prélèvement des échantillons (Fig. 30 B, Annexe) se

firent tous les 10 à 14 jours, de juin au début septembre 2018, en fonction du climat et de la disponibilité du véhicule durant la période. À cette période, le dattier attire énormément d'insectes car il est en floraison et en fructification. Nous ciblâmes donc les ravageurs d'inflorescences et de fruits. Au total, nous avons pu réaliser six prélèvements par palmeraie (Tableau 2).

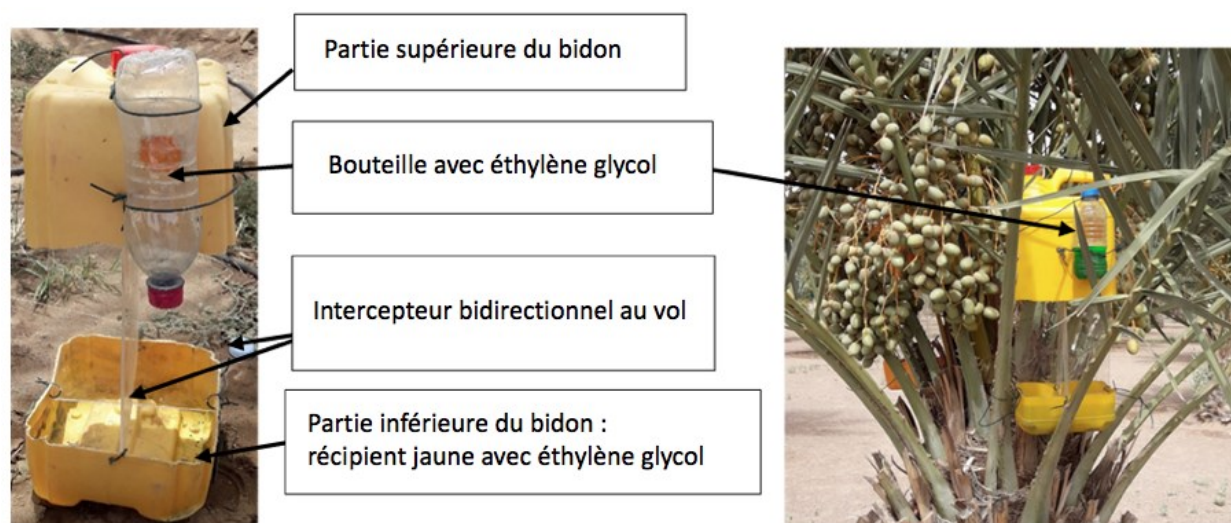


Figure 28 - Piège composé et installation sous la couronne du palmier dattier

Tableau 2 - Dates (2018) de prélèvements sur les trois sites

Prélèvements	Site 1	Site 2	Site 3
Installation des pièges	20 juin	23 juin	26 juin
Prélèvement 1	30 juin	06 juillet	07 juillet
Prélèvement 2	13 juillet	16 juillet	20 juillet
Prélèvement 3	23 juillet	26 juillet	31 juillet
Prélèvement 4	02 août	05 août	10 août
Prélèvement 5	14 août	15 août	20 août
Prélèvement 6	27 août	28 août	2 septembre

Les spécimens récoltés de chaque partie du piège composé (Fig. 30 A, Annexe et Fig. 31 A, Annexe) furent transférés dans de l'éthanol 75 % (Fig. 32, Annexe) et gardés dans un milieu

réfrigéré. L'identification des spécimens au niveau de famille a été faite sous les loupes binoculaires (Fig. 31, Annexe), à l'aide de livres d'identification (Ross et al., 2002; Johnson et Triplehorn, 2004; Fisher et Bolton, 2016; Marshall, 2017). Pour la caractérisation des sept espèces ravageuses du palmier dattier que nous avons récoltées, nous nous sommes appuyés sur des articles de recherche (Dhoubi, 1982; Asche et Wilson, 1989; Sohn et al., 2009; Bartlett et al., 2011; Khatri et al., 2011; Mariani et Marino de Remes Lenicov, 2018). Le matériel est déposé dans la Collection entomologique Ouellet-Robert à l'Université de Montréal.

Grâce à la grande diversité et à l'abondance de spécimens dans les prélèvements, nous avons choisi l'ordre des hyménoptères pour représenter les ennemis naturels et surtout pour leur rôle de parasitisme d'autres insectes. Ceux-ci ont été triés au niveau de l'unité taxonomique opérationnelle (UTO), dont les paramètres de détermination étaient surtout la longueur, la forme et la couleur du corps entier, la forme et la couleur du thorax et de l'abdomen, la taille de l'oviscapte, la longueur de l'aile et le patron de nervures et de taches sur celle-ci, et le nombre, la couleur et la longueur des tarsomères.

2.3.3. Analyses

Nous avons utilisé le test de Khi deux pour évaluer l'abondance des espèces potentiellement ravageuses dans les deux types de palmeraies. Nous avons eu recours aux indices de diversité alpha et bêta pour expliquer la richesse et la répartition des ennemis naturels, représentés spécifiquement par les hyménoptères, dans la communauté d'arthropodes. En termes d'abondance, les fourmis dominaient; en termes de diversité spécifique, c'étaient les autres hyménoptères, majoritairement des guêpes parasitoïdes. Nous avons donc évalué la diversité de ces deux groupes séparément.

La diversité alpha, le nombre d'espèces et l'abondance de chacune d'entre elles, a été calculée avec l'indice de Shannon (H') (Gray, 2000),

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i)(\ln p_i)$$

où p est la proportion de spécimens de l'espèce (S) i .

La diversité bêta, une façon de quantifier la similitude de la composition de la diversité de différentes communautés, nous permet de comparer deux à deux les échantillons et donner à chaque paire une valeur de ressemblance qui est comprise entre 0 (identique) et 1 (sans aucune similitude).

Avec l'indice de diversité bêta de Bray-Curtis (Bray et Curtis, 1957), nous pouvons rassembler les palmeraies des trois sites, suivant le nombre d'espèces en commun et leur abondance. Ainsi, nous pourrions calculer si les communautés des palmeraies monoculturelles sont plus ou moins semblables (homogènes) entre elles que les communautés des palmeraies traditionnelles. En même temps, nous pourrions calculer si les effets de proximité géographique sont plus importants que ceux de l'habitat. C'est à dire, les communautés d'insectes dans les palmeraies monoculturelles et traditionnelles à chaque site, sont-elles plus homogènes entre-elles que les palmeraies monoculturelles ou traditionnelles aux différents sites? La réponse à cette question nous aidera à évaluer la magnitude de l'effet sur la biodiversité causé par la nature de l'habitat (mono- ou polyculturelle).

L'indice de dissimilitude Bray-Curtis (D) :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^S |x_{ij} + x_{ik}|}$$

où x est le nombre de spécimens de l'espèce (S) i dans l'échantillon j ou k (e.g., palmeraie traditionnelle ou monoculturelle à chaque site). Avec cette formule, deux prélèvements identiques auront un $D = 0$.

Afin, de présenter visuellement la similitude des communautés des hyménoptères entre les sites et les habitats, nous avons utilisé les dissimilitudes (D, distances) pour créer un dendrogramme UPGMA (<http://genomes.urv.cat/UPGMA>) (Garcia-Vallve et al., 1999).

2.4. Résultats

2.4.1. Sommaire des prélèvements

Nous avons collecté 14 996 spécimens appartenant à 20 ordres d'arthropodes (Tableau 8, Annexe). Dans les palmeraies monoculturelles, les diptères dominaient avec une abondance relative de 27,6 %, suivis des lépidoptères, des hyménoptères, des coléoptères, des collembolles, et des hémiptères (Tableau 3). Tous les autres arthropodes (araignées, opilions, pseudoscorpions, solifuges, scorpions, acariens, blattes, embioptères, termites, isopodes, mantes, neuroptères, orthoptères et thysanoptères) représentaient, ensemble, seulement 15,2 %. Les diptères étaient les plus nombreux (21,1 %) dans les palmeraies traditionnelles aussi, suivis des hyménoptères, des

coléoptères, des lépidoptères, des collemboles, et enfin des hémiptères. La totale relative des autres ordres ensembles était 22,6 % (Tableau 3).

Tableau 3 - Abondance des ordres d'arthropodes dans les deux palmeraies.

Taxon	Palmeraies monoculturelles		Palmeraies traditionnelles		P (χ^2)
	Nombre	%	Nombre	%	
Coleoptera	668	10,2	1 067	12,6	$9,8 \times 10^{-22}$
Diptera	1 807	27,6	1 781	21,1	0,66
Hemiptera	589	9,0	494	5,9	0,0039
Hymenoptera	877	13,4	1 387	16,4	$8,3 \times 10^{-27}$
Lepidoptera	996	15,2	925	11,0	0,105
Collembola	618	9,4	882	10,4	$9,3 \times 10^{-12}$
Autres arthropodes	999	15,2	1 906	22,6	$1,5 \times 10^{-63}$
Total	6 554	100	8 442	100	$1,2 \times 10^{-53}$

2.4.2. Les ravageurs dans les palmeraies monoculturelles et traditionnelles

Les potentiels ravageurs récoltés sous la couronne du palmier dattier sont au nombre de sept espèces, ces insectes faisant partie des insectes nuisibles de la phoeniciculture suivant la littérature : un coléoptère, *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus, 1758) (Nitidulidae); de deux lépidoptères, *Batrachedra amydraula* (Meyrick, 1916) (Batrachedridae) et *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839) (Pyralidae); quatre hémiptères *Ommatissus lybicus* (De Bergevin, 1930) (Tropiduchidae), *Asarcopus palmarum* (Horvath, 1921) (Caliscelidae), *Sogatella* sp. (Fennah, 1956) (Delphacidae), et *Cicadulina bipunctata* (Melichar, 1904) (Cicadellidae).

Batrachedra amydraula, *Ommatissus lybicus* et *Asarcopus palmarum* étaient plus abondants dans les palmeraies monoculturelles que dans les traditionnelles sur tous trois des sites ($P < 0,05$) (Tableau 4). Cependant, *Ectomyelois ceratoniae* et *Cicadulina bipunctata* étaient toujours plus nombreux dans les palmeraies traditionnelles ($P < 0,05$) alors que *Sogatella* sp. démontrait une tendance à préférer les palmeraies traditionnelles ($P \approx 0,1$). *Carpophilus hemipterus* n'illustre aucune différence en abondance (Tableau 4).

Tableau 4 - Abondance des ravageurs potentiels capturés dans les palmeraies monoculturelles (M) et traditionnelles (T).

Espèce	Site 1			Site 2			Site 3			Total des sites		
	M	T	P (χ^2)	M	T	P (χ^2)	M	T	P (χ^2)	M	T	P (χ^2)
<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	48	73	0,023	52	78	0,022	55	88	0,005	155	239	2,3 x 10 ⁻⁵
<i>Asarcopus palmarum</i>	17	5	0,010	16	6	0,033	20	6	0,006	53	17	1,7 x 10 ⁻⁵
<i>Batrachedra amydraula</i>	71	42	0,006	90	50	0,001	85	50	0,002	246	142	1,3 x 10 ⁻⁷
<i>Carpophilus hemipterus</i>	5	8	0,405	14	10	0,414	22	18	0,527	41	36	0,568
<i>Cicadulina bipunctata</i>	8	18	0,049	11	27	0,009	15	33	0,009	34	78	3,2 x 10 ⁻⁵
<i>Ommatissus lybicus</i>	20	6	0,006	30	13	0,009	36	16	0,005	86	35	3,5 x 10 ⁻⁶
<i>Sogattela</i> sp.	5	12	0,089	7	15	0,088	4	10	0,108	16	37	3,9 x 10 ⁻³

2.4.3. Les ennemis naturels dans les palmeraies monoculturelles et traditionnelles

Sans tenir compte des diptères, des coléoptères et des hémiptères, deux tiers (2 796 sur 4 409) des arthropodes échantillonnés étaient des ennemis naturels d'autres insectes; ils étaient surtout des arachnides, des hyménoptères, des mantes et des neuroptères (Tableau 5). Les hyménoptères, dont la majorité sont des parasitoïdes d'autres insectes, étaient fortement majoritaires, avec 81 % du nombre total d'arthropodes bénéfiques échantillonnés. Nous avons ainsi ciblé cet ordre pour analyser la diversité d'ennemis naturels dans les deux types de palmeraies.

Tableau 5 - *Abondance d'ennemis naturels dans les deux habitats.*

Taxa	Palmeraies monoculturelles	Palmeraies traditionnelles	Total	P (χ^2)
Arachnida	194	207	401	0,52
Fourmis (13 UTOs)	731	1 234	1 965	$7,7 \times 10^{-30}$
Autres Hymenoptera (69 UTOs)	146	153	299	0,69
Mantodea	50	7	57	$1,2 \times 10^{-8}$
Neuroptera	29	45	74	0,06

Nous avons identifié 13 espèces de fourmis et 69 UTOs d'autres hyménoptères. Dans tous les trois sites, la palmeraie traditionnelle hébergeait plus d'hyménoptères que la palmeraie monoculturelle, voir entre 59 % et 63 % du total, surtout en ce qui concerne les fourmis (Tableau 6). Cependant, c'était seulement au Site 2 où la palmeraie traditionnelle hébergeait un plus grand nombre d'espèces (UTOs) d'hyménoptères, tandis qu'aux Sites 1 et 3 (si nous acceptons un seuil de significativité de $P < 0,07$), c'était la palmeraie monoculturelle qui hébergeait plus d'UTOs.

Tableau 6 - Abondance (individus), diversité spécifique des fourmis et d'autres hyménoptères (UTOs), et diversité alpha (H') dans les six palmeraies.

Site	Groupe	Palmeraie	Individus		UTOs		H'
			N	P (χ^2)	N	P (χ^2)	
1	Fourmis	Mono.	276	$1,1 \times 10^{-10}$	12	1	1,60
		Trad.	450		12		2,03
	Autres	Mono.	51	0,014	38	0,0075	3,56
		Trad.	29		18		2,69
2	Fourmis	Mono.	233	$2,0 \times 10^{-8}$	7	0,80	1,20
		Trad.	371		8		1,23
	Autres	Mono.	38	$3,1 \times 10^{-5}$	24	0,046	3,03
		Trad.	84		40		3,51
3	Fourmis	Mono.	222	$3,5 \times 10^{-14}$	9	1	1,62
		Trad.	413		9		0,97
	Autres	Mono.	57	0,084	36	0,066	3,44
		Trad.	40		22		2,96

Pour les hyménoptères, sans tenir compte des fourmis, un pattern clair de diversité alpha ne s'est pas manifesté : il y avait une diversité alpha (H') plus importante dans la palmeraie monoculturelle au Sites 1 et 3, mais dans la palmeraie traditionnelle au Site 2 (Tableau 6). Parmi les communautés de fourmis aux six palmeraies, celles des palmeraies monoculturelles aux Sites 1 et 2 étaient les plus semblables ($D=0,230$), tandis que celles des palmeraies traditionnelles aux Sites 2 et 3 étaient les plus divergentes ($D=0,735$) (Tableau 7). C'étaient les communautés d'autres hyménoptères dans les deux palmeraies du Site 3 qui étaient les plus semblables ($D=0,567$), tandis que les communautés des palmeraies traditionnelles aux Sites 1 et 2 étaient les plus divergentes ($D=0,752$) (Tableau 7). La relation la plus évidente dans la Figure 29 concerne les communautés de fourmis, où les palmeraies monoculturelles forment un groupe distinct.

Tableau 7 - Matrice de distance Bray-Curtis pour les fourmis (au-dessus du diagonal) et les autres hyménoptères (en-dessous du diagonal) sur les trois sites (S) dans les palmeraies monoculturelles (M) et traditionnelles (T) aux sites (S) 1, 2, et 3.

	S1M	S1T	S2M	S2T	S3M	S3T
S1M		0,298	0,230	0,425	0,237	0,486
S1T	0,750		0,464	0,586	0,366	0,492
S2M	0,685	0,731		0,298	0,455	0,653
S2T	0,630	0,752	0,607		0,605	0,735
S3M	0,574	0,744	0,600	0,617		0,449
S3T	0,626	0,652	0,590	0,629	0,567	

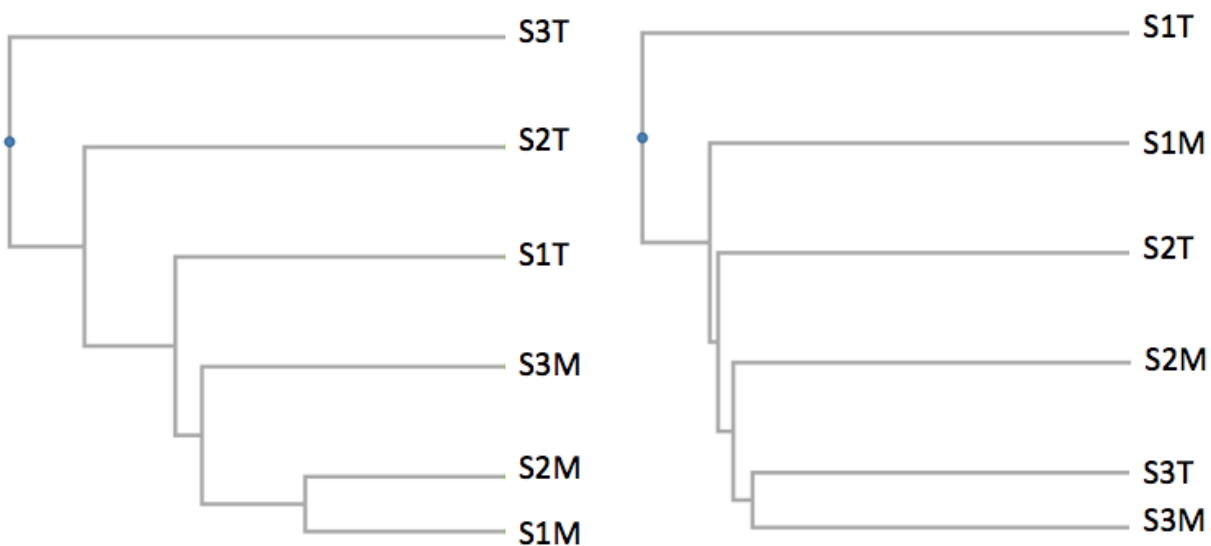


Figure 29 - Dendrogramme de distance de la diversité bêta des fourmis (gauche) et autres hyménoptères (droite) sur les trois sites (S) dans les palmeraies monoculturelles (M) et traditionnelles (T) aux sites (S) 1, 2, et 3.

2.5. Discussion

2.5.1. Les palmeraies monoculturelles hébergent plus de ravageurs spécialistes

Parmi les sept espèces potentiellement nuisibles au palmier dattier récupérées dans nos prélèvements, trois étaient plus abondantes dans les palmeraies monoculturelles. L'abondance de

Batrachedra amydraula, d'*Ommatissus lybicus* et d'*Asarcopus palmarum* est liée à leur mode alimentaire spécialiste, le palmier dattier constituant leur principal habitat et hôte nourricier.

L'abondance de *Batrachedra amydraula* est en relation aux lieux d'attaque sur le palmier, qui sont l'inflorescence et les dattes vertes (Al-Samarraie et al., 1989; Levi-Zada et al., 2013). Cette noctuelle possède deux à trois générations suivant les cultivars du palmier dattier et les conditions climatiques du pays, commençant d'avril au début septembre (Sohn et al., 2009; Shayesteh et al., 2010; Kinawy et al., 2015). Cette abondance est favorisée par la présence de la floraison et de la fructification verte sur le même pied (Daher, 2010), qui se traduit par des pertes immenses évaluées entre 75 à 100 % du rendement selon les pays producteurs (Harhash et al., 2003; Blumberg, 2008).

Ommatissus lybicus, appelé aussi « dubas bug » ou tout simplement dubas, est un ravageur qui s'attaque à toutes les parties aériennes du palmier dattier. Il a deux générations par année, printanière et estivale. Le dubas craint les températures inférieures à 20° C et les humidités relatives inférieures à 50 % (Hussain, 1963; Jassim, 2007; Mokhtar et Al Nabhani, 2010). Sa prolifération est importante à la génération estivale (Klein et Venezian, 1985; Shah et al., 2012; Al Sarai Al Alawi, 2015) car les conditions climatiques et la qualité nutritionnelle de son hôte lui sont favorables. Ces facteurs permettent à la femelle de pondre un nombre d'œufs plus élevé qu'au printemps et la durée du cycle de développement est réduit d'où l'abondance d'un nombre important en juillet et août (Jassim, 2007; Mokhtar et Al Nabhani, 2010; Al Sarai Al Alawi, 2015).

Asarcopus palmarum, nommé le bug de datte ou le fulgore de datte, s'attaque aux folioles des jeunes palmes et aux pédicelles des fruits (Blumberg, 2008; Leavengood et al., 2017). Les dégâts engendrés par les larves sont des lésions brunâtres irrégulières et superficielles. Les larves excrètent du miellat qui attire les fourmis (Carpenter et Elmer, 1978). Cette espèce est inactive en hiver.

Ces trois insectes, spécialistes nutritionnels du palmier dattier, ont été retrouvés plus abondants dans toutes trois des palmeraies monoculturelles, par rapport les palmeraies traditionnelles avoisinantes (Tableau 4). N'étant pas des vecteurs importants de phytopathogènes, les dégâts engendrés par ces insectes sont entièrement dû à la taille de leurs populations. Nous supposons que cette abondance marquée au sein des palmeraies monoculturelles est dû au manque relatif d'ennemis naturels (voir 2.5.3, ci-dessous).

2.5.2. Les palmeraies traditionnelles hébergent plus de ravageurs généralistes

Les espèces du deuxième groupe, composé d'*Ectomyelois ceratoniae*, de *Cicadulina bipunctata* et de *Sogatella* sp., étaient plus nombreuses dans toutes trois des palmeraies traditionnelles que dans les palmeraies monoculturelles avoisinantes (Tableau 4).

Ectomyelois ceratoniae, la pyrale de la datte, attaque les fruits mûrs. Les femelles déposent leurs œufs à la surface des fruits; dans le contexte agricole, l'éclosion des œufs se fait donc dans les entrepôts (Dhoubi, 1982; Lebdi-Grissa et Ben Ayed, 2005). Cette espèce est cosmopolite et polyphage, causant des dommages importants à de nombreuses cultures fruitières à travers le monde (Warner et al., 1990; Abedi et al., 2019).

La cicadelle orange du maïs, *Cicadulina bipunctata*, a deux générations par année. Ses hôtes principaux sont les céréales, surtout le maïs, le riz et le blé (Tokuda et Matsumura, 2005; Kumashiro et al., 2014). Le maïs et le sorgho sont les deux céréales fréquemment cultivées à Djibouti pour l'autoconsommation des cultivateurs et pour le bétail. Le nombre d'individus dans les trois sites n'était pas très élevé et leur présence était peut-être affectée grâce aux parcelles voisines semées de céréales. Néanmoins, cette espèce est importante au plan économique en phoeniciculture dû à la transmission de pathogènes, et un réservoir prêt d'une palmeraie pourrait s'avérer problématique (Alhudaib et al., 2007; Abo-El-Saad et al., 2014).

Pour sa part, *Sogatella* sp., dont l'identité spécifique n'était pas établie, est peu connue (Hassan et al., 1986; El-Shafie, 2012). Plusieurs espèces congénères transmettent des phytopathogènes aux palmiers (Julia et Mariau, 1982; Howard et al., 2001). Cette espèce inféodée aux palmier dattier mérite plus d'étude.

Ces trois déprédateurs sont des généralistes suivant leur régime alimentaire. Ils ont plus de deux plantes hôtes et peuvent vivre en l'absence du palmier dattier. L'abondance réduite de ces insectes dans les palmeraies monoculturelles peut être expliquée par leur cycle biologique. En même temps, les palmeraies traditionnelles offrent une gamme alimentaire plus variée et un habitat plus hétérogène qui peut réduire l'impact des insectes nuisibles sur la production de datte (Plath et al., 2011). Cette gamme de cultures offre une panoplie alimentaire intéressante pour les insectes nuisibles généralistes en les détournant du palmier dattier. Cette diversité de cultures peut créer une désorientation de détection de plantes cibles chez les phytophages nuisibles (Barbosa et al., 2009) que

ce soit pour les ravageurs spécialistes ou généralistes (Castagneyrol et al., 2013). Cependant, les deux hémiptères, *Cicadulina bipunctata* et *Sogatella* sp. sont capables de transmettre des phytopathogènes et donc peuvent causer des dégâts importants même quand ils sont peu nombreux.

La septième espèce potentiellement nuisible, *Carpophilus hemipterus*, est cosmopolite et ravageuse des fruits et de graines, surtout secs ou en entreposage, dans lesquels ils pondent leurs œufs. Cette espèce n'était pas recueillie plus souvent dans un type de palmeraie que l'autre, mais les insectes sans doute ont été capturés en plein vol lorsqu'ils étaient attirés par les dattes elles-mêmes.

2.5.3. Les palmeraies traditionnelles hébergent plus d'ennemis naturels

Nous avons trouvé une abondance importante d'ennemis naturels dans nos deux types de palmeraies : arachnides, hyménoptères, mantes, et neuroptères, mais aussi des diptères dont nous n'avons pas tenu compte dans notre étude. Tandis que les arachnides étaient également abondants dans les deux types de palmeraies, les mantes étaient plus abondantes dans les palmeraies monoculturelles et les neuroptères et les hyménoptères plus abondants dans les palmeraies traditionnelles (Tableau 5).

Les hyménoptères composant 81 % des ennemis naturels, nous avons examiné ce groupe de plus près. La majorité de cet ordre sont des parasitoïdes et ils sont utilisés en lutte biologique contre les insectes nuisibles des cultures. Nous supposons que leur abondance est liée à la plus grande variété d'espèces végétales, et donc de niches écologiques, permettant d'attirer une gamme élevée de proies. Hertzog (2017) avait signalé que l'hétérogénéité florale permet d'accroître l'abondance et la richesse des ennemis naturels (prédateurs et parasites) par la disponibilité des ressources alimentaires pour les insectes phytophages. Liu et al. (2018) ont appuyé cette idée, que l'ajout des cultures secondaires dans un milieu agricole permet d'augmenter considérablement la richesse et l'abondance des prédateurs généralistes.

Les analyses d'abondance des fourmis étaient conclusives, toujours largement en faveur des palmeraies traditionnelles, bien que le faible nombre d'espèces n'a pas révélé de tendance au niveau de leur diversité. Les résultats par rapport aux autres hyménoptères étaient plus nuancés : ils étaient plus abondants et plus diversifiés (en nombre d'UTOs et par rapport leur diversité alpha) dans la palmeraie monoculturelle au Site 1, plus abondants et diversifiés dans la palmeraie traditionnelle au Site 2, et sans tendance significative au Site 3. Ces résultats n'appuient pas nos

attentes, car nous avons supposé que les palmeraies plus diversifiées au niveau floristique seraient aussi toujours plus diversifiées quant à leurs ennemis naturels. Il se peut qu'il y eu un effet de proximité des autres exploitations agricoles.

Avec les indices de Bray-Curtis les plus bas, nous constatons que les communautés d'hyménoptères des palmeraies monoculturelles sont plus homogènes (moyennes de 0,307 et 0,620 pour les fourmis et autres hyménoptères, respectivement). C'est-à-dire qu'on a tendance à trouver les mêmes UTOs parmi les palmeraies monoculturelles, et que nous pouvons donc constater que l'homogénéité floristique prédit l'homogénéité des hyménoptères. Cet effet d'homogénéisation dépasse celui de la proximité géographique : les moyennes des indices Bray-Curtis entre les palmeraies avoisinantes aux trois sites dépassaient celles des palmeraies monoculturelles éloignées l'une de l'autre (0,348 et 0,641). En contraste, la diversité bêta des palmeraies traditionnelles (0,604 et 0,678) indique plus d'hétérogénéité, c'est-à-dire qu'elles ont moins d'UTOs en commun entre elles que les palmeraies monoculturelles.

2.6. Conclusions

Les résultats de cette étude montrent que l'abondance des ravageurs est plus élevée dans les parcelles monoculturelles (Andow, 1991; Jactel et al., 2002) du palmier dattier, peut-être parce-que les insectes spécialistes colonisent leur plantes hôtes à une haute vitesse, minimisant l'action des prédateurs généralistes (Root, 1973).

Dans le but d'accroître la production agricole et d'assurer la protection des palmeraies, cette étude nous a permis de savoir que les palmeraies djiboutiennes abritent au moins sept ravageurs potentiellement importants sur le plan économique. Les palmeraies monoculturelles risquent d'être plus sensibles aux attaques des insectes car elles logent des ravageurs spécialistes en nombre élevé, bien que nos résultats par rapport au nombre d'ennemis naturels soient non conclusifs. Cependant, le nombre élevé d'insectes généralistes dans les palmeraies traditionnelles est à surveiller, surtout en ce qui concerne les vecteurs de phytopathogènes. Nous prédisons que les pertes de rendements seront plus importantes dans les palmerais monoculturelles par rapport aux palmeraies traditionnelles, mais seulement tant qu'il n'y ait risque d'éclosion de phytopathogènes. Il serait sage, tout en surveillant les populations d'insectes des palmeraies djiboutiennes, d'établir un programme de lutte adéquat. D'autres études sont sollicitées sur les différentes parties du dattier

avec une durée supérieure à une année, pour mieux connaître l'entomofaune phoenicicole djiboutienne.

Chapitre 3 – Conclusion générale

3.1. Contributions

Le projet décrit dans ce mémoire fut conçu, préparé, et effectué dans une collaboration entre Adwa Abdou Ali et Colin Favret. Tout le travail de terrain, de tri de matériel, d'acquisition de données, d'analyse de celles-ci, et de rédaction de mémoire furent la responsabilité d'Adwa Abdou Ali. Dominic Ouellette et Thomas Théry ont contribué des identifications d'insectes. Colin Favret, Jacques Brodeur et Monia Ben Halima Kamel ont révisé le texte du document.

3.2. Perspectives

Le système oasien est caractérisé par la culture du palmier dattier en présence d'eau dans un milieu aride ou semi-aride, en créant un microclimat propice pour l'installation d'autres cultures sous-jacentes ou être conduit en monoculture suivant l'orientation du promoteur.

Le palmier est planté aussi pour ses multiples usages, surtout la sécurité alimentaire des hommes et du cheptel, mais aussi pour l'amélioration des revenus des agriculteurs par ses sous-produits (par ex., les feuilles pour les vanneries et les sacs, le bois pour les toitures) et pour ses vertus médicales.

Le palmier dattier est le pivot de l'agriculture djiboutienne, elle est choisie pour son adaptation aux conditions rudes du pays, son assurance à la sécurité alimentaire et à la sédentarisation de la population rurale par ses sous-produits. En plus des anciennes palmeraies traditionnelles dans lesquelles d'autres cultures (par ex. maraichères) sont maintenues, de nouvelles palmeraies entièrement dédiées à la phoeniculture ont été établies. Ces deux types de palmeraies constituent des habitats bien différents.

Aujourd'hui, ces palmeraies sont menacées par les changements climatiques et la propagation d'insectes et d'acariens phytophages destructeurs (et les maladies qu'ils transmettent). La connaissance des invertébrés de ce milieu est nécessaire pour la programmation d'une lutte adéquate et une surveillance, mais qui devront être ajustées aux conditions particulières des différents types de palmeraies, voir surtout les palmeraies traditionnelles polyculturelles et les palmeraies nouvelles monoculturelles.

À travers, cette étude, nous avons pu réaliser un inventaire des arthropodes des six palmeraies ayant les deux types d'habitat à l'aide un piège composé durant une très courte durée de deux mois et demi. Cette étude nous a révélé que nos palmeraies sont menacées par des ravageurs potentiels et la menace dépend aussi de la manière de la conduite de la palmeraie (monoculturelle ou traditionnelle).

Pour avoir plus de précision et avant d'établir un programme de lutte. Il faut effectuer d'autres études avec des moyens de pièges différents et sur une période de plus longue durée. La formation de techniciens et d'agriculteurs, sur les sept ravageurs détectés lors de cette étude, sera nécessaire pour réduire leur propagation et leur pullulation à travers d'échanges de matériel végétal. Bien que nous ayons détecté sept espèces potentiellement ravageuses, d'autres sont probablement présentes ou pourraient le devenir. La mise en place d'un programme de surveillance de ravageurs connus et le repérage des nouveaux sera nécessaire pour pouvoir agir rapidement dans l'éventualité d'une introduction ou une pullulation. Mieux connaître les communautés d'insectes bénéfiques, surtout d'ennemis naturels, informera la gestion de l'habitat pour contrer les insectes ravageurs sans devoir avoir recours aux insecticides.

Enfin, la réalisation d'analyses sur la perte de rendements causée par les divers insectes ravageurs, par exemple en établissant des seuils économiques, informera le calendrier des possibles interventions.

Références bibliographiques

- Abbas M., Hafeez F., Ali A., Farooq M., Latif M., Saleem M., Ghaffar A. 2014. Date palm white scale (*Parlatoria blanchardii* T): A new threat to date industry in Pakistan. *J. Entomol. Zool. Stud.* 2: 49–52.
- Abbas M.S.T., Razvi S.A., Rashid H.S., Al-Khatry S.A. 2008. Role of egg parasitoids for controlling the pomegranate butterfly, *Virachola livia* Klug (Lycanidae: Lepidoptera) in Sultanate of Oman. *Egypt. J. Biol. Pest Control.* 18: 43–46.
- Abbes K., Zouba A., Harbi A., Ghrissi N., Ksantini M., Chermiti B., 2020. The pomegranate butterfly *Deudorix livia* (Lepidoptera: Lycaenidae): an emerging pest on dates in Tunisia. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 50(1): 191–196.
- Abedi Z., Golizadeh A., Soufbaf M., Hassanpour M., Jafari-Nodoushan A., Akhavan H.-R. 2019. Relationship between performance of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) and phytochemical metabolites in various pomegranate cultivars. *Front. Physiol.* 10: 1425.
- Abo-El-Saad M.M., Alhudaib K.A., Al Ajlan A.M. 2014. Comparative toxicity of selected insecticides to phytoplasma transmitted leafhopper *Cicadulina bipunctata* (Melichar). *J. Agric. Sci. Tech. A* 4: 514–520.
- Al-Antary T.M., Al-Khawaldeh M.M., Al-Alawi M.S. 2014. Economic importance and seasonal population changes of Lesser Date Moth, *Batrachedra amydraula* Myerick (Lepidoptera, Momphidae) in Jordan Valley. *BOTHALIA J.* 44:137–147.
- Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., Shahidi F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *J. Agric. Food Chem.* 53: 7592–7599.
- Alhudaib K., Arocha Y., Wilson M., Jones P. 2007. “Al-Wijam”, a new phytoplasma disease of date palm in Saudi Arabia. *Bull. Insect.* 60(2): 285–286.

Al-Jorany R.S., Al-Jboory I.J., Hassam N. 2015. Evaluation of the sex pheromone efficiency of the lesser date moth, *Batrachedra amydraula* Meyrick (Lepidoptera: Batrachedridae), in Baghdad, Iraq. *Journal of Life Sciences* 9: 242–247.

Al-Khatri S.A. 2004. Date palm pests and their control. Pp. 84–88 dans *Proceedings of the Date Palm Regional Workshop on Ecosystem-Based IPM for Date Palm in Gulf Countries, UAE University, Al Ain, UAE*.

Allaith A.A.A. 2008. Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43: 1033–1040.

Al-Samarraie A.I., Al-Hafdh E., Abdul-Majed K., Basumy M.A. 1989. The chemical control of the lesser date moth, *Batrachedra amydraula* Meyr., and residue levels of organophosphate insecticides in dates. *Pest Manag. Sci.* 25: 227–230.

Al Sarai Al Alawi M. 2015. Studies on the control of dubas bug, *Ommatissus lybicus* De Bergevin (Homoptera: Tropiduchidae), a major pest of date palm in the Sultanate of Oman. Thèse doctorale, Imperial College London, U.K.

Andow D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 561–586.

Anwar R., Syed S.A., Hussain Z., Ahmad S. 2005. Present scenario and future prospects of date industry. Pp. 299–309 dans Malik et al. (eds.). *Proceedings of the International Conference on Mango and Date Palm: Culture and Export, 20–23 June 2005, University of Agriculture, Faisalabad*.

Asche M., Wilson M.R. 1989. The plam-feeding planthopper genus *Ommatissus* (Homoptera: Fulgoroidea: Tropiduchidae). *Syst. Entomol.* 14: 127–147.

Awadallah, A. M., Azab, A. K., El-Nahal, A. K. 1970. Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera-Rhopalocera:Lycaenidae). *Bull. Soc. Entomol. Egypte.* 54: 545–567.

Awaleh M. 1990. Les caractéristiques de la phoeniciculture djiboutienne et ses perspectives de développement. *Options Méditerranéennes. Série A:55–57*.

- Azhar B., Puan C.L., Zakaria M., Hassan N., Arif M. 2014. Effects of monoculture and polyculture practices in oil palm smallholdings on tropical farmland birds. *Basic & Appl. Ecol.* 15: 336–346.
- Barbosa P., Hines J., Kaplan I., Martinson H., Szczepaniec A., Szendrei Z. 2009. Associational resistance and associational susceptibility: Having right or wrong neighbors. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40: 1–20.
- Bartlett C., Adams E., Gonzon A. 2011. Planthoppers of Delaware (Hemiptera, Fulgoroidea), excluding Delphacidae, with species incidence from adjacent States. *ZooKeys.* 83: 1–42.
- Basset Y. 1988. A composite interception trap for sampling arthropods in tree canopies. *J. Austral Entomol.* 27: 213–219.
- Ben Abdallah A. 1990. La phoeniciculture. *Option Méditerranéennes, Série A.* 11: 105–120.
- Benchelah A.-C., Maka M. 2008. Les dattes: intérêt en nutrition. *Phytothérapie* 6:117– 121.
- Bensalah M.K., Ouakid M.L. 2016. Test for biological control of the moth dates *Apomyelois ceratoniae* Zeller, 1839 (Lepidoptera: Pyralidae) by the use of *Phanerotoma flavitestacea* Fisher (Hymenoptera: Braconidae) and *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in controlled conditions.
- Bernays E.A., Chapman R.F. *Host-Plant Selection by Phytophagous Insects.* Springer-Verlag US. 312 pp.
- Bianchi F.J.J.A, Booij C.J.H, Tscharrntke T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 273: 1715–1727.
- Blumberg D. 2008. Review: Date palm arthropod pests and their management in Israel. *Phytoparasitica.* 36: 411–448.
- Bouka H., Chemseddine M., Abbassi M., Brun J. 2001. La pyrale des dattes dans la région de Tafilalet au Sud-Est du Maroc. *Fruits* 56(3): 189–196.
- Bounaga N., Djerbi M. 1990. Pathologie du palmier dattier. Pp. 127–132 dans Dollé V., Toutain G. (eds.). *Les systèmes agricoles oasiens.* CIHEAM: Montpellier.

Boutaleb J., Chouibani M., Khalki, Y. Y., Rahel M.A., Bouabid N. 2013. Amélioration de la technique de piégeage et essais de lutte chimique contre le charançon rouge du palmier à Tanger-Maroc. *AFPP-Colloque méditerranéen sur les ravageurs des palmiers. Nice – 16, 17 et 18 janvier 2013.*

Bozbuga R., Hazir A. 2008. Pests of the palm (Palmae sp.) and date palm (*Phoenix dactylifera*) determined in Turkey and evaluation of red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 38: 127–130.

Bray J.R., Curtis J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325–349.

Brun J. 1990. Équilibre écologique et lutte biologique : les ravageurs du palmier dattier. Les moyens de lutte contre la cochenille blanche. Pp. 271–274 dans : Dollé V., Toutain G. (eds.). *Les systèmes agricoles oasiens.* CIHEAM : Montpellier.

Carpenter J.B., Elmer H.S. 1978. Pests and diseases of the date palm. *Agriculture Handbook Number 257.* United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

Castagneyrol B., Giffard B., Péré C., Jactel H., Sipes S. 2013. Plant apparency, an overlooked driver of associational resistance to insect herbivory. *J. Ecol.* 101: 418–429.

Chao C.T., Krueger R.R. 2007. The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): overview of biology, uses, and cultivation. *HortScience* 42: 1077–1082.

Chehma A., Longo H.F. 2001. Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. *Rev. Energ. Ren. (Unesco) 2001; Numéro spécial Biomasse : Production et Valorisation* : 59–64.

Clergué B., Amiaud B., Plantureux S. 2004. Évaluation de la biodiversité par des indicateurs agri-environnementaux à l'échelle d'un territoire agricole. École Doctorale RP2E « Ingénierie des Ressources, Procédés, Produits et Environnement », Nancy, pp 56–63.

Daher A. 2010. Détermination du sexe chez le palmier dattier: approches histo-cytologiques et moléculaires. Thèse doctorale. Université Montpellier 2, Montpellier, France.

Daher A., Mohamed N., Aberlenc-Bertossi F. 2015. Date palm status and perspective in Djibouti. Dans Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds.). *Date Palm Genetic Resources and Utilization*. Springer: Dordrecht.

Deguine J.P., Ferron P. 2004. Protection des cultures et développement durable. *Courrier de l'environnement de l'INRA*: 57–65.

Dennis P., Young M.R., Gordon I.J. 1998. Distribution and abundance of small insects and arachnids in relation to structural heterogeneity of grazed, indigenous grasslands. *Ecol. Entomol.* 23: 253–264.

Dhoubi M.H. 1982. Étude bioécologique d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) dans les zones presahariennes de la Tunisie. Thèse doctorale. Université Pierre et Marie Curie – Paris 6, Paris, France.

Dollé V., Peyron G. 2000. *Cultiver le palmier-dattier : guide illustré de formation*. CIRAD: Montpellier.

Dutuit P., Pourrat Y., Dodeman V.L. 1991. Stratégie d'implantation d'un système d'espèces adaptées aux conditions d'aridité du pourtour méditerranéen. Pp. 65-73 dans Demarly Y., Chalbi N. (eds.). *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. John Libbey Eurotext: Paris.

El Hadrami I., El Bellaj M., El Idrissi A., J'Aiti F., El Jaafari S., Daayf F. 1998. Biotechnologies végétales et amélioration du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), pivot de l'agriculture oasienne marocaine. *Cah. Agric.* 7: 463–467.

El-Juhany L.I. 2010. Degradation of date palm trees and date production in Arab countries: Causes and potential. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 4: 3998–4010.

El-Mergawy R., Al-Ajlan A.M. 2011. Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier): Economic importance, biology, biogeography and integrated pest management. *J. Agric. Sci. Technol. A.* 1: 1–23.

El-Shafie H.A. 2012. Review: List of arthropod pests and their natural enemies identified worldwide on date palm, *Phoenix dactylifera* L. *Agric. Biol. J. N. Am.* 3:516–524.

- El-Shafie H.A.F., Mohammed M.E.A. 2016. Description and quantification of damage incurred by the longhorn date palm stem borer *Jebusaea hammerschmidti* Reiche, 1877 (Coleoptera: Cerambycidae) on date palm (*Phoenix dactylifera*, Linnaeus, 1753). *Int. J. Entomol. Res.* 4: 55–65.
- Erskine W., Moustafa A.T., Osman A.E., Lashine Z., Nejatian A., Badawi T., Ragy S.M. 2004. Date palm in the GCC countries of the Arabian Peninsula. *Proceeding of the Regional Workshop on Date Palm Development in the Arabian Peninsula, Abu Dhabi, UAE.*
- Erwin T.L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists' Bull.* 36: 74–75.
- Essarioui A., Ben-Amar H., Khoulassa S., Meziani R., Amamou A., Mokrini F. 2018. Gestion du Bayoud du palmier dattier dans les oasis marocaines. *Rev. Marocaines Sci. Agron. Veterinaires.* 6:537–543
- FAOstat. 2017. Dates de production mondiales. Disponible à <http://www.fao.org/faostat/fr/#compare>.
- Fatni, A. 2011. *Traitement par la chaleur des dattes*. Phyto-info Meknès-Tafilalet.
- Ferry M., Gómez S. 2002. The red palm weevil in the Mediterranean area. *Palms* 46(4): 172–178.
- Fisher B.L., Bolton B. 2016. *Ants of Africa and Madagascar*. University of California Press: Oakland, California.
- Garcia-Vallve S., Palau J., Romeu A. 1999. Horizontal gene transfer in glycosyl hydrolases inferred from codon usage in *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *Mol. Biol. Evol.* 16: 1125–1134.
- Gharbi N. 2010. Laboratory rearing of the pomegranate fruit butterfly *Virachola livia* on two host plants in Tunisia. *Tunis. J. Plant Prot.* 5: 195–199.
- Ghazali A., Asmah S., Syafiq M., Yahya M.S., Aziz N., Tan L.P., Norhisham A.R., Puan C.L., Turner E.C., Azhar B. 2016. Effects of monoculture and polyculture farming in oil palm smallholdings on terrestrial arthropod diversity. *J. Asia-Pac. Entomol.* 19: 415–421.

- Gray J.S., 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250: 23–49.
- Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Margareta Tengberg, Pintaud J.-C., Terral J.-F. 2013. Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.): État de l’art et perspectives d’étude. *Rev. d’ethnoécologie.* 4: 1–15.
- Guessoum M. 1986. Approche d’une étude bio-écologique de l’acarien *Oligonychus afrasiaticus* (Boufaroua) sur palmier dattier. *Ann. Inst. Natl. Agron. – El Harrach Alger.* 10: 153–166.
- Haddad N.M., Tilman D., Haarstad J., Ritchie M., Knops J.H. 2001. Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: A field experiment. *Am. Nat.* 158: 17–35.
- Haddad N.M., Crutsinger G.M., Gross K., Haarstad J., Tilman D. 2011. Plant diversity and the stability of foodwebs. *Ecol. Letters* 14: 42–46.
- Hadjeb A., Mehaoua M.S., Ouakid M.L. 2016. Toxic effects of spinosad (bioinsecticide) on larval instars of date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) under controlled conditions. *Cour. Savoir.* 21:47–52.
- Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörrén T., Goulson D., Kroon H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12: 1– 21.
- Hakkou A., Chakroune K., Souna F., Bouakka M. 2010. La fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud) : Méthodes de lutte. :39.
- Harhash M., Mourad A.K., Hammad S.M. 2003. Integrated crop management of the lesser date moth *Batrachedra amydraula* Meyr. (Lepidoptera: Cosmopteridae) infesting some date-palm varieties in Egypt. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 68: 209–221.
- Harrak H., Hamouda A., Boujnah M., Gaboune F. 2005. Teneur en sucres et qualités technologique et nutritionnelle des principales variétés de dattes marocaines. Pp. 108–115 dans Bou Ianouar B. et Kradi C. (eds.). *Actes du Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens du 08 au 10 mars 2005, Erfoud, Maroc.*

- Hassan N., Thuraya A., Al-Buraidi F.H. 1986. A list of date palm pests and their economic importance in Saudi Arabia. *Proceedings of the 2nd Symposium on the date palm in Saudi Arabia*, March 3–6. 2: 345–356.
- Hazir A., Buyukozturk H.D. 2013. *Phoenix* spp. and other ornamental palms in Turkey: The threat from red palm weevil and red palm scale insects. *Emirates J. Food Agric.* 35(11): 843–845.
- Hertzog L.R. 2017. Plant diversity impacts on arthropod communities and arthropod-mediated processes. Thèse doctorale, Technischen Universität München, Munich, Germany. 74 pp.
- Howard F.W., Moore D., Giblin-Davis R.M., Abad R.G. (eds.). 2001. *Insects on Palms*. CABI, Wallingford, UK. 400 pp.
- Hussain A.A. 1963. Biology and control of the dubas bug, *Ommatissus lybicus* de Berg. (Homoptera, Tropiduchidae), infesting date palm in Iraq. *Bull. Entomol. Res.* 53: 737–745.
- Idder M.A., Pintureau B., Idder Ighili. H., Bouameur Saggou. H. 2015. Dynamique des populations et nombre de générations de la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ. du palmier dattier dans la région de Ouargla. *ElWahat Pour Rech. Etudes.* 8(1): 1–10.
- Iperti G. 1970. The way to control the white scale of date palms: *Parlatoria blanchardi* Targ. *Awamia* 35: 105–118.
- Jactel H., Goulard M., Menassieu P., Goujon G. 2002. Habitat diversity in forest plantations reduces infestations of the pine stem borer *Dioryctria sylvestrella*. *J. Appl. Ecol.* 39: 618–628.
- Jactel H., Brockerhoff E.G. 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecol. Letters* 10: 835–848.
- Jassim H.K. 2007. Studies on the biology of date palm dubas bug, *Ommatissus lybicus* (De Bergevin) Ashe and Wilson (Homoptera: Tropiduchidae) and its biocontrol by some isolates of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuil and *Lecanicillium* = *Verticillium*) *lecanii* (Zimm.) Zare and Oami. Thèse doctorale. College of Agriculture, Baghdad University, Iraq.
- Joern A., Laws A.N. 2013. Ecological mechanisms underlying arthropod species diversity in grasslands. *Ann. Rev. Entomol.* 58: 19–36.

Johnson N.F., Triplehorn C. 2004. *Borrer and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Thompson Brooks/Cole.

Julia J.F., Mariau D. 1982. Deux espèces de *Sogatella* (Homoptère Delphacidae) vectrices de la maladie de la pourriture sèche du coeur des jeunes cocotiers en Côte-d'Ivoire. *Oléagineux* 37, 517–520.

Khalaf M.Z., Al-Taweel A.A. 2015. Palm borers in Iraqi environment: Species- damages- methods of control. *J. Blessed Tree* 7(1): 54–64.

Khalaf M.Z., Alrubeai H.F. 2016. Chemical control of date palm tree borers, *Oryctes* species (Coleoptera: Scrabidae: Dynastinae). *Pak. Entomol.* 38: 1–5.

Khalaf M.Z. 2018. Entomopathogenic nematode *Rhabditis blumi* Sudhaus as biocontrol agent against palm borers and other pests. *Technical Report, Chief Scientific Researchers*.

Khatri I., Rustamani M.A., Wagan M.S., Nizamani S.M. 2011. Two economically important leafhoppers *Cicadulina bipunctata* (Melichar) and *Balclutha incisa* (Matsumura) (Hemiptera: Cicadellidae: Deltocephalinae: Macrostelini) from Tando Jam, Pakistan. *Pak. J. Zool.* 43: 747–750.

Khoualdia O., Rhouma A., Bel Hadj R., Alimi E., Fallah H., Kreiter P., Lenfant C., Brun J. 2001. Lutte biologique contre un acararien ravageur des dattes. Essai d'utilisation de *N californicus* contre *O. afrasiaticus* dans les palmeraies du Djerid (sud tunisien). *Phytoma, la défense des végétaux* 540: 30–31.

Kinawy M.M., Arissian M., Guillon M. 2015. First field evaluation of mass trapping system for males of the lesser date moth *Batrachedra amydraula* (Meyrick) (Lepidoptera: Batrachedridae) in sultanate of Oman. *Int. J. Agric. Res. Rev.* 3: 223–232.

Klein, M., Venezian, A. 1985. The dubas date tropiduchid, *Ommatissus binotatus lybicus*, a threat to date palms in Israel. *Phytoparasitica.* 13: 95–96.

Kneyta M.K.S., Doubeau S. 2010. Le palmier dattier en Mauritanie. *Biotechnologies du palmier dattier*: 65–72.

Knops J.M.H., Tilman D., Haddad N.M., Naeem S., Mitchell C.E., Haarstad J., Ritchie M.E., Howe K.M., Reich P.B., Siemann E., Groth J. 1999. Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecol. Lett.* 2: 286–293.

Krooss S., Schaefer M. 1998. The effect of different farming systems on epigeic arthropods: a five-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat. *Agric. Ecosyst. Environ.* 69: 121–133.

Ksentini I., Jardak T., Zeghal N. 2011. First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera: Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 41(2): 178–182.

Kumashiro S., Matsukura K., Ogawa R., Matsumura M., Tokuda M. 2014. Occurrence of *Cicadulina bipunctata* (Hemiptera: Cicadellidae) in southwestern Shikoku, Japan and comparisons of gall-inducing ability between Kyushu and Shikoku populations. *Appl. Entomol. Zool.* 49: 325–330.

Laudeho Y., Benassy C. 1969. Contribution à l'étude de l'écologie de *Parlatoria blanchardi* Targ. en Adrar mauritanien. *Fruits* 24: 273–287.

Leavengood J.M., Bartlett C.R., Vitanza-Hedman S. 2017. First reports of six planthoppers (Hemiptera: Fulgoroidea: *Tagosodes*, *Delphacodes*, *Pareuidella*, *Nilaparvata*, *Asarcorpus*, *Bruchomorpha*) in Texas. *Entomol. News.* 127: 215–229.

Lebdi-Grissa K., Ben Ayed N. 2005. Lutte biologique contre *Ectomyeloides ceratoniae*, sur grenadier par des lachers de *Trichogramma cocaeciae*. 7^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier, 26–27 octobre.

Lepesme P. 1947. *Les insectes des palmiers*. Paul Lechevalier: Paris. 903 pp.

Letourneau D.K. 1986. Associational resistance in squash monocultures and polycultures in tropical Mexico. *Environ. Entomol.* 15: 285–292.

Letourneau D.K., Armbrrecht I., Rivera B.S., Lerma J.M., Carmona E.J., Daza M.C., Escobar S., Galindo V., Gutiérrez C., López S.D., Mejía J.L., Rangel A.M.A., Rangel J.H., Rivera L., Saavedra C.A., Torres A.M., Trujillo A.R. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecol. Appl.* 21: 9–21.

- Levi-Zada A., Sadowsky A., Dobrinin S., David M., Ticuchinski T., Fefer D., Greenberg A., Blumberg D. 2013. Reevaluation of the sex pheromone of the lesser date moth, *Batrachedra amydraula*, using autosampling SPME-GC/MS and field bioassays. *Chemoecology*. 23: 13–20.
- Liu J.-L., Ren W., Zhao W.-Z., Li F.-R. 2018. Cropping systems alter the biodiversity of ground- and soil-dwelling herbivorous and predatory arthropods in a desert agroecosystem: Implications for pest biocontrol. *Agric. Ecosyst. Environ.* 266: 109–121.
- Lowman M. 1985. Temporal and spatial variability in insect grazing of the canopies of five Australian rainforest tree species. *Australian J. Ecol.* 10: 7–24.
- Lu Z.-X., Zhu P.-Y., Gurr G.M., Zheng X.-S., Read D.M.Y., Heong K.-L., Yang Y.-J., Xu H.-X. 2014. Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests: Prospects for enhanced use in agriculture. *Insect Science*. 21(1): 1–12.
- MAPERH. 2011. Programme National de Sécurité Alimentaire (PNSA): FAO: Rome. 191 pp.
- Mariani R., Marino de Remes Lenicov A.M. 2018. A new species of *Sogatella* (Hemiptera: Delphacidae) from temperate Argentina. *Rev. Bras. Entomol.* 62: 77–81.
- Marshall S.A. 2017. *Insects: Their Natural History and Diversity: With a Photographic Guide to Insects of Eastern North America*. Firefly Books: Buffalo, New York.
- Martinez M. 2013. Insectes–Phytophagie. Ephytia. INRAE. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/7507/Info-Insectes-Phytophagie>
- Mazza G., Arizza V., Baracchi D., Barzanti G.P., Benvenuti C., Francardi V., Frandi A., Gherardi F., Longo S., Manachini B., Perito B., Rumine P., Schillaci D., Turillazi S., Verco R. 2011. Antimicrobial activity of the red palm weevil *Rhychophorus ferrugineus*. *Bull. Insectology* 61(1): 33–41.
- MERN. 2014. Djibouti : le secteur primaire en hausse de 5 % en 2014 (papier général).
- Mkaouar R., Dhahri S., Ben Jamaa M.L. 2016. Some biological aspects of *Virachola livia* on *Acacia farnesiana* in the South of Tunisia. *Turkish J. For.* 17(special issue): 48–50.

- Mohamed N.A. 2010. Le développement du palmier dattier en République de Djibouti. Biotechnologie du palmier dattier. Pp 55–64 dans : Aberlenc-Bertossi (ed.). *Biotechnologies du palmier dattier*: IRD Édition: Paris.
- Mokhtar A.M., Al Nabhani S.S. 2010. Temperature-dependent development of dubas bug, *Ommatissus lybicus* (Hemiptera: Tropiduchidae), an endemic pest of date palm, *Phoenix dactylifera*. *Eur. J. Entomol.* 107: 681.
- Munier P. 1973. *Le palmier-dattier*. Maisonneuve & Larose: Paris.
- Negm M.W., Alatawi F.J., Aldryhim Y.N. 2014. Biology, predation, and life table of *Cydnoseius negevi* and *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on the old world date mite, *Oligonychus afrasiaticus* (Acari: Tetranychidae). *J. Insect Sci.* 14: 177–177.
- Ødegaard F. 2000. How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biol. J. Linn. Soc.* 71(4): 583–597.
- Palevsky E., Ucko O., Peles S., Yablonski S., Gerson U. 2004. Evaluation of control measures for *Oligonychus afrasiaticus* infesting date palm cultivars in the Southern Arava Valley of Israel. *Crop Protection* 23: 387–392.
- Pintaud J.-C., Zehdi S., Couvreur T., Barrow S., Henderson S., Aberlenc-Bertosi F., Tregear J.W., Billotte N. 2010. Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). pp. 267–286 dans: Seberg O., Petersen G., Barfod A., Davis J. (eds.). *Diversity, Phylogeny, and Evolution in the Monocotyledons*. Aarhus University Press: Denmark.
- Plath M., Mody K., Potvin C., Dorn S. 2011. Establishment of native tropical timber trees in monoculture and mixed-species plantations: Small-scale effects on tree performance and insect herbivory. *For. Ecol. Manag.* 261: 741–750.
- Rezaei Azqandi S., Kazazi M., Abdul Ahadi F. 2015. *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep., Pyralidae) and its control procedures in Iran. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 5: 743–747.
- Root R.B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.* 43: 95–124.

Ross H., Michael C. Thomas, Skelley P.E., Frank J.H. 2002. *American Beetles, Volume II. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*. CRC Press: Boca Raton, Florida.

Russo, L., Stehouwer, R., Heberling, J. M., Shea, K. 2011. The composite insect trap: An innovative combination trap for biologically diverse sampling. *PLoS ONE* 6(6): e21079.

Sama G., Buse J., Orbach E., Friedman A., Rittner O., Chikatunov, V. 2010. A new catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of Israel with notes on their distribution and host plants. *Munis Entomol. Zool.* 5: 1–50.

Sarfraz H., Khuda B., Zulfiqar A.G., Asif M., Waseem A. 2006. Economics of growing date palm in Punjab, Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology* 8: 788–792.

Schoonhoven L.M., van Loon J.J.A., Dicke, M. 2005. *Insect Plant Biology*. Oxford University Press, Oxford. 421 pp.

Sedra M.H. 2003. *Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc techniques phoéniciques et création d'oasis*. INRA Editions: Rabat.

Shah A., Ata-ul-Mohsin, Naeem M., Nasir M.F., Irfan-ul-Haq M., Hafeez Z. 2012. Biology of dubas bug, *Ommatissus lybicus* (Homoptera: Tropiduchidae), a pest on date palm during spring and summer seasons in Panjgur, Pakistan. *Pak. J. Zool.* 44(6): 1603–1611.

Shayesteh, N., Marouf, A., Amir-Maafi, M. 2010. Some biological characteristics of the *Batrachedra amydraula* Meyrick (Lepidoptera: Batrachedridae) on main varieties of dry and semi-dry date palm of Iran. *10th Int. Work. Conf. Stored Prod. Prot.*: 151–155.

Sohn J.-C., Park K.-T., Lee S.K., Cho S. 2009. A taxonomic review of the genus *Batrachedra* (Lepidoptera: Gelechioidea: Batrachedridae) in Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 12: 101–105.

Soltani R. 2010. The rhinoceros beetle *Oryctes agamemnon arabicus* in Tunisia: current challenge and future management perspectives. *Tunisian J. Plant Prot.* 5(2): 179–93.

Soltani R. 2014. Observations on the biology and the ecology of *Oryctes agamemnon arabicus*, a pest of date palm tree in southwest Tunisia. *Tunisian J. Plant Prot.* 9(2): 131–142.

Soroker V., Suma P., La Pergola A., Cohen Y., Alchanatis V., Golomb O., Goldshtein E., Hetzroni A., Galazan L., Kontodimas D., Pontikakos C., Zorovoc M., Brandstetter M. 2013. Early detection

and monitoring of red palm weevil: Approaches and challenges. AFPP-Palm Pest Mediterranean Conference, Nice, France. 16-18 January, 2013.

Stoner K.J.L., Joern A. 2004. Landscape vs. local habitat scale influences to insect communities from tallgrass prairie remnants. *Ecol. Appl.* 14: 1306–1320.

Stork N.E. 2018. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Ann. Rev. Entomol.* 63: 31–45.

Tokuda M., Matsumura M. 2005. Effect of temperature on the development and reproduction of the maize orange leafhopper *Cicadulina bipunctata* (Melichar) (Homoptera: Cicadellidae). *Appl. Entomol. Zool.* 40: 213–220.

Toutain G. 1967. Le palmier dattier : culture et production. *Al Awamia* 25: 85–151.

Tscharntke T., Brandl R. 2004. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annu. Rev. Entomol.* 49: 405–430.

Turner E.C., Foster W.A. 2009. The impact of forest conversion to oil palm on arthropod abundance and biomass in Sabah, Malaysia. *J. Trop. Ecol.* 25: 23–30.

USAID. 2012. Djibouti Mise à jour de la Sécurité Alimentaire. *Famine Early Warning System Network*, Septembre 2012.

Warner R.L., Barnes M.M., Laird E.F., Lanham M.D. 1990. Chemical control of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera.: Pyralidae), and various nitidulid beetles (Coleoptera) on ‘Deglet Noor’ dates in California. *J. Econ. Entomol.* 83: 2357–2361.

Wickramasinghe L.P., Harris S., Jones G., Vaughan Jennings N. 2004. Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: Effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conserv. Biol.* 18:1283–1292.

Zaid A., Wet P.E., Djerbi M., Oihabi A. 2002. Diseases and pests of date palm. Dans : Zaid A., Arias-Jiménez E.J. (eds.). *Date palm cultivation, FAO Plant Production and Protection Paper 156 Rev. I.* Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.

Zohary D., Hopf M., Weiss E. 2012. *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Fourth Edition. Oxford University Press: Oxford.

Zouba A., Chermiti B. 2015. Première estimation des dégâts causés par *Virachola livia* Klug (Lepidoptera: Lycaenidae) sur palmier dattier en Tunisie. *Conférence: Premier Symposium National sur la Protection Intégrée des Plantes, Sousse, Tunisie*.

Annexes

Tableau 8. Les insectes et les acariens phytophages du palmier dattier

Ordres (classe)	Familles	Espèces	Organe attaqué
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Zeller, 1839)	Fruits matures
		<i>Cadra cautella</i> (Walker, 1863)	Fruits
		<i>Arenipses sabella</i> Hampson ex Ragonot, 1901	Inflorescences, rachies, folioles, et fruits
	Cosmopterygidae	<i>Batrachedra amydraula</i> Meyrick, 1916	Fruit
	Lycaenidae	<i>Virachola livia</i> (Klug, 1834)	Fruit
	Castiniidae	<i>Paysandisia archon</i> (Burmeister, 1880)	Bases des palmes et stipe
Hemiptera	Diaspididae	<i>Parlatoria blanchardi</i> (Targioni-Tozzetti, 1892)	Folioles, palmes, et fruits
		<i>Chrysomphalus aonidum</i> (Linnaeus, 1758)	
		<i>Parlatoria oleae</i> (Colvée, 1880)	
		<i>Aspidiotus destructor</i> Signoret, 1869	
		<i>Aonidiella orientalis</i> (Newstead, 1894)	Folioles
		<i>Fiorinia linderæ</i> Takagi, 1970	Folioles
		<i>Parlatoria crypta</i> McKenzie, 1943	Folioles, rachies, et palmes
	Margarodidae	<i>Pseudaspidopectus</i> <i>hyphaeniacus</i> (Hall, 1925)	Palmes
	Pseudococcidae	<i>Maconellicoccus hirsutus</i> (Green, 1908)	Racines des rejets

	Phoenicococcidae	<i>Phoenicococcus marlatti</i> Cockerell, 1899	Folioles et les palmes des rejets
	Asterolecaniidae	<i>Palmaspis phoenicis</i> (Ramachandra Rao, 1922)	
	Tropiduchidae	<i>Ommatissus lybicus</i> de Bergevin, 1930	Folioles et fruits
	Aphididae	<i>Cerataphis brasiliensis</i> (Hempel, 1901)	Palmes et fruits
		<i>Schizaphis rotundiventris</i> (Signoret, 1860)	Folioles
		<i>Hysteroneura setariae</i> (Thomas, 1878)	
Coleoptera	Bostrychidae	<i>Apate monachus</i> Fabricius, 1775	Palmes
		<i>Phonapate frontalis</i> (Fähræus, 1871)	Base des palmes et base des inflorescences
	Curculionidae	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> (Olivier, 1790)	Base du stipe
		<i>Coccotrypes dactyliperda</i> (Fabricius, 1801)	Inflorescences mâles et fruits
		<i>Derelomus antonioui</i> Alziar, 2007	Inflorescence mâles
	Scarabaeidae	<i>Oryctes agamemnon arabicus</i> Fairmaire, 1896	Palmes vertes, racines, et collé
		<i>Oryctes elegans</i> Prell, 1914	Stipe, rachis, base des palmes
		<i>Onitis alexis</i> Klug, 1835	
	Cerambycidae	<i>Jebusaea hammerschmidtii</i> Reiche, 1877	Intérieur du tronc
	Caliscelidae	<i>Asarcopus palmarum</i> Horváth, 1921	Base des inflorescences, base des palmes, et rachis
	Dynastidae	<i>Pentodon algerinus</i> (Füssly, 1778)	Base des inflorescences, base des palmes, et rachis
	Nitidulidae	<i>Carpophilus hemipterus</i> (Linnaeus, 1758)	Fruits
		<i>Urophorus humeralis</i> (Fabricius, 1798)	Fruits

Trombidi- formes (Arachnida)	Tetranychidae	<i>Oligonychus afrasiaticus</i> (McGregor, 1939)	Fruits et rachis	
		<i>Eutetranychus palmatus</i> Attiah, 1967	Fruits et folioles	
Prostigmata (Arachnida)	Tenuipalpidae	<i>Raoiella indica</i> (Hirst, 1924)	Folioles	
		<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes, 1936)	Bases des folioles et fruits	
Diptera	Phytoptidae	<i>Mackiella phoenicis</i> Keifer, 1939	Palmes centrales et fibriums	
		Tephritidae	<i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel, 1912)	Fruits
			<i>Bactrocera cucurbitae</i> (Coquillett, 1899)	Fruits
	Drosophilidae	<i>Bactrocera tryoni</i> (Froggatt, 1897)	Fruits	
		<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen, 1830	Fruits	
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes olivaceus</i> (Degeer, 1773)	Fruits et fleurs mâles	
		<i>Vespa orientalis</i> Linnaeus, 1771	Fleurs mâles	
Isoptera	Termitidae	<i>Microtermes najdensis</i> Harris, 1964	Base des bractées et racines	
		<i>Microcerotermes diversus</i> Silvestri, 1920		
Orthoptera	Acrididae	<i>Schistocerca gregaria</i> (Forsskål, 1775)	Folioles, inflorescences, et fruits	
		<i>Anacridium aegyptium</i> (Linnaeus, 1764)	Folioles, inflorescences, et fruits	
	Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (Linnaeus, 1758)	Racines	
Thysanoptera	Thripidae	<i>Holarthothrips</i> <i>jambudvipae</i> (Ramakrishna, 1928)	Inflorescences	

Tableau 9. Inventaire des arthropodes, en nombres d'individus, en fonction du type de palmeraie
(monoculturale–M; traditionnelle–T)

Parcelle / ordre	Site 1		Site 2		Site 3		Total
	Damerjog	Douda	Doudoubalala	Mouloud	Ambabo	Saggalou	
	M	T	M	T	M	T	
Araneae	50	77	51	51	56	57	342
Opiliones	5	0	0	1	7	2	15
Pseudoscorpiones	2	0	0	0	3	1	6
Solifugae	7	2	3	5	7	11	35
Scorpiones	0	0	0	0	3	0	3
Trombidiformes	52	137	19	170	0	92	470
Blattodea	240	108	0	29	32	222	631
Coleoptera	175	357	143	260	350	450	1 735
Diptera	196	206	550	453	1 061	1 122	3 588
Embioptera	62	22	45	53	121	239	542
Hemiptera	143	147	252	142	194	205	1 083
Hymenoptera	327	479	271	455	279	453	2 264
Isoptera	0	15	32	419	88	49	603
Isopoda	7	66	0	0	0	7	80
Lepidoptera	306	193	416	398	274	334	1 921
Mantodea	38	6	0	0	12	1	57
Neuroptera	5	15	13	16	11	14	74
Orthoptera	2	3	0	4	8	0	17
Thysanoptera	1	0	4	10	13	2	30
Collembola	150	200	240	350	228	332	1 500
Total	1 768	2 033	2 039	2 816	2 747	3 593	14 996



Figure 30. La récolte des spécimens (A) et le ravitaillement des pièges composés (B)



Figure 31. Échantillons (A) et tri des spécimens au laboratoire de l'ISV du CERD (B)



Figure 32. La conservation des insectes dans l'éthanol 75 %