

La République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD-TLEMCEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

**Département d'Ecologie et Environnement**

*Laboratoires de recherche*

“Technologies douces, valorisation, physico-chimie des matériaux biologiques et biodiversité”

“Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique”

**THESE**

Présentée par

**OUAHAB Youssouf**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de Doctorat es sciences**

En Ecologie et Environnement

Option : Ecologie Animale

**Thème**

**Approche Bioécologique des Apoïdes dans la région nord-ouest de l'Algérie.**

Soutenu le : 16/11/2023, devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> . BENGUEDDA W.	M.C.A. (UABT)	Présidente
M <sup>me</sup> BENDIFALLAH L.	Professeur (UMBB)	Directrice de thèse
Mr. RASMONT P.	Professeur (U. Mons -Belgique)	Co-directeur de thèse
Mr. DJAZOULI Z.	Professeur (USDB1)	Examineur
Mr. HASSANI F.	Professeur (UABT)	Examineur

# Remerciements

Au Nom d'ALLAH Le Miséricordieux et Le Clément

Louange à Allah, Seigneur des univers de m'avoir donné la faculté de penser, de raisonner et d'étudier.

Au terme de ce travail, il m'est agréable d'exprimer mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près comme de loin.

Tout d'abord, je voudrais remercier mes parents qui ont sacrifié leurs vies pour m'amener là où je suis maintenant, sans vous, je ne serais pas là. Merci.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame Leila Bendifallah, Professeur à l'Université M'hamed Bougara Boumerdes, pour avoir accepté de diriger ce travail. Qu'elle trouve ici ma reconnaissance pour sa patience, ses encouragements, son aide et ses précieux conseils.

Mes remerciements vont tout particulièrement à Monsieur Professeur Pierre Rasmont, Professeur à l'université de Mons, pour avoir accepté de co-diriger ce travail et qui m'a si gentiment guidé.

Je tiens également à remercier Monsieur Mohamed Ait Hammou, Docteur et chercheur à l'université de Tiaret, de m'avoir accepté dans son laboratoire et de m'avoir soutenu avec ses précieux conseils.

Je tiens à remercier Messieurs Francisco Javier Ortiz-Sanchez, Professeur à l'Université d'Almería en Espagne, Andreas Müller, Professeur à l'Institut des sciences agricoles, Biocommunication et Entomologie en Suisse, A. Dorchin, Docteur et Chercheur à l'Université de Mons et à l'African Museum de Tervueren, Thomas Wood, Docteur et chercheur associé à l'université de Mons et Alain Pauly, Docteur à l'institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique pour l'identification des espèces d'abeilles.

Je tiens à remercier vivement les membres du jury : Madame BENGUEDDA Wacila, Maître de Conférences A à l'Université de Tlemcen (Présidente); Monsieur DJAZOULI Zahreddine, Professeur à l'université de Blida 1 (Examineur); et Monsieur HASSANI Faiçal, Professeur à l'université de Tlemcen (Examineur). Je les remercie vivement de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger cette thèse. Je les remercie pour leur temps.

# SOMMAIRE

## Sommaire

### Introduction Générale

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Données générales sur les apoïdes ou Anthophila.....	006
I.2. Position systématique des apoïdes.....	007
I.3. Anatomie des apoïdes.....	007
I.3.1. Tête.....	008
I.3.2. Thorax.....	012
I.3.3. Abdomen.....	017
I.4. Croissance et développement des apoïdes de l'œuf à l'adulte.....	018
I.5. Ecologie des apoïdes.....	019
I.6. Nidification et stockage de nourriture.....	021
I.7. Pollinisation et relation plantes-apoïdes.....	026
I.8. Influence des facteurs climatiques sur les apoïdes.....	028
I.10. Importance économique des apoïdes.....	030
I.11. Familles Apiformes et leurs caractéristiques.....	031
I.12. Biogéographie des apoïdes.....	044

### Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Apoïdes en milieu naturel.....	045
II.1.1. Région d'étude.....	045
II.1.2. Echantillonnage et conservation des apoïdes.....	049
II.1.3. Identification des spécimens.....	050
II.1.4. Analyse des résultats.....	050
II.1.4. 1. Analyse statistique des résultats.....	052
II.2. Bioécologie des Apoïdes.....	053
II.2.1. Site d'étude.....	053
II.2.1. Méthodologie.....	054
II.3. Apoïdes en milieu agricole.....	056
II.3.1. Site d'étude.....	056
II.3.2. Méthodologie.....	057

## Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.1. Résultats de la Faune des Apoïdes en milieu naturel.....	059
III.1.1.1. Classification des Apoidea.....	059
III.1.1.2. Disponibilité des Apoidea à travers les trois sites d'étude.....	060
III.1.1.3. Composition de la faune des Apoidea.....	066
III.1.1.3.1. Composition de la faune des Apoidea globale dans les trois sites.....	066
III.1.1.3.2. Composition partielle de la faune des Apoidea par site d'étude.....	067
III.1.1.4. Phénologie des familles d'abeilles.....	071
III.1.1.5. Analyse des populations d'Apoidea par les indices écologiques de composition.....	072
III.1.1.5.1. Richesse totale ou spécifique.....	072
III.1.1.5.2. Richesse moyenne.....	073
III.1.1.5.3. Fréquence centésimale ou abondance relative (% N ind.).....	074
III.1.1.6. Analyse des populations d'Apoidea par les indices écologiques de structure.....	078
III.1.1.7. Traitement statistique des données.....	079
III.1.1.7.1. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) des apoïdes.....	079
III.1.2. Discussion de la faune des Apoïdes en milieu naturel.....	084
III.1.2.1. Composition de la faune d'Apoidea.....	084
III.1.2.2. Phénologie des familles apoïdes.....	086
III.1.2.3. Indices écologiques de composition.....	086
III.1.2.4. Indices écologiques de structure.....	087
III.1.2.5. Traitement statistique des données.....	087
III.2.1. Résultats de la bioécologie des apoïdes.....	088
III.2.1.1. Architecture du nid et comportement de nidification.....	088
III.2.1.2. Analyse du pollen.....	089
III.2.2. Discussion de la bioécologie des apoïdes.....	093
III.2.2.1. Architecture du nid et comportement de nidification.....	093
III.2.2.2. Analyse du pollen.....	094
III.3.1. Résultats de la contribution à l'étude des apoïdes en milieu agricole.....	096
III.3.2. Discussion de la contribution à l'étude des apoïdes en milieu agricole.....	099
<b>Conclusion générale et perspectives.....</b>	<b>102</b>

### Références bibliographiques

### Annexes

### Résumés

# *LISTE DES TABLEAUX*

<b>Tableau 1.</b> Espèces d'abeilles sauvages inventoriées dans les trois sites pendant la période d'étude.....	<b>059</b>
<b>Tableau 2.</b> Répartition des espèces d'abeilles sauvages dans les trois sites d'étude (1 – Présence ; 0 – Absence).....	<b>061</b>
<b>Tableau 3.</b> Richesse totale ou spécifique des abeilles dans chaque site d'étude.....	<b>073</b>
<b>Tableau 4.</b> Flore naturelle inventoriée durant la période d'étude.....	<b>073</b>
<b>Tableau 5.</b> Richesse moyenne des abeilles dans chacune des sites d'étude.....	<b>074</b>
<b>Tableau 6.</b> Fréquence centésimale ou abondance relative dans les trois stations (Ni = nombre d'individus d'abeilles ; A.R.= abondance relative ; ni = nombre total d'abeilles).....	<b>074</b>
<b>Tableau 7.</b> Les indices écologiques de structure pour les trois sites.....	<b>079</b>
<b>Tableau 8.</b> Pourcentages de la contribution à l'inertie totale des axes, et valeurs propres.....	<b>080</b>
<b>Tableau 09.</b> Occurrence des types de grains de pollen dans les nids d' <i>O. latreillei</i> .....	<b>092</b>
<b>Tableau 10.</b> Espèces d'abeilles sauvages inventoriées dans le verger d'amandier pendant la période d'étude 2019.....	<b>096</b>

# *LISTE DES FIGURES*



<b>Figure 1.</b> Morphologie générale du corps entier d'une abeille en vue latérale, <i>Ceratina gravidula</i> (Apidae). T1= tergite 1; S1= sternite 1.....	<b>008</b>
<b>Figure 2.</b> Morphologie générale de la tête en vues latérale et frontale, A : <i>Ceratina gravidula</i> (Apidae) et B : <i>Andrena vaga</i> (Andrenidae).....	<b>009</b>
<b>Figure 3.</b> Terminologie du proboscis d'une abeille à longue langue ( <i>Megachile aurifrons</i> ). (a) Proboscis entier, vue latérale ; (b) Proboscis entier, vue dorsale ; (c) Labium, vue ventrale.....	<b>011</b>
<b>Figure 4.</b> Terminologie du proboscis d'une abeille à langue courte (une femelle de <i>Lasioglossum mirandum</i> ). (A) Proboscis entier, vue ventrale ; (B) maxillaire, vue latérale (cardo enlevé ; la ligne brisée divise la galéa en une partie prépalpale relativement longue (b) et une partie postpalpale beaucoup plus courte (a)).....	<b>012</b>
<b>Figure 5.</b> Terminologie des parties du milieu du corps ou mésosoma (thorax + propodeum) de <i>Callohesma megachlora</i> . Les ailes ont été enlevées en (b).....	<b>013</b>
<b>Figure 6.</b> Nomenclature classique pour les nervures et les cellules des ailes de l'abeille <i>Ceratina gravidula</i> (Apidae).....	<b>014</b>
<b>Figure 7.</b> Patte postérieure gauche de <i>Bombus terrestris</i> (L.) femelle.....	<b>015</b>
<b>Figure 8.</b> Terminologie de certaines structures des pattes postérieures. (a-c) <i>Lasioglossum mirandum</i> , femelle : (a) patte entière, vue extérieure ; (b) tarse postérieur pour montrer le pécicillus (fléché) ; (c) apex du tarse en vue ventrale pour montrer l'arolium (fléché ; notez que l'arolium se trouve généralement sur toutes les pattes des deux sexes) ; (d, e) <i>Ctenocolletes ordensis</i> , femelle : (d) vue extérieure de toute la patte (sauf le coxa) ; (e) vue dorsale de l'apex du fémur et de la base du tibia ; (f) ouvrière de <i>Tetragonula</i> : vue extérieure de la patte arrière pour montrer l'emplacement du corbicula (fléché).....	<b>016</b>
<b>Figure 9.</b> Terminologie de certaines structures abdominales de la femelle de <i>Lipotriches australica</i> , vue latérale ; abdomen partiellement dégagé et étendu. Légende : gr, gradulus ; S1 S6, sternites ; sp, spiracle ; Dard, appareil piqueur ; T1-T6, tergites...	<b>017</b>
<b>Figure 10.</b> Genitalia mâle du genre <i>Bombus</i> en vue dorsale (gauche) et du genre <i>Andrena</i> en vue ventrale (droite).....	<b>018</b>
<b>Figure 11.</b> Cycle de vie d'une abeille solitaire typique au cours de l'année. Les adultes sont actifs pendant une courte période, au cours de laquelle ils émergent, s'accouplent, construisent et approvisionnent les nids, puis meurent. Les abeilles ont cinq stades larvaires qui se développent rapidement dans la cellule de couvain. Le dernier stade	

larvaire (la prépupa) subit une diapause prolongée qui peut durer presque toute l'année. La nymphose a lieu au début de la saison lorsque les conditions sont favorables, et les adultes émergent peu après.....	020
<b>Figure 12.</b> Nid d'une abeille ( <i>Peponapis pruinosa</i> ) montrant une femelle adulte creusant un tunnel latéral et quatre stades immatures (larves) dans des cellules de nid scellées.....	021
<b>Figure 13.</b> Architecture du nid de l'abeille minière <i>Andrena fulva</i> .....	023
<b>Figure 14.</b> Architecture du nid de l'abeille maçonne <i>Osmia lignaria</i> .....	024
<b>Figure 15.</b> Architecture du nid et construction des cellules de couvain chez les abeilles coupeuses de feuilles (Megachile : Megachilini : Megachilidae) : (a) nid intact avec trois cellules de couvain consécutives, tapissées de feuilles et (b) cellule de couvain partiellement ouverte avec des provisions de pollen/nectar et un œuf récemment pondu ( <i>Megachile rubi</i> ).....	024
<b>Figure 16.</b> Modes de nidification chez les Xylocopes et les Cératines. A, creusement de galerie dans le bois par le genre <i>Xylocopa</i> ; creusement de galerie dans une tige chez le genre <i>Ceratina</i> .....	025
<b>Figure 17.</b> Une abeille coucou " <i>sphecodes</i> sp." parasitant le nid d'une abeille hôte de la famille des Halictidae.....	026
<b>Figure 18.</b> Parties de la fleur où les abeilles doivent collecter et déposer le pollen pour une pollinisation réussie. (Illustration d'Andrew Mack, Washington State University)...	028
<b>Figure 19.</b> Phylogénie des Apoidea Apiformes basée sur la morphologie des adultes et le séquençage de 5 gènes. ....	032
<b>Figure 20.</b> Stenotritidae. (a) Vue de face du mâle de <i>Ctenocolletes albomarginatus</i> (notez les ocelles bas) ; (b) antenne de <i>Stenotritus greavesi</i> (F1 = premier segment long du flagelle, typique de la famille) ; (c, d) pièces buccales des femelles de <i>C. albomarginatus</i> et <i>S. greavesi</i> , respectivement (l'élévation basale du labrum est médialement indentée chez les espèces de <i>Stenotritus</i> mais pas chez les <i>Ctenocolletes</i> ) ; (e, f) éperons tibiaux postérieurs internes des femelles de <i>C. nicholsoni</i> et <i>S. greavesi</i> ; (g) aile antérieure de <i>Stenotritus</i> sp.....	034
<b>Figure 21.</b> Quelques caractères diagnostiques des Collitidae. A, tête de femelle du genre <i>Colletes</i> (glosse avec l'apex bifide, suture subantennaire simple) ; B, tête mâle du genre <i>Hylaeus</i> (glosse avec l'apex bifide, suture subantennaire simple, scape élargi, maculation sur la face) ; C, aile antérieure du genre <i>Colletes</i> avec la seconde nervure	

récurrence en forme de S.....	035
<b>Figure 22.</b> Quelques caractères diagnostiques des Andrenidae: A, tête d'une femelle du genre <i>Panurgus</i> avec une glosse courte et pointue, des sutures subantennaires doubles et de petites fovéas ; B, tête d'une femelle du genre <i>Andrena</i> avec des fovéas faciales très développés ; C, aile antérieure du genre <i>Panurgus</i> avec deux cellules submarginales ; D, aile antérieure du genre <i>Andrena</i> avec trois cellules submarginales.	037
<b>Figure 23.</b> Halictidae. Quelques caractéristiques du genre <i>Halictus</i> dans la région ouest paléarctique. a: Coloration noire brun ou noir, sans reflets métalliques ( <i>Halictus</i> sp.), b: Bords apicaux des tergites avec des bandes de pubescence feutrée, c: nervure externe (2r-m) de la troisième cellule submarginale des ailes antérieures aussi forte que la nervure Rs ( <i>Halictus</i> sp.), d: Antennes avec tous les articles brun noir à noir au dessus ( <i>Halictus scabiosae</i> ), e: bandes apicales des tergites ocracées ; tarsi des pattes intermédiaires avec des soies moins longues ( <i>Halictus scabiosae</i> ) .....	038
<b>Figure 24.</b> Ailes des Melittidae (a, b, Melittinae ; c, d, Dasypodainae). a, <i>Melitta leporina</i> ; b, <i>Macropis europaea</i> ; c, <i>Hesperapis pellucida</i> ; d, <i>Dasypoda panzeri</i> .....	039
<b>Figure 25.</b> Caractéristiques des Megachilidae : A, metasoma (forme triangulaire chez le genre <i>Coelioxys</i> ) ; B, nervation de l'aile antérieure avec deux cellules submarginales ( <i>Osmia cornuta</i> ) ; C, tête avec un labre allongé et des mandibules généralement bien développées ( <i>Hoplitis adunca</i> ) .....	042
<b>Figure 26.</b> Quelques caractères diagnostiques de la famille des Apidae : A, langue longue ; B, nervation de l'aile antérieure avec la nervure basale relativement longue par rapport à la nervure cubitale (uniquement chez les espèces à trois cellules submarginales) ; C, corbeille de la patte postérieure (uniquement chez les genres <i>Apis</i> et <i>Bombus</i> .....	042
<b>Figure 27.</b> Caractéristiques du genre <i>Thyreus</i> (basé sur <i>T. waroonensis</i> ). (a) Vue ventrale de la tête (notez que le clypeus se plie latéralement autour d'un grand labrum exposé) ; (b) vue dorsale du corps montrant les taches de poils caractéristiques ; (c) vue dorsale de la tête et du thorax (abdomen enlevé pour mieux montrer le scutellum en forme de tablette qui se projette vers l'arrière) ; (d) aile antérieure.....	043
<b>Figure 28.</b> Situation géographique de la région d'étude.....	046
<b>Figure 29.</b> Le site de Lalla Setti.....	047
<b>Figure 30.</b> Le site de Moutas.....	048
<b>Figure 31.</b> Le site d'Ain Beni Add .....	049

<b>Figure 32.</b> Site d'étude situé au Centre National de Développement des Ressources Biologiques à El Bayadh, à l'ouest de l'Algérie.....	<b>053</b>
<b>Figure 33.</b> Nids de piégeage faits de morceaux de roseaux de différentes dimensions [longueur (18-194 mm), diamètre (7-11 mm)], fixés horizontalement sur les murs des bâtiments du site d'étude.....	<b>054</b>
<b>Figure 34.</b> Situation géographique du site d'étude.....	<b>056</b>
<b>Figure 35.</b> Le verger d'amandiers en pleine floraison.....	<b>057</b>
<b>Figure 36.</b> Capture des abeilles en utilisant les sacs en plastique.....	<b>058</b>
<b>Figure 37.</b> Capture des abeilles à l'aide du filet entomologique.....	<b>058</b>
<b>Figure 38.</b> Abondance des apoïdes par famille.....	<b>066</b>
<b>Figure 39.</b> Composition spécifique des apoïdes par famille.....	<b>067</b>
<b>Figure 40.</b> Abondance des apoïdes par famille dans le site de Lalla Setti.....	<b>068</b>
<b>Figure 41.</b> Abondance des apoïdes par famille dans le site d'Ain Beni Add.....	<b>068</b>
<b>Figure 42.</b> Abondance des apoïdes par famille dans le site de Moutas.....	<b>069</b>
<b>Figure 43.</b> Composition spécifique des apoïdes par famille dans le site de Lalla Setti....	<b>070</b>
<b>Figure 44.</b> Composition spécifique des apoïdes par famille dans le site d'Ain Beni Aad	<b>070</b>
<b>Figure 45.</b> Composition spécifique des apoïdes par famille dans le site de Moutas.....	<b>071</b>
<b>Figure 46.</b> Phénologie des familles d'apoïdes.....	<b>072</b>
<b>Figure 47.</b> Carte factorielle de la matrice présence-absence des espèces d'abeilles dans les trois sites d'étude.....	<b>081</b>
<b>Figure 48.</b> Nid disséqué montrant l'architecture interne du nid d' <i>Osmia latreillei</i> .....	<b>088</b>
<b>Figure 49.</b> Représentation diagrammatique de deux nids d' <i>Osmia latreillei</i> montrant les cellules approvisionnées (C), les espaces vestibulaires (V) et les bouchons de fermeture (P). <b>A</b> : nid avec un seul espace vestibulaire ; <b>B</b> : nid avec plusieurs espaces vestibulaires.....	<b>089</b>
<b>Figure 50.</b> Photographies des grains de pollen accidentels trouvés dans les nids d' <i>O. latreillei</i> . A, Indéterminé-1 ; B, <i>Centaurea acaulis</i> ; C, Indéterminé-2 ; D, <i>Malva Sylvestris</i> .....	<b>090</b>
<b>Figure 51.</b> Photographies des grains de pollen trouvés dans les nids d' <i>Osmia latreillei</i> . E, <i>Onopordon acanthium</i> ; F, <i>Taraxacum officinale</i> ; G, <i>Sonchus</i> sp. ; H, <i>Onopordon</i> sp. ; I, <i>Scorzonera hispanica</i> ; J, <i>Centaurea pubescens</i> .....	<b>091</b>
<b>Figure 52.</b> Pourcentage d'occurrence sur les lames de différents taxons de pollen dans les nids d' <i>O. latreillei</i> .....	<b>092</b>
<b>Figure 53.</b> Apidofaune associée aux plantations d'amandiers dans la région d'étude.....	<b>099</b>

# *INTRODUCTION*

Au nom d'Allah, le Tout Clément, le Tout Miséricordieux : *“Ton Seigneur a inspiré aux abeilles : « Prenez pour demeures les montagnes, les arbres et les treillages que font (les hommes) ○ Puis butinez tous les fruits et suivez les chemins de votre Seigneur, déjà frayés pour vous. » De leurs ventres sort une boisson aux couleurs variées et aux vertus curatives pour les hommes. Il y a bien là un Signe pour des gens qui savent réfléchir. ○”* (Le Coran, An-Nahl 68 :69). Ceci est un appel explicite par lequel Dieu nous demande de réfléchir et de contempler le monde de l'abeille mellifère, insecte béni et utile pour l'homme en lui procurant une boisson aux couleurs variées et aux vertus curatives.

L'utilité de l'abeille ne se limite pas dans la production du miel et des autres produits de la ruche. L'activité la plus importante de l'abeille, en termes d'intérêt pour l'homme, est la pollinisation des fleurs selon MICHENER (2007). Ce service écosystémique vital pour le maintien des communautés de plantes sauvages et la productivité agricole n'est pas assuré par l'abeille mellifère seulement. D'autres pollinisateurs sont mobilisés, comme les oiseaux, les chauves-souris, les syrphes mais surtout les abeilles sauvages (ALEIXO *et al.*, 2014). On estime qu'environ un tiers de la production agricole mondiale et 87,5 % (environ 308 000 espèces) des plantes sauvages à fleurs à travers le monde dépendent, au moins en partie, de la pollinisation animale notamment des Apoïdes pour la reproduction sexuée, et cela va de 78 % dans les communautés des zones tempérées à 94 % dans les communautés tropicales (ULLMANN *et al.*, 2010 ; OLLERTON *et al.*, 2011 ; IPBES, 2016). Par conséquent, jusqu'à 1 espèce animale sur 10 peut être un pollinisatrice (REGAN *et al.*, 2015 ; OLLERTON *et al.*, 2017). Les pollinisateurs influencent fortement les relations écologiques, la conservation et la stabilité des écosystèmes, la variation génétique de la communauté végétale, la diversité florale, la spécialisation et l'évolution (BRADBEAR, 2009). Les abeilles jouent un rôle important, mais peu reconnu, dans la plupart des écosystèmes terrestres où il y a une couverture végétale verte pendant au moins 3 à 4 mois chaque année (BRADBEAR, 2009). En effet, la production de graines, de noix, de baies et de fruits dépendent fortement de la pollinisation par les insectes, et parmi les insectes pollinisateurs, les abeilles sont les principaux pollinisateurs. A cet effet, l'abeille mellifère ne serait responsable que de 15% de la pollinisation entomophile et le reste serait le résultat des pollinisateurs sauvages principalement des abeilles sauvages dont les bourdons (TERZO et RASMONT, 2007). Dans les forêts tropicales, en particulier dans les régions de haute altitude, les abeilles sont les principaux pollinisateurs. Aussi, elles assurent le maintien de la biodiversité dans les "îlots" de zones non cultivées. Le rôle principal des abeilles dans les différents écosystèmes est leur

travail de pollinisation. D'autres espèces animales sont liées aux abeilles : soit parce qu'elles mangent le couvain ou le miel, le pollen ou la cire, soit parce qu'elles sont parasites pour les abeilles, soit simplement parce qu'elles vivent dans le nid d'abeilles (BRADBEAR, 2009).

En Algérie, les études effectuées jusqu'à présent portent sur la diversité et la biogéographie des Apoïdes et demeurent fragmentaires et limitées. En raison de la grande superficie du pays, la faune d'Abeilles sauvages de l'Algérie n'a fait l'objet que de peu de travaux. Les études réalisées jusqu'à présent concernent certaines régions en l'occurrence, la Mitidja (BENDIFALLAH *et al.*, 2008; BENDIFALLAH *et al.*, 2010; BENDIFALLAH *et al.*, 2012; BENDIFALLAH *et al.*, 2013), le centre (AOUAR-SADLI, 2009) et l'Est (LOUADI *et al.*, 2007). Aucune étude n'a été faite à l'ouest algérien à l'heure actuelle sauf celles réalisées par (OUAHAB, 2015 ; DERMANE, 2016, DERMANE *et al.*, 2021) et les auteurs du début du siècle dernier (SAUNDERS, 1901 ; SAUNDERS, 1908 ; ALFKEN, 1914 ; ROTH, 1923 ; SCHULTHESS, 1924).

Au cours des dernières décennies, les colonies d'abeilles mellifères ont diminué pour de nombreuses raisons telles que l'utilisation de pesticides en grande quantité et les épizooties (OLDROYD, 2007; ELLIS, 2007; POTTS *et al.*, 2010a ; EVANS et SCHWARTZ, 2011). Pour surmonter ce problème, les chercheurs accordent plus d'attention à la conservation et au développement des abeilles sauvages en tant que pollinisateurs alternatifs et les recherches visent à identifier la meilleure façon d'exploiter les abeilles sauvages pour la pollinisation des cultures (SEIDELMANN *et al.*, 2016).

Plus de 20 000 espèces d'abeilles sont décrites dans le monde, appartenant à sept familles à savoir; les Andrenidae, les Apidae, les Colletidae, les Halictidae, les Megachilidae, les Mellitidae et les Sternotritidae (MICHENER, 2007). Le présent travail se focalisera plus précisément sur les Osmies -qui font partie de la famille des Megachilidae du nord-ouest de l'Algérie. Avec environ 4000 espèces, la famille des Megachilidae est la deuxième lignée la plus diversifiée (MICHENER, 2007 ; GONZALEZ *et al.*, 2019 ; ENGEL *et al.*, 2020). Au sein de cette famille, les Osmies constituent la tribu Osmini, avec 15 genres et environ 1160 espèces présentes dans le monde, sauf en Amérique du Sud, en Australie et en Antarctique (MICHENER, 2007; ÖZBEK, 2013). Les espèces d'Osmini sont très diversifiées dans les climats méditerranéens et désertiques de l'Afrique australe, du sud-ouest de l'Amérique du Nord et du Paléarctique (NADIMI *et al.*, 2013).

Récemment, plusieurs études ont exploré la bio-écologie de nidification de nombreuses espèces d'*Osmia* à savoir: l'architecture des nids (SEIDELMANN *et al.*, 2016), la durée de la recherche de nourriture (WILLIAMS ET TEPEDINO, 2003), analyse de la charge pollinique (PINILLA-GALLEGO et ISAACS, 2018), l'adéquation des nids artificiels (SHEBL *et al.*, 2018), comportement de la nidification (LADURNER *et al.*, 2008), et la disponibilité du pollen dans les régions de différentes utilisations des terres et des structures paysagères (WILLIAMS ET KREMEN, 2007 ; KRATSCHMER *et al.*, 2020). Toutefois, jusqu'à présent, un seul travail est réalisé en Algérie, sur la bio-écologie de nidification des Osmies à Constantine (AGUIB *et al.*, 2017).

La pollinisation par les insectes est importante pour l'amélioration de la production de nombreux fruits, légumes et grandes cultures. Les amandes sont l'une des principales cultures fruitières qui dépendent exclusivement de ce service écosystémique (GARRATT *et al.*, 2014). L'amandier (*Prunus dulcis*) est un arbre de la famille des *Rosaceae*. La plupart des variétés d'amandiers sont auto-incompatibles, elles ont donc besoin de l'activité des insectes qui transportent et transfèrent le pollen des fleurs d'une variété d'amandier à la fleur d'une autre variété pour réaliser une fécondation croisée. Les vergers sont composés de rangées alternées de variétés d'amandes (KOH *et al.*, 2018). Les agriculteurs utilisent les abeilles domestiques (*Apis mellifera*) presque exclusivement pour la pollinisation des amandes (DAG *et al.*, 2006). Mais les températures basses, les vents violents et les précipitations sont très fréquents dans les hautes altitudes au moment de la floraison des amandes. C'est un facteur limitant majeur pour l'activité des abeilles mellifères dans ces régions sachant que cette espèce est plus active lorsque les pluies sont moins abondantes et les températures sont plus clémentes (IQBAL *et al.*, 2016). En outre, il existe des preuves évidentes de la grave diminution régionale des effectifs des abeilles domestiques aux États-Unis (perte de 59 % des colonies entre 1947 et 2005) et en Europe (perte de 25 % des colonies en Europe centrale entre 1985 et 2005), ce qui rend inquiétante la dépendance des cultures agricoles, et peut-être des plantes sauvages, à l'égard d'une seule espèce (POTTS *et al.*, 2010b). Ces limitations ont conduit à la recherche de pollinisateurs alternatifs qui permettront d'augmenter le niveau de pollinisation dans les vergers d'amandiers. Certaines tentatives réussies dans ce sens ont impliqué l'utilisation d'abeilles du genre *Osmia*, plus particulièrement *O. cornuta* (BOSCH ET BLAS, 1994) et d'abeilles du genre *Bombus* à savoir *B. terrestris* (DAG *et al.*, 2006).

La Californie produit environ 1,9 milliard de livres de fruits sur environ 890 000 acres d'amandier en 2015 (USDA National Agricultural Statistics Service 2016), fournissant 80%



de la production mondiale des amandes et 100% de l'offre commerciale américaine. Environ 67 % des amandes de Californie sont exportées vers plus de 90 pays. La valeur de la production américaine d'amandes était de 5,3 milliards de dollars en 2015, soit 6 050 dollars par acre (USDA National Agricultural Statistics Service 2016) (KOH *et al.*, 2016). En raison de la forte dépendance des amandes à l'égard des pollinisateurs et de leur valeur marchande élevée, plus d'un million de colonies d'abeilles domestiques sont déplacées vers la Californie depuis tous les États-Unis chaque saison (SAEZ *et al.*, 2020).

Malheureusement, en Algérie, l'amandier n'a jamais fait l'objet d'un intérêt particulier et n'a jamais pris la valeur qu'il méritait. Les surfaces occupées ont tendance à être modestes, avec seulement 4 000 hectares, dont la moitié serait constituée d'amandiers plantés sur des surfaces réduites ou isolées. C'est la région d'Oran qui est en tête comptant environ 230 000 arbres, soit près de la moitié des amandiers cultivés en Algérie. La production de l'Algérie pourrait être estimée à 2 000 T d'amandes en coque seulement (EVREINOFF, 1952). Récemment, la production des amandes en Algérie a vu l'érosion passant de 76.482 tonnes comme production annuelle en 2015 à 57.213 tonnes en 2018. Cette production reste insuffisante comparativement aux marchés internationaux (FAOSTAT, 2021).

Les objectifs de la présente thèse sont les suivants :

1. Dans la première partie de cette thèse, nous voulons apporter une nouvelle contribution sur la connaissance des Apoidea sauvages en milieu naturel à travers quelques localités de l'ouest d'Algérie, en l'occurrence les monts de Tlemcen. L'objectif visé est la collecte systématique des abeilles sauvages dans le but d'établir un inventaire exhaustif de la faune des apoïdes et leur diversité à travers les trois sites d'étude.

2. La deuxième partie concerne (i) l'écologie de nidification d'*Osmia latreillei* dans l'ouest de l'Algérie à travers une description de l'architecture de son nid et (ii) les préférences alimentaires de cette espèce. Nos résultats permettront de mieux comprendre les besoins de gestion de l'espèce et de promouvoir son utilisation à des fins écologiques et économiques dans la région d'El Bayadh.

3. Dans la troisième partie, nous rapportons une première tentative de répertorier les espèces d'abeilles sauvages en milieu agricole, liées à la pollinisation des amandes dans le centre national de développement des ressources biologiques d'El Bayadh (CNDRB) dans

l'ouest Algérien, afin de sensibiliser les agriculteurs de la région de bien préserver et mobiliser ces auxiliaires, pour améliorer le rendement de leur vergers.

Cette thèse s'articule autour de trois chapitres. Le premier est consacré à la synthèse bibliographique qui constitue en un exposé général. Plusieurs points sont définis, à savoir : la bio-écologie des abeilles sauvages, leur position systématique dans le règne animal et leur importance écologique et économique. Le deuxième chapitre concerne la partie expérimentale. Il aborde le matériel utilisé et les techniques adoptées pour mener à bien cette thèse sur le terrain et en laboratoire. Le troisième chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats. Une conclusion générale et des perspectives achèvent ce travail.

**1**

*SYNTHESE*

*BIBLIOGRAPHIQUE*

### I.1. Données générales sur les apoïdes ou Anthophila

Toutes les espèces d'abeilles, de guêpes, de frelons, de tenthrèdes et de fourmis appartiennent à l'ordre des Hyménoptères, qui est l'un des cinq ordres d'insectes mégadivers avec les coléoptères, les diptères, les lépidoptères et les hétéroptères, et peut-être même le plus riche en espèces de tous les ordres d'insectes (QUICKE, 2009 ; WEXLER, 2014). Le mot "hyménoptère" vient des mots grecs « *hymen* », qui signifie « *membrane* », et « *pteron* », qui signifie « *aile* », donc se sont les insectes aux ailes membraneuses. Il existe environ 130 000 espèces connues, et beaucoup d'autres restent à découvrir. Les Hyménoptères étant un ordre très vaste, il n'est pas surprenant qu'un nombre considérable de biologes et de stratégies d'histoire de vie soient représentées (QUICKE, 2009 ; WEXLER, 2014). Les abeilles appartiennent au sous-ordre des Apocrita, caractérisé par la possession d'une "taille de guêpe", qui est une constriction entre le premier et le deuxième segment de l'abdomen adulte. Le segment abdominal est incorporé à l'arrière du thorax et est appelé propodeum. Cela signifie que le premier segment apparent de l'abdomen est en réalité le second. La "taille de guêpe" permet une grande flexibilité des mouvements abdominaux et, sans elle, l'abeille femelle serait incapable de plier suffisamment son abdomen pour pondre un œuf au fond d'une cellule étroite. Les Aculeata constituent un sous-groupe des Apocrita et comprennent les fourmis, les abeilles et les guêpes de chasse. Le nom "Aculeata" est dérivé du latin "*aculeus*", qui signifie "épée" et fait référence au dard, que l'insecte utilise pour se défendre et défendre son nid. Le dard est un tube de ponte modifié ou ovipositeur ; chez les aculéates, l'ovipositeur a perdu sa fonction de ponte et l'œuf sort directement du corps à la base de l'ovipositeur (O'TOOLE et RAW, 1991 ; MICHENER, 2000). Les différences essentielles entre les guêpes sphecidiées et les abeilles sont d'ordre comportemental. Les femelles sphecidiées chassent des proies d'insectes qu'elles paralysent en injectant du venin avec leurs dards, et la guêpe larvaire est donc carnivore. Les abeilles femelles utilisent leurs dards uniquement pour se défendre. Elles récoltent du pollen et du nectar et les larves sont végétariennes.

Bien que les abeilles aient développé des modifications structurelles pour la récolte du pollen et du nectar, celles-ci ne masquent pas leurs origines sphecidiées (O'TOOLE et RAW, 1991 ; MICHENER, 2000). Les abeilles ont un certain nombre de caractéristiques morphologiques en commun avec les guêpes "sphecidiées" (au sens traditionnel), dont la plus évidente est la structure du thorax, ou partie centrale du corps. Le pronotum s'étend vers l'arrière le long des côtés du mésonotum et ne touche pas les tegulae (petites plaques qui

recouvrent la base des ailes antérieures). Les abeilles se distinguent des sphecidés par leurs poils corporels ramifiés et le segment basal étendu du tarse postérieur (O'TOOLE et RAW, 1991 ; MICHENER, 2000).

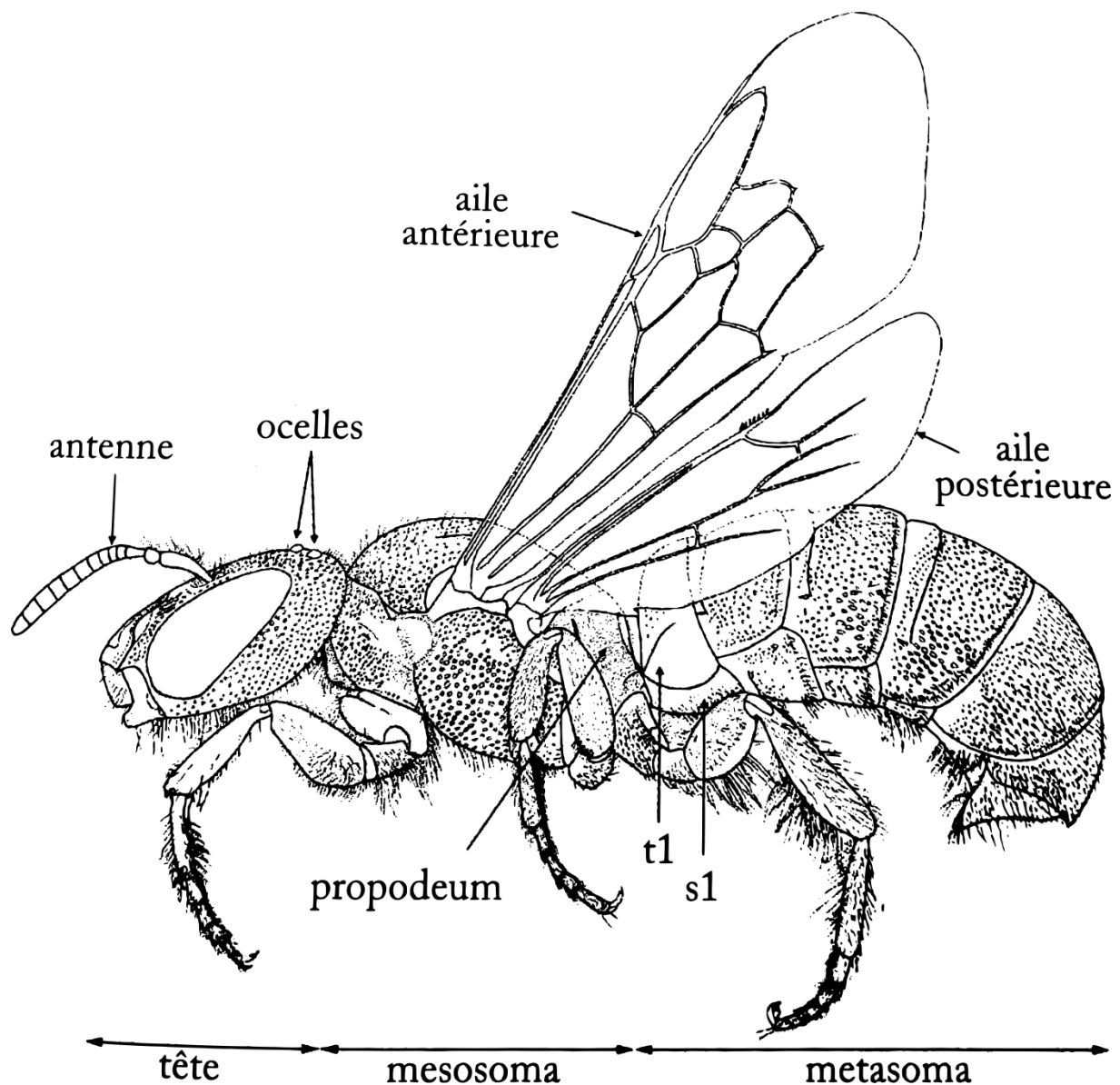
### I.2. Position systématique des apoïdes

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Division	Eumetazoa
Sous-division	Bilateria protostomiens coelomates avec articulation (Articulata)
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Super-ordre	Oligo-Neoptera
Ordre	Hymenoptera
Sous-ordre	Aculeata
Super-famille	Apoidea

(DANFORTH *et al.*, 2006).

### I.3. Anatomie des apoïdes

L'anatomie externe des abeilles est utilisée pour les classer en groupes tels que les familles et les genres (MOISSETT et BUCHANAN, 2010 ; HOUSTON, 2018). Ces caractéristiques impliquent généralement des structures adaptatives, et beaucoup d'entre elles peuvent être considérées comme faisant partie de la boîte à outils de l'abeille. Elles peuvent être impliquées dans la détection, la locomotion, l'alimentation, le toilettage, la construction du nid et l'accouplement. Comme tous les insectes, le corps des abeilles est composé d'une tête, d'un thorax et d'un abdomen (Fig. 1). Il a également six pattes et deux paires d'ailes (MOISSETT et BUCHANAN, 2010 ; HOUSTON, 2018).

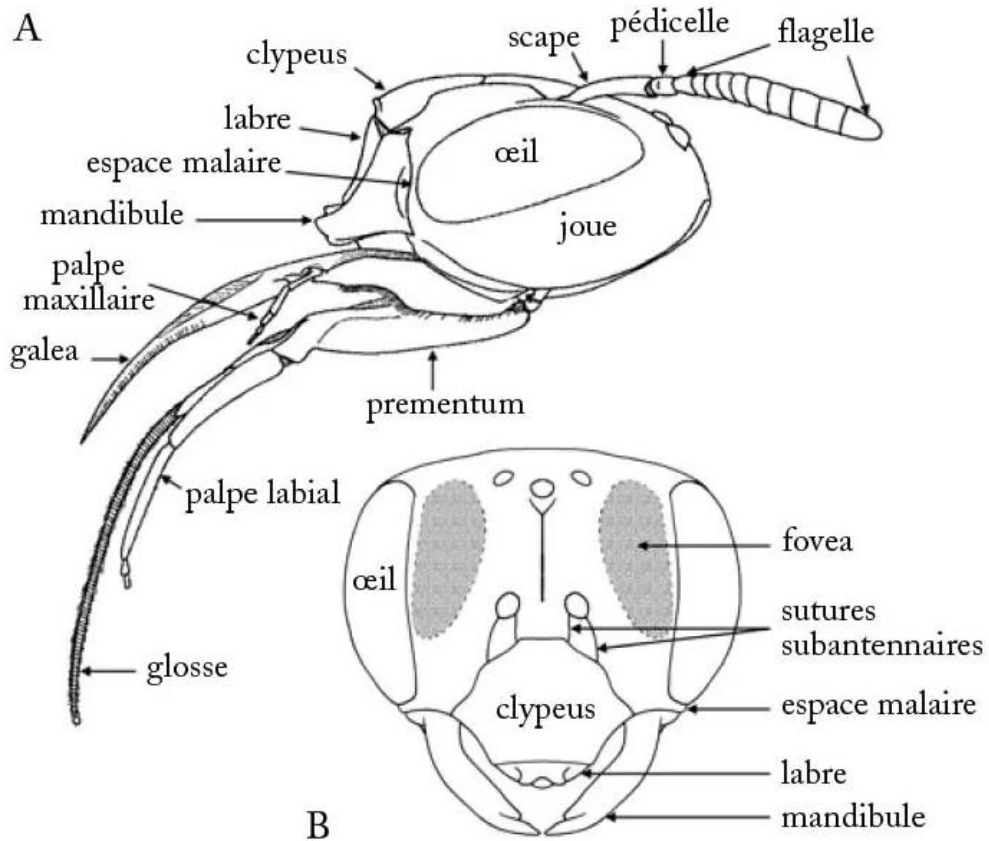


**Figure 1.** Morphologie générale du corps entier d'une abeille en vue latérale, *Ceratina gravidula* (Apidae). T1= tergite 1; S1= sternite 1 (MICHEZ et al., 2019).

### I.3.1. Tête

La tête (Fig. 2) est reliée au thorax par un col flexible qui lui permet de pivoter dans la plupart des directions. Les yeux composés sont constitués de milliers de petites lentilles fixes de chaque côté (facettes). Les yeux composés, en conjonction avec le système nerveux, donnent aux abeilles un système visuel incroyablement performant. La plupart des abeilles ont des yeux nus, mais certaines ont des yeux poilus avec des poils insérés entre les facettes. Trois yeux de base, les ocelles, sont situés sur ou près du sommet de la tête, le vertex. On pense qu'ils aident l'abeille à s'orienter par rapport à l'horizon pendant le vol. Les ocelles des abeilles

qui volent la nuit ou dans une faible lumière sont exceptionnellement grands (HOUSTON, 2018).



**Figure 2.** Morphologie générale de la tête en vues latérale et frontale, A : *Ceratina gravidula* (Apidae) et B : *Andrena vaga* (Andrenidae) (MICHEZ *et al.*, 2019).

- **Antennes**

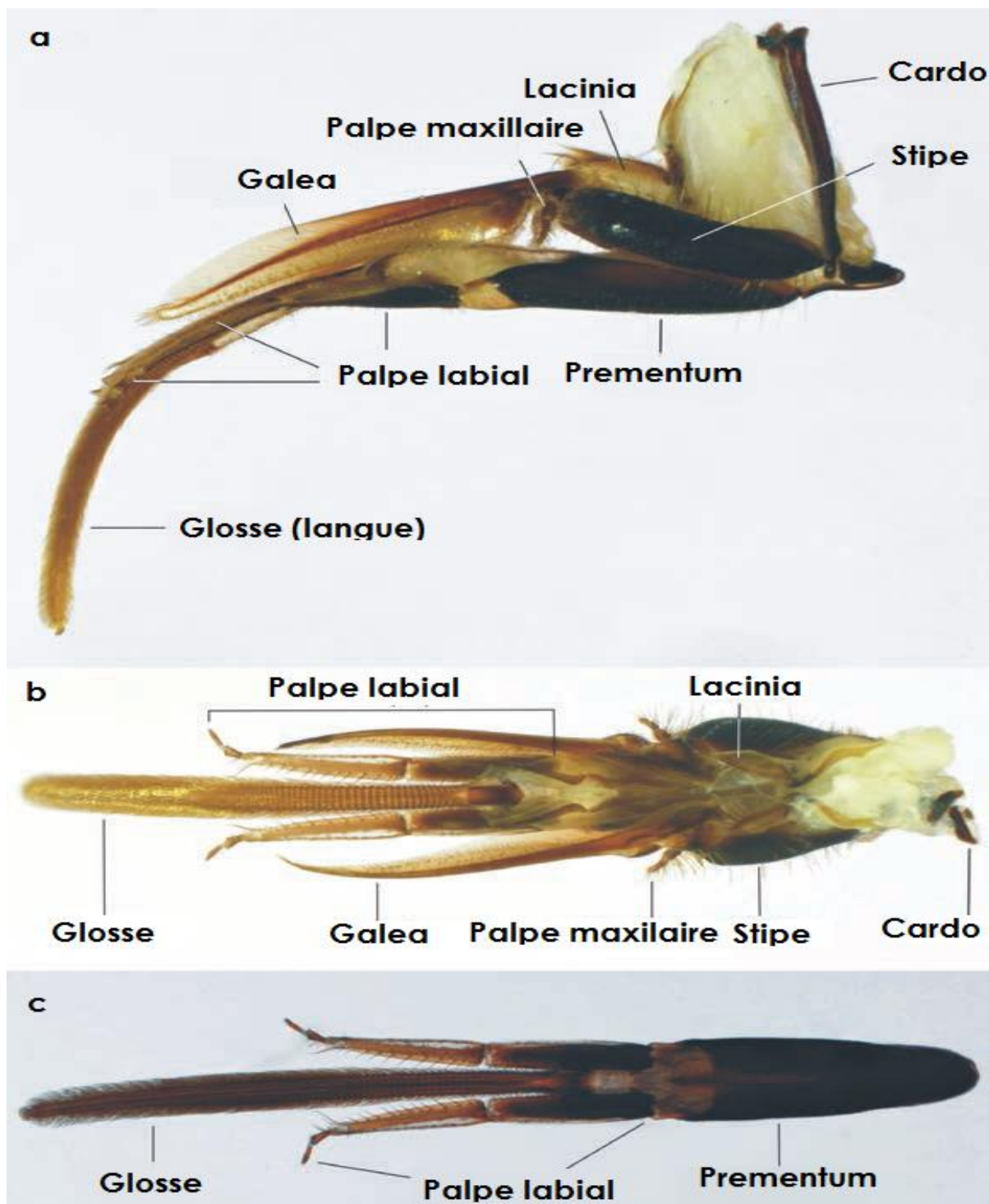
Les antennes (Fig. 2) sont des organes sensoriels segmentés qui portent les chimios et autres récepteurs sensoriels. Elles offrent des informations tactiles, de température et d'humidité directes, ainsi qu'une détection des vibrations et des phéromones dans l'air ambiant. Chacune est constituée de nombreux segments (12 chez les femelles, 13 chez les mâles). Le scape est la première section, généralement la plus longue, et sa base forme une rotule dans la face, permettant aux antennes de se mouvoir librement. La deuxième section est le minuscule pédicelle sphérique, et le flagelle est constitué des 10 ou 11 segments restants. Les fragrances florales, les phéromones et autres odeurs sont détectées par des centaines

d'organes sensoriels microscopiques dispersés autour du flagelle. Les antennes, bien que généralement assez uniformes chez les femelles, sont diversement modifiées chez les mâles de certaines espèces d'abeilles (AVARGUES-WEBER *et al.*, 2012 ; HOUSTON, 2018; FAUX, 2021).

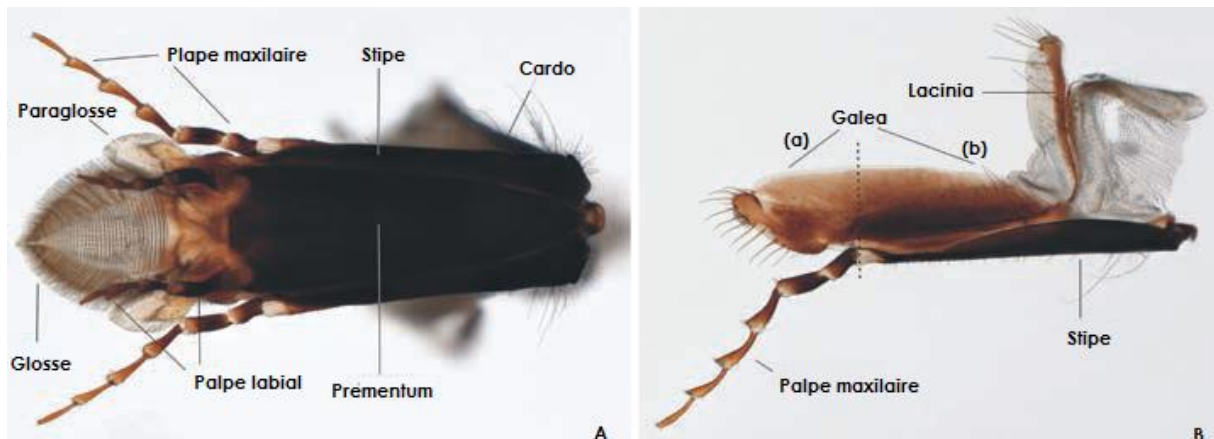
- **Pièces buccales**

Pour faciliter l'alimentation en nectar, la plupart des insectes qui visitent les fleurs ont développé des caractéristiques morphologiques hautement spécialisées. L'abeille mellifère, par exemple, a des pièces buccales spécialisées composées d'une paire de galéas, d'une paire de palpes labiaux et d'une glosse pour se nourrir de nectar par l'intermédiaire des modes d'alimentation par clapotis ou par succion (WANG *et al.*, 2021). Le labre (Fig. 2) est un minuscule rabat articulé qui se replie pour protéger l'extrémité du proboscis lorsqu'il est rétracté. Il est situé sur le bord inférieur de la face entre les mandibules. La forme et la taille du labre, ainsi que ses décorations variées, sont des caractéristiques utiles pour identifier les différentes espèces d'abeilles. Les mandibules, souvent appelées pinces ou mâchoires, sont une paire d'appendices simples et rigides situés de chaque côté de la bouche (Fig. 2). Elles accomplissent un large éventail de tâches, notamment l'ameublissement du sol (abeilles fouisseuses), le perçage de la moelle ou du bois (xylocopes et cératines), l'arrachage des détritrus (abeilles logeuses), le découpage des feuilles ou la collecte de la pulpe des feuilles, de la résine, des poils végétaux et d'autres matériaux (mégachiles), assurent l'émergence de l'adulte du cocon, de la cellule de couvain ou de tout autre site de nymphose, l'ouverture des boutons floraux et la saisie des adversaires pendant le combat. Leur forme est très variable, et ils ont souvent deux dents ou plus à leur apex. Le rôle des mandibules pendant l'alimentation est généralement secondaire par rapport à celui du complexe labiomaxillaire. L'organe de nutrition proprement dit -le proboscis (Fig. 3-4)- permet de consommer des aliments liquides provenant de plusieurs types de sources, comme les huiles florales, le miellat ou le nectar des fleurs (KRENN, 2005 ; HOUSTON, 2018).





**Figure 3.** Terminologie du proboscis d'une abeille à longue langue (*Megachile aurifrons*). (a) Proboscis entier, vue latérale ; (b) Proboscis entier, vue dorsale ; (c) Labium, vue ventrale (HOUSTON, 2018).



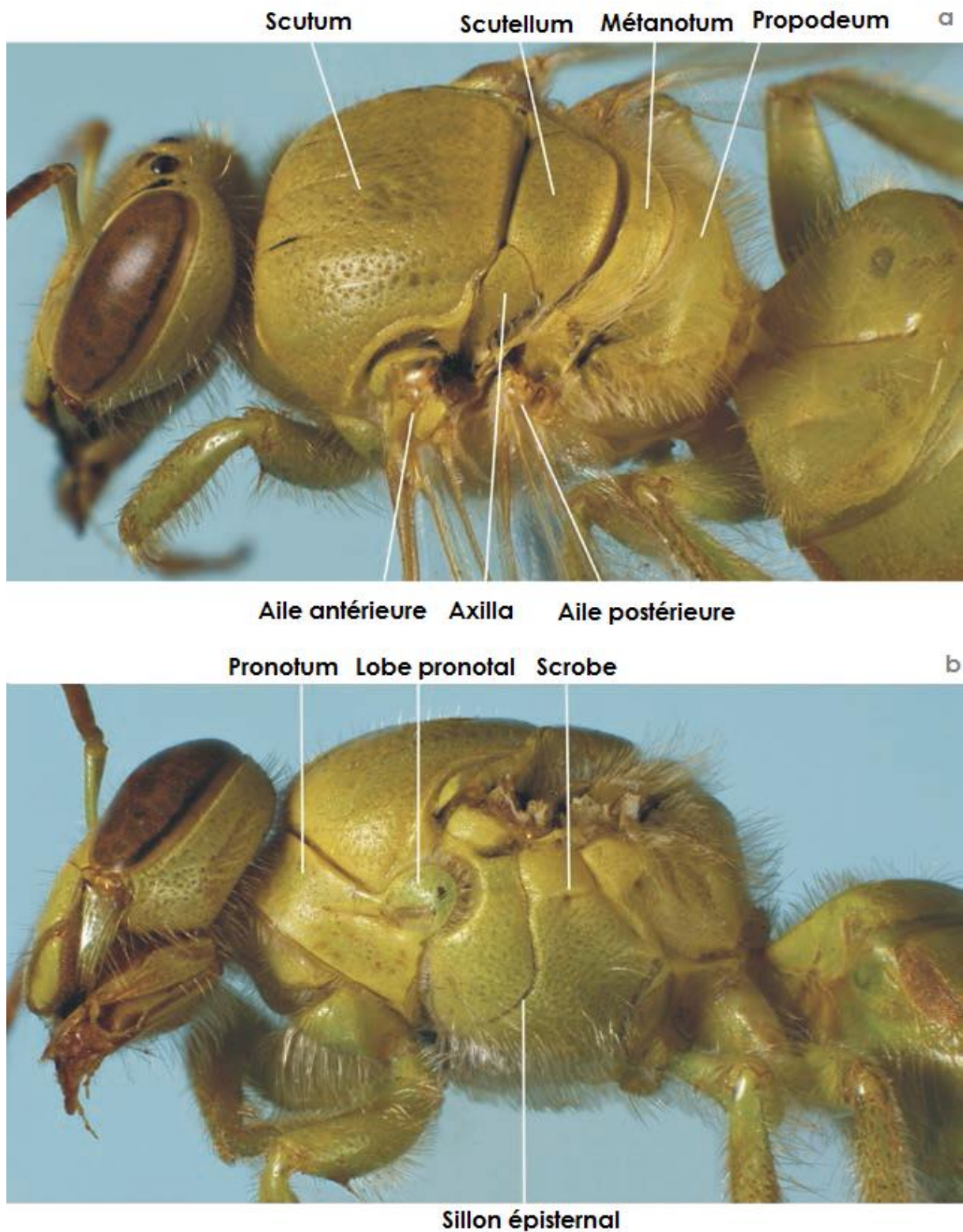
**Figure 4.** Terminologie du proboscis d'une abeille à langue courte (une femelle de *Lasioglossum mirandum*). (A) Proboscis entier, vue ventrale ; (B) maxillaire, vue latérale (cardo enlevé ; la ligne brisée divise la galéa en une partie prépalpale relativement longue (b) et une partie postpalpale beaucoup plus courte (a)) (HOUSTON, 2018).

### I.3.2. Thorax

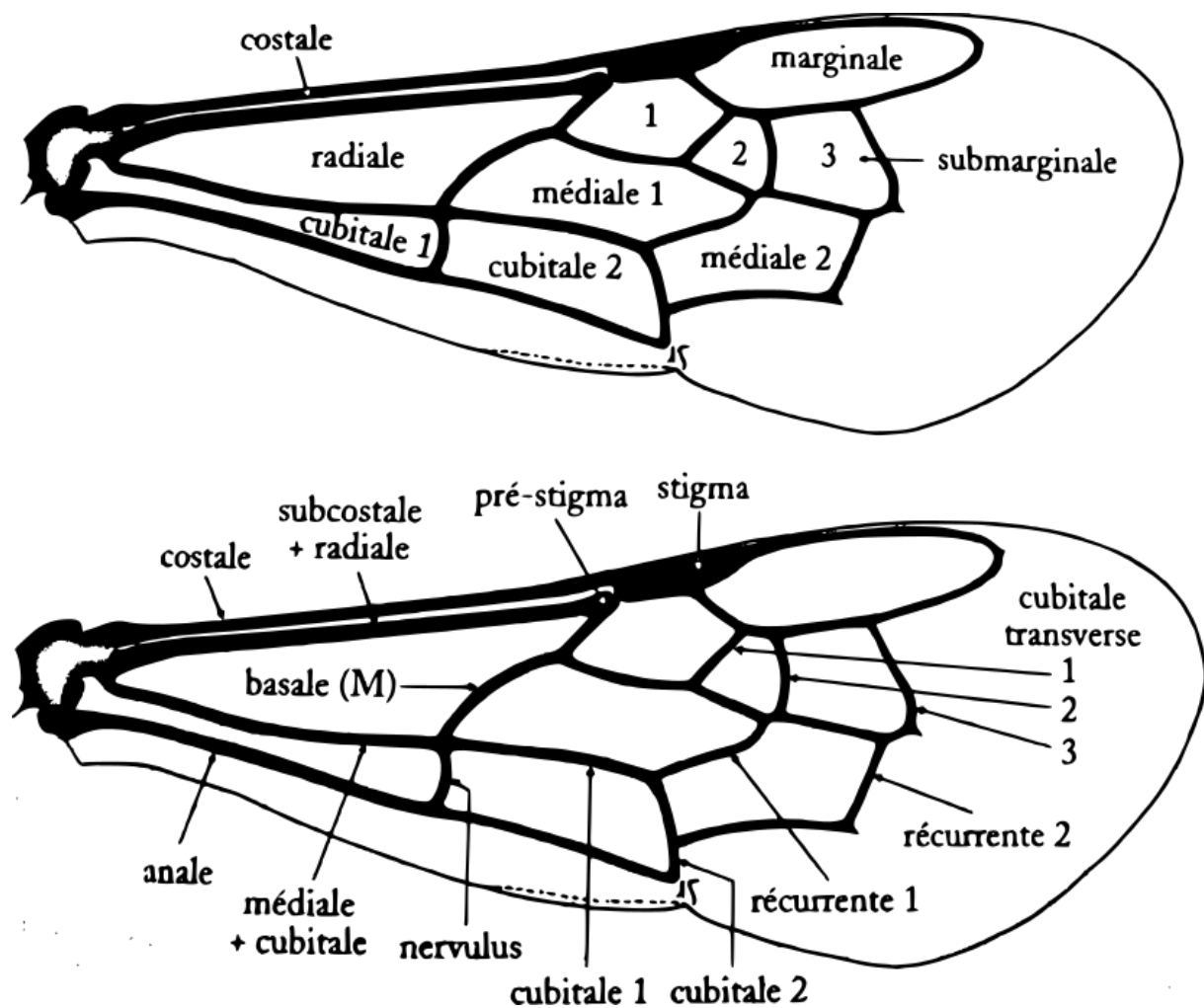
Tout le système de locomotion de l'abeille se trouve sur et dans le thorax, la partie centrale du corps (Fig. 5). Il est équipé de trois paires de pattes et de deux paires d'ailes. Cette partie est divisée en prothorax, mésothorax et métathorax, chacun contenant une paire de pattes (MICHENER, 2007 ; HOUSTON, 2018).

- **Ailes**

Les abeilles ont deux paires d'ailes. Les ailes avant et arrière sont maintenues ensemble de chaque côté du thorax par de minuscules crochets sur le bord d'attaque de l'aile arrière qui s'accrochent au bord caudal de l'aile antérieure. En vol, les ailes antérieures et postérieures fonctionnent ensembles comme une unité (Fig. 6). Les ailes sont actionnées par les muscles thoraciques qui compriment ou étirent la forme du thorax, soulevant et abaissant les ailes (FAUX, 2021).



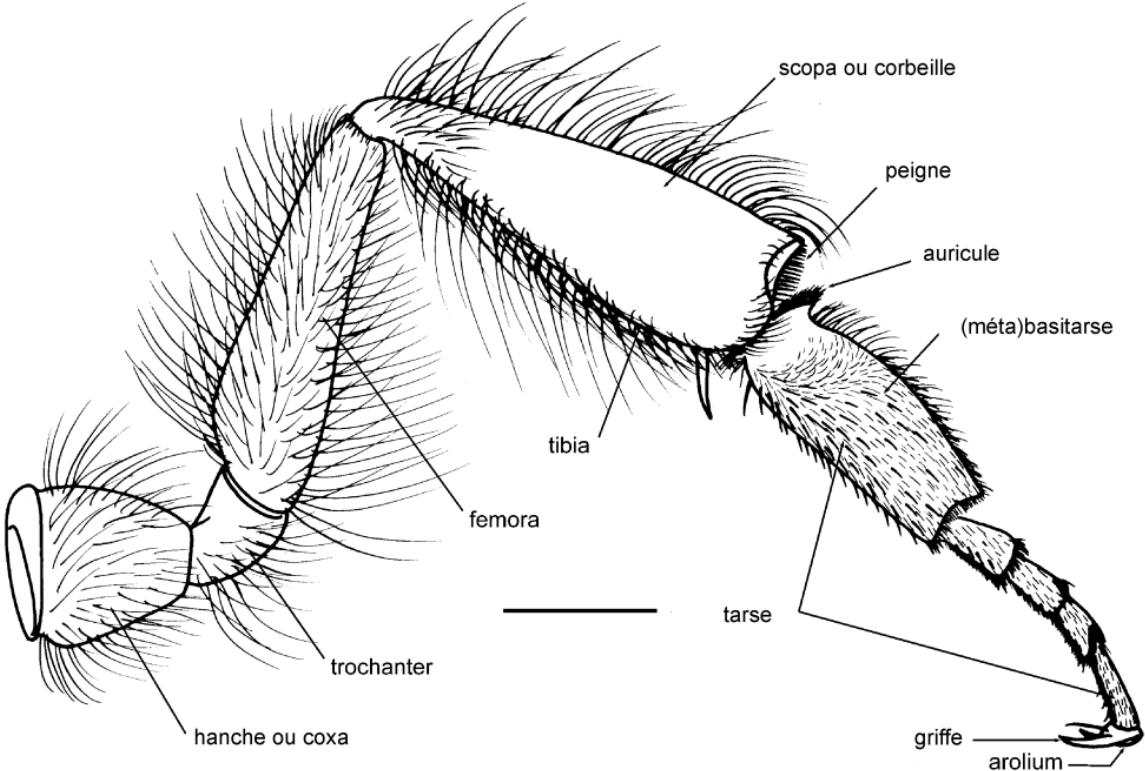
**Figure 5.** Terminologie des parties du milieu du corps ou mésosoma (thorax + propodeum) de *Callohesma megachlora*. Les ailes ont été enlevées en (b) (HOUSTON, 2018).



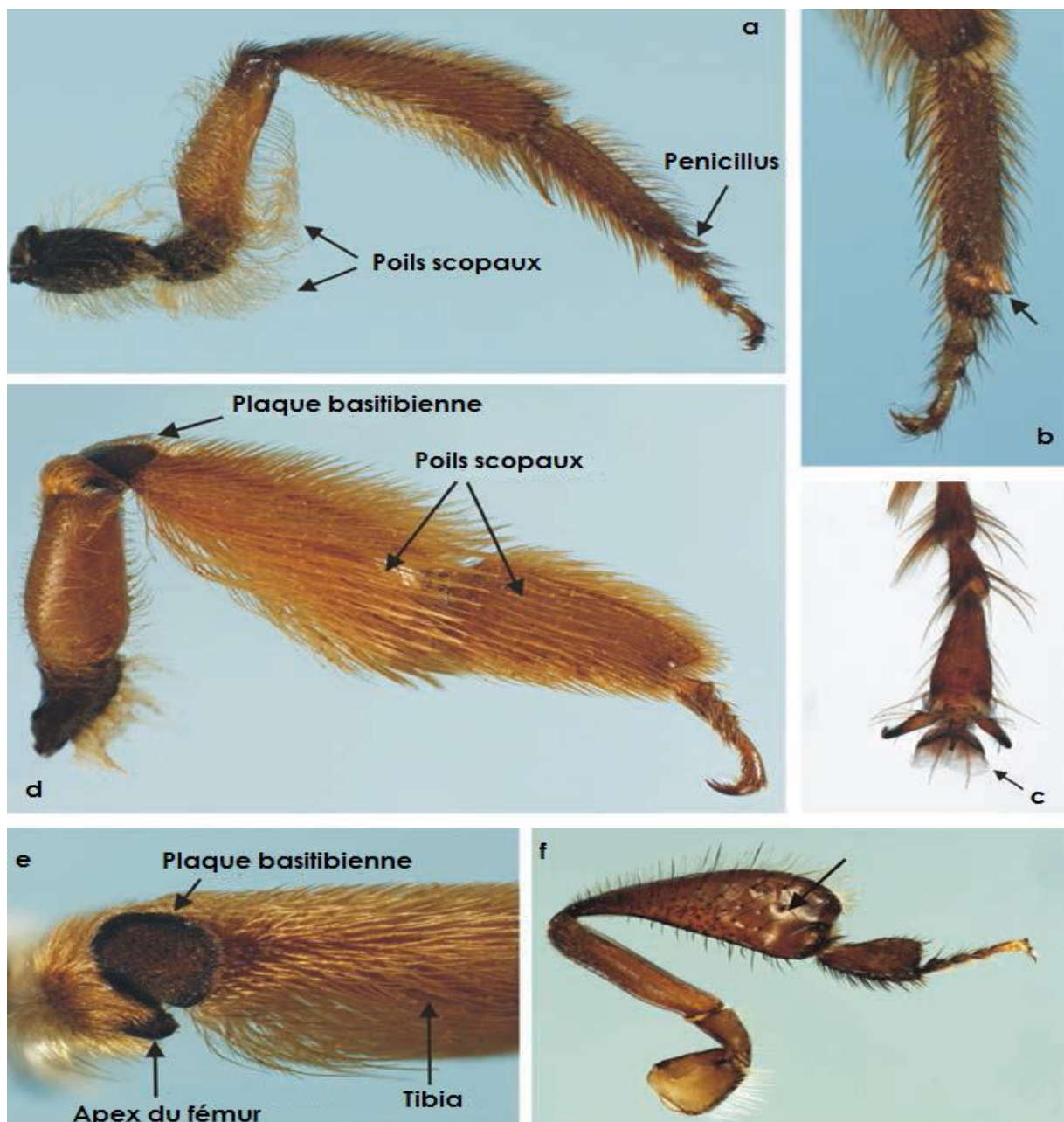
**Figure 6.** Nomenclature classique pour les nervures et les cellules des ailes de l'abeille *Ceratina gravidula* (Apidae) (MICHEZ et al., 2019).

- **Pattes**

Les abeilles, comme tous les insectes, possèdent trois paires de pattes (avant, médiane et arrière), toutes reliées au thorax (gauche et droite) (Fig. 7-8). La majorité des abeilles transportent le pollen sur leurs pattes arrière. Nous pouvons les diviser en deux catégories en fonction de la position, de l'épaisseur, de la distribution ou d'autres propriétés spécifiques de leurs poils : celles qui collectent le pollen sur leurs fémurs (par exemple, les Andrenidés [Andrenidae]) et celles qui collectent le pollen sur leurs tibias (comme les abeilles fouisseuses [Panurgus et Anthophorinae]). Il existe plusieurs différences transitoires entre ces deux groupes, tout comme entre les abeilles qui collectent le pollen sur leur abdomen. (WEISS ET VERGARA, 2002 ; FAUX, 2021).



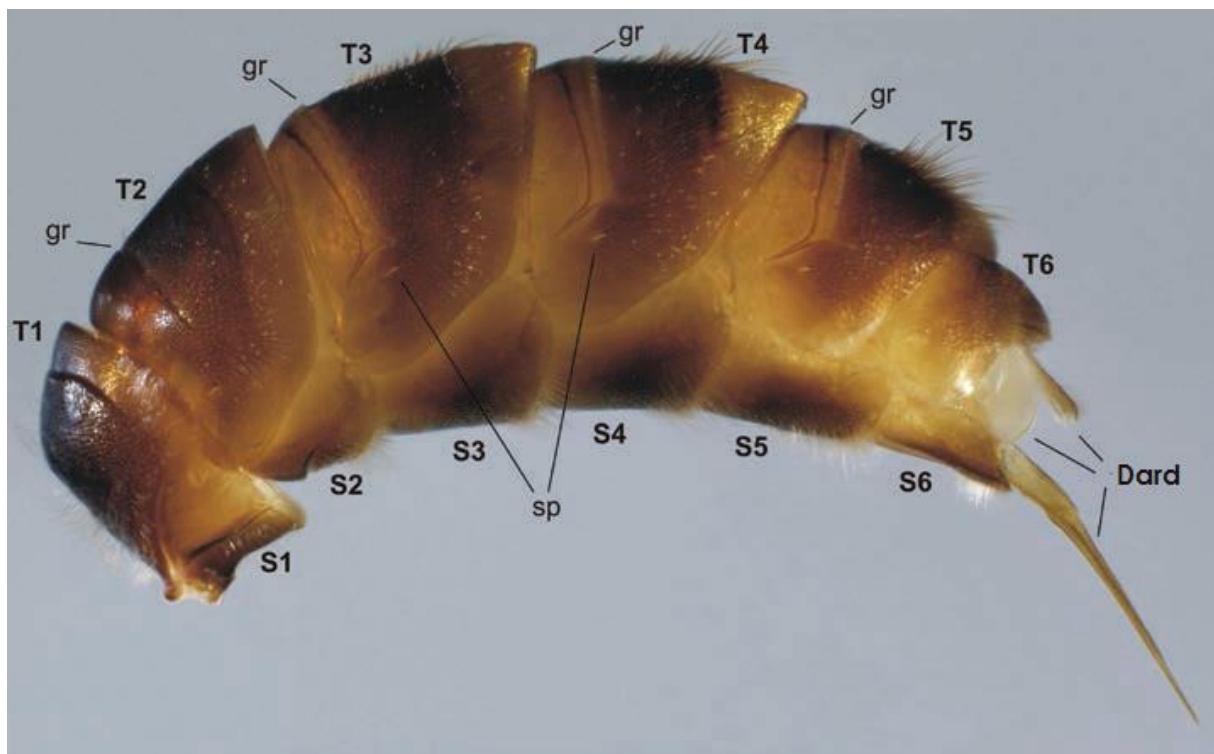
**Figure 7.** Patte postérieure gauche de *Bombus terrestris* (L.) femelle (RASMONT et TERZO, 2017).



**Figure 8.** Terminologie de certaines structures des pattes postérieures. (a-c) *Lasioglossum mirandum*, femelle : (a) patte entière, vue extérieure ; (b) tarse postérieur pour montrer le pénicillus (fléché) ; (c) apex du tarse en vue ventrale pour montrer l'arolium (fléché ; notez que l'arolium se trouve généralement sur toutes les pattes des deux sexes) ; (d, e) *Ctenocolletes ordensis*, femelle : (d) vue extérieure de toute la patte (sauf le coxa) ; (e) vue dorsale de l'apex du fémur et de la base du tibia ; (f) ouvrière de *Tetragonula* : vue extérieure de la patte arrière pour montrer l'emplacement du corbicula (fléché) (HOUSTON, 2018).

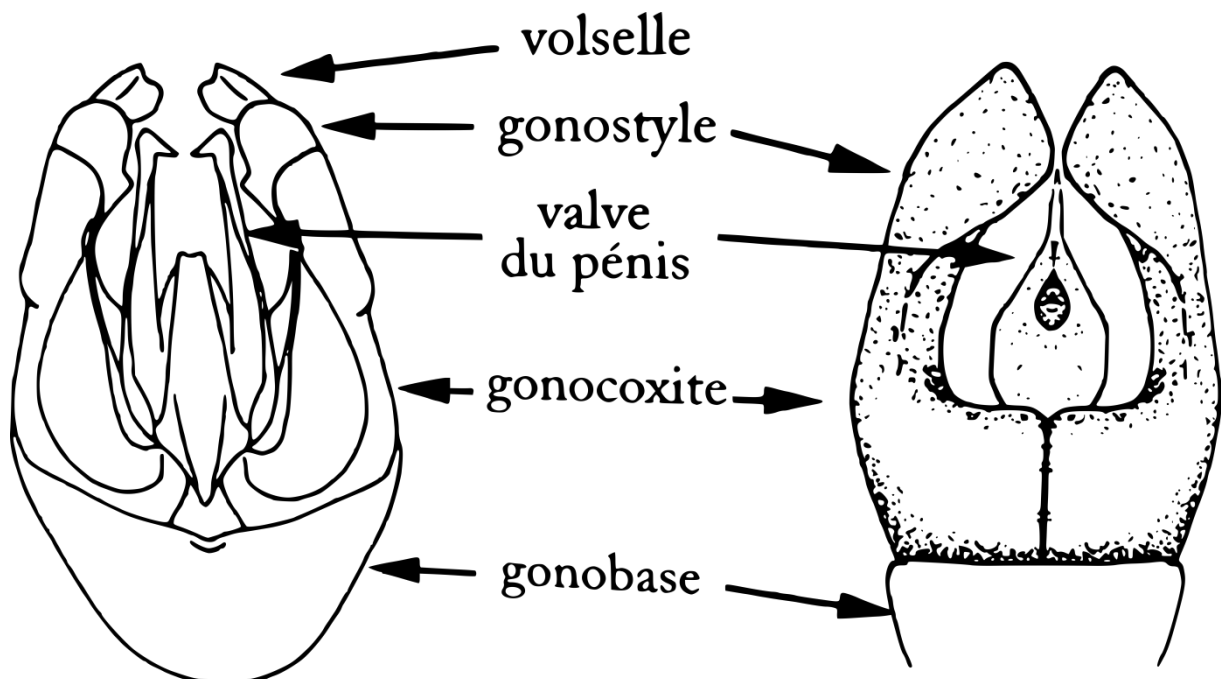
### I.3.3. Abdomen

Extérieurement, l'abdomen (Fig. 9) semble être divisé en six (femelle) ou sept (mâle) segments. Chaque segment est entouré d'une paire d'énormes plaques, un tergum (ou tergite) au-dessus et un sternum (ou sternite) au-dessous, qui sont reliés par des membranes intersegmentaires flexibles et incolores. Les tergites recouvrent latéralement les sternites, et chaque paire recouvre les bases de la paire suivante, ce qui permet à l'abdomen de se télescoper. Ce télescopage peut être observé lorsqu'une abeille descend après un vol, les mouvements rythmiques ressemblant aux mouvements respiratoires des mammifères. De nombreuses trachées se prolongent pour produire des sacs d'air, en particulier dans l'abdomen, et l'activité de pompage de l'abdomen fait circuler l'air dans le système. Chaque segment du corps possède une paire de petits trous (spiracles) qui permettent aux gaz de circuler entre le système trachéal de l'insecte et l'air (MICHENER, 2000 ; MICHENER 2007 ; HOUSTON, 2018).



**Figure 9.** Terminologie de certaines structures abdominales. Vue latérale ; abdomen partiellement dégagé et étendu. Légende : gr, gradulus ; S1 S6, sternites ; sp, spiracle ; Dard, appareil piqueur ; T1-T6, tergites (HOUSTON, 2018).

La plaque pygidiale est une plaque médiane surélevée distinctive que l'on trouve sur le dernier tergite visible (sixième) des abeilles femelles nichant au sol. Pendant la construction du nid et des cellules, les femelles l'utilisent pour tasser la terre, la comprimer et obtenir une surface plane. Les mâles aussi ont parfois des plaques similaires, mais seulement sur le septième tergite. Les segments les plus apicaux se sont invaginés et sont reliés aux organes génitaux chez les mâles ou à l'appareil piqueur chez les femelles. Les organes génitaux des mâles sont constitués d'un organe sclérifié avec deux paires d'appendices : les gonocoxites externes et les valves péniennes médianes (Fig. 10) (MICHENER, 2000 ; MICHENER 2007 ; HOUSTON, 2018).



**Figure 10.** Genitalia mâle du genre *Bombus* en vue dorsale (gauche) et du genre *Andrena* en vue ventrale (droite) (MICHEZ et al., 2019).

#### I.4. Croissance et développement des apoïdes de l'œuf à l'adulte

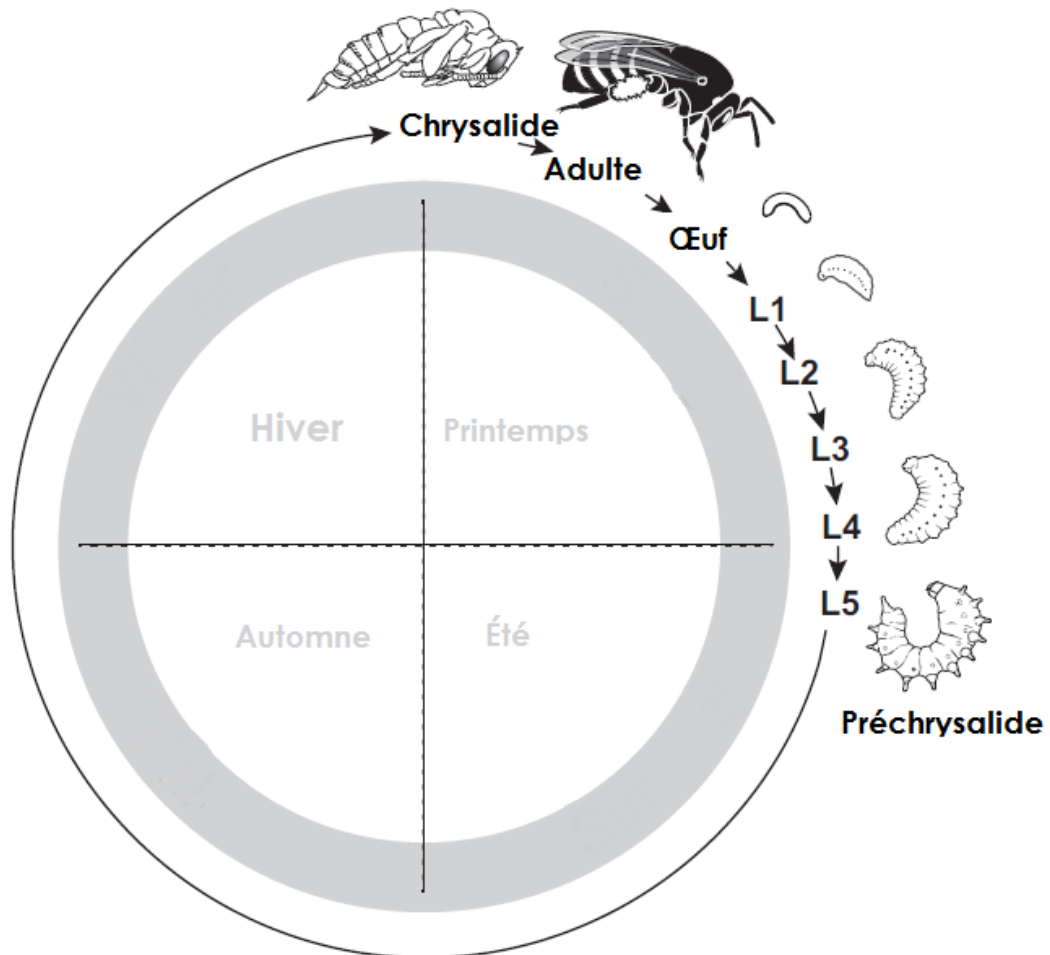
Les abeilles, comme tous les arthropodes, ont un exosquelette, ce qui signifie que le développement se fait par une série d'étapes discrètes ponctuées par la mue, c'est-à-dire la perte de l'exosquelette. Les abeilles sont également des insectes holométaboles, ce qui signifie qu'à un moment donné au cours de leur développement, elles subissent une métamorphose -



un changement spectaculaire de morphologie - de la larve à un stade de repos appelé nymphe, puis à l'adulte (Fig. 11). Une abeille commence sa vie sous la forme d'un œuf et passe ensuite par une série de cinq stades larvaires avant de se transformer en chrysalide et d'émerger en tant qu'adulte complètement formé (DANFORTH *et al.*, 2019).

### **I.5. Ecologie des apoïdes**

Pour comprendre l'écologie des abeilles, il faut connaître les diverses ressources qu'elles emploient pour construire et défendre leurs nids, maintenir leur métabolisme et se reproduire. Ces activités, essentielles à la capacité de reproduction et à la survie, ont sans aucun doute influencé l'évolution des caractéristiques morphologiques, physiologiques et comportementales. À quelques exceptions près, les abeilles femelles et mâles récoltent leur nourriture dans les fleurs. De plus, à l'exception de celles qui s'emparent des nids d'autres abeilles, la plupart des abeilles récoltent des matériaux de nidification et de la nourriture pour leurs larves. Le menu des ressources est vaste. Les abeilles butineuses recherchent généralement des produits végétaux tels que des gommages, des résines, du bois pourri, des écorces, des jus de fruits, des graines, des feuilles, des poils ou trichomes de plantes, des parfums, du pollen, du nectar, des huiles, des spores et des rouilles, de la sève et du miellat excrété par des insectes homoptères et des champignons se nourrissant de plantes, d'autres ressources naturelles telles que de la cire, des excréments d'animaux, des charognes, de l'urine et des poils, de la boue, de la terre meuble, du gravier, diverses solutions salines et de l'eau (ROUBIK, 1992).



**Figure 11.** Cycle de vie d'une abeille solitaire typique au cours de l'année. Les adultes sont actifs pendant une courte période, au cours de laquelle ils émergent, s'accouplent, construisent et approvisionnent les nids, puis meurent. Les abeilles ont cinq stades larvaires qui se développent rapidement dans la cellule de couvain. Le dernier stade larvaire (la prépupa) subit une diapause prolongée qui peut durer presque toute l'année. La nymphose a lieu au début de la saison lorsque les conditions sont favorables, et les adultes émergent peu après (DANFORTH *et al.*, 2019).

### I.6. Nidification et stockage de nourriture

Les nids des abeilles sont les endroits où leurs jeunes sont élevés. Ils sont toujours à un certain degré fait par la mère, ou, chez les abeilles sociales, par les ouvrières. Chez certaines espèces ils contiennent ou se composent des cellules de couvain (Fig. 12). Une cellule sert à protéger les stades immatures sensibles, et dans la plupart des cas la nourriture (MICHENER, 2000).



**Figure 12.** Nid d'une abeille (*Peponapis pruinosa*) montrant une femelle adulte creusant un tunnel latéral et quatre stades immatures (larves) dans des cellules de nid scellées (CHAN *et al.*, 2019).

Selon Jacob-Remacle (1990), les abeilles peuvent être réparties en trois catégories en fonction de la localisation de leurs nids :

1. Les espèces terricoles qui nidifient dans le sol.
2. Les espèces xylocoles qui abritent leurs descendances dans du bois (mort ou ouvragé), dans des tiges creuses ou des rameaux à moelle.
3. Les espèces à nids libres entièrement construits par la femelle sur divers supports.

- **Abeilles fousseuses**

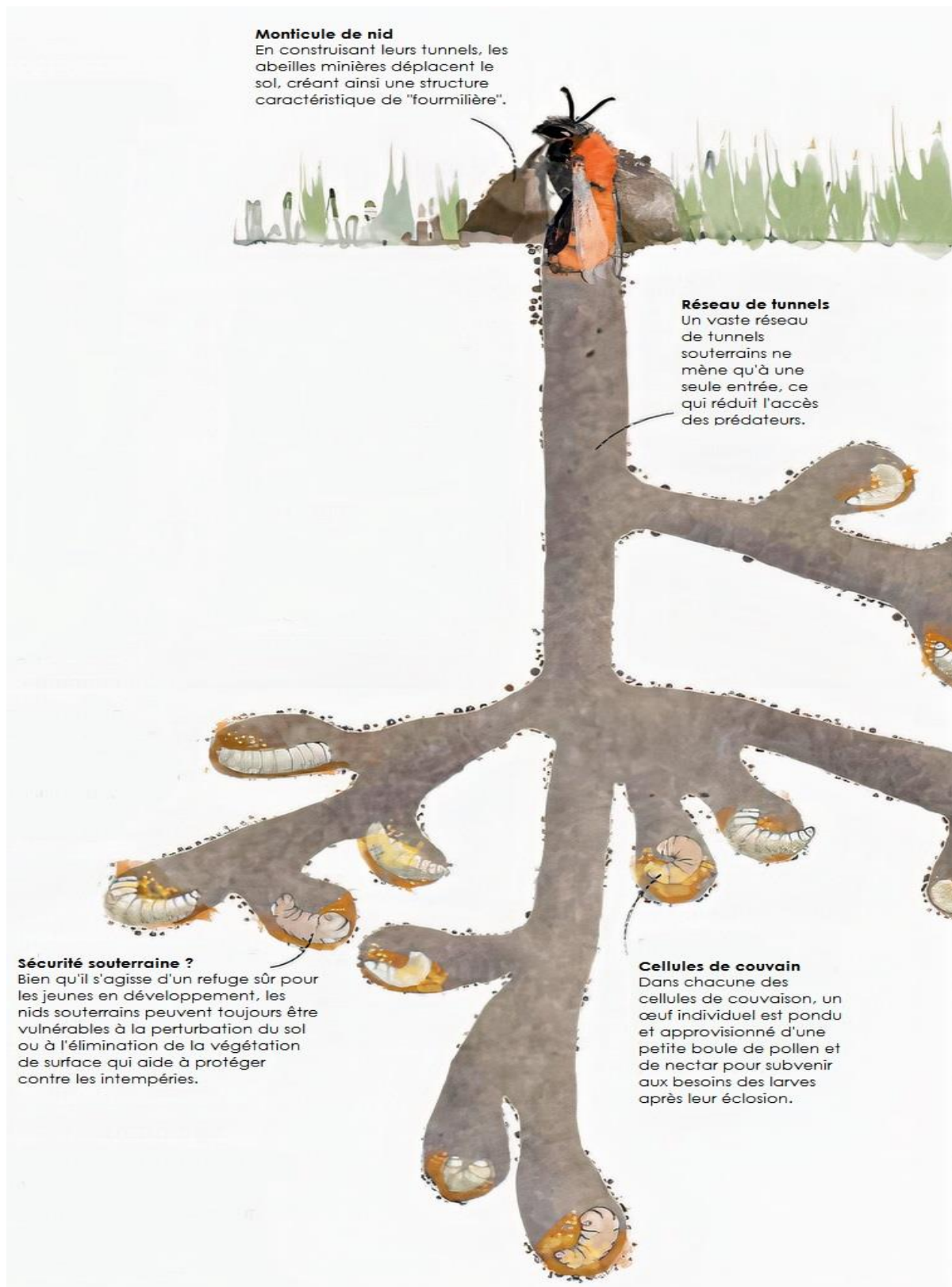
Certaines espèces solitaires se réfugient sous terre, où leurs petits sont mieux protégés des prédateurs et des conditions climatiques. Ces abeilles fousseuses (Fig. 13) se retrouvent souvent en grands rassemblements, avec de nombreux nids côte à côte. Bien que les abeilles de ces agrégations s'entraident rarement de manière directe, leur présence en grand nombre leur confère un avantage : elles sont plus effrayantes et déroutantes pour les prédateurs et, en cas d'attaque, chaque abeille a moins de chances d'être mangée (CHADWICK *et al.*, 2016).

- **Osmies « Mason Bees en anglais »**

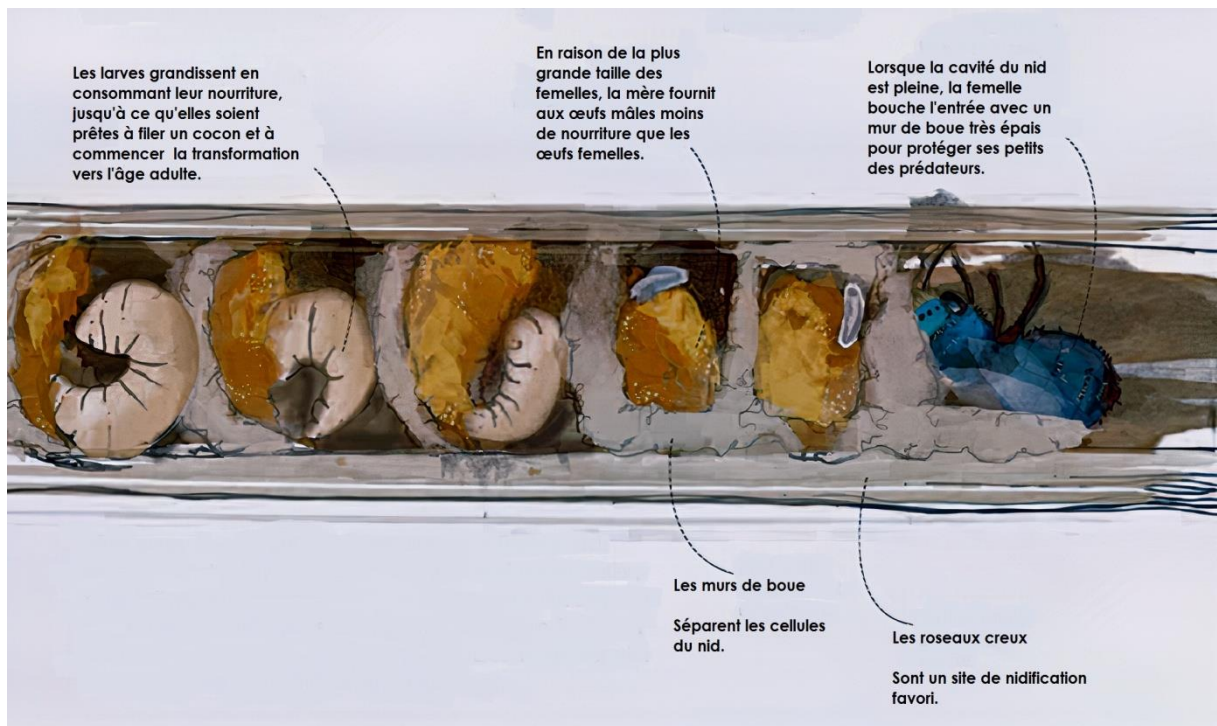
Les abeilles du genre *Osmia* portent le nom commun « Osmies ». Le mot "Osmia" et le mot "osmie" proviennent du parfum émit par le mâle et qui est très perceptible (*Osmia* = parfum en latin). La plupart des osmies construisent leurs nids dans des tunnels existants, tels que ceux laissés par d'autres abeilles solitaires et des coléoptères xylophages, ou dans les creux de branches mortes ou de roseaux, et c'est pourquoi elles ont tendance à accepter facilement les nids artificiels. L'osmie femelle divise son tunnel de nidification en plusieurs chambres et approvisionne chaque chambre en pollen, sur lequel elle pond un seul œuf (Fig. 14) (CHADWICK *et al.*, 2016).

- **Mégachiles « Leaf Cutter Bees en anglais »**

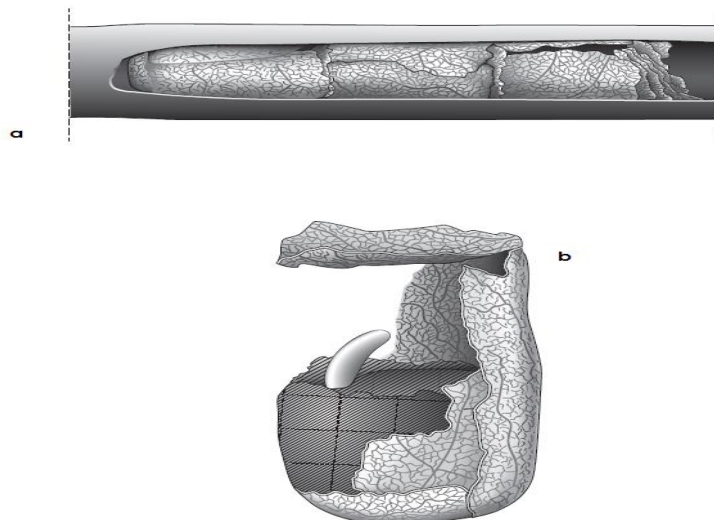
Les mégachiles utilisent les morceaux de feuilles pour confectionner leurs nids. Elles nichent presque dans toute cavité prêt à l'emploi. Mais elles préfèrent les galeries de bois faites par certains coléoptères (Fig. 15) (O'TOOLE et RAW, 1991).



**Figure 13.** Architecture du nid de l'abeille fouisseuse *Andrena fulva* (CHADWICK *et al.*, 2016).



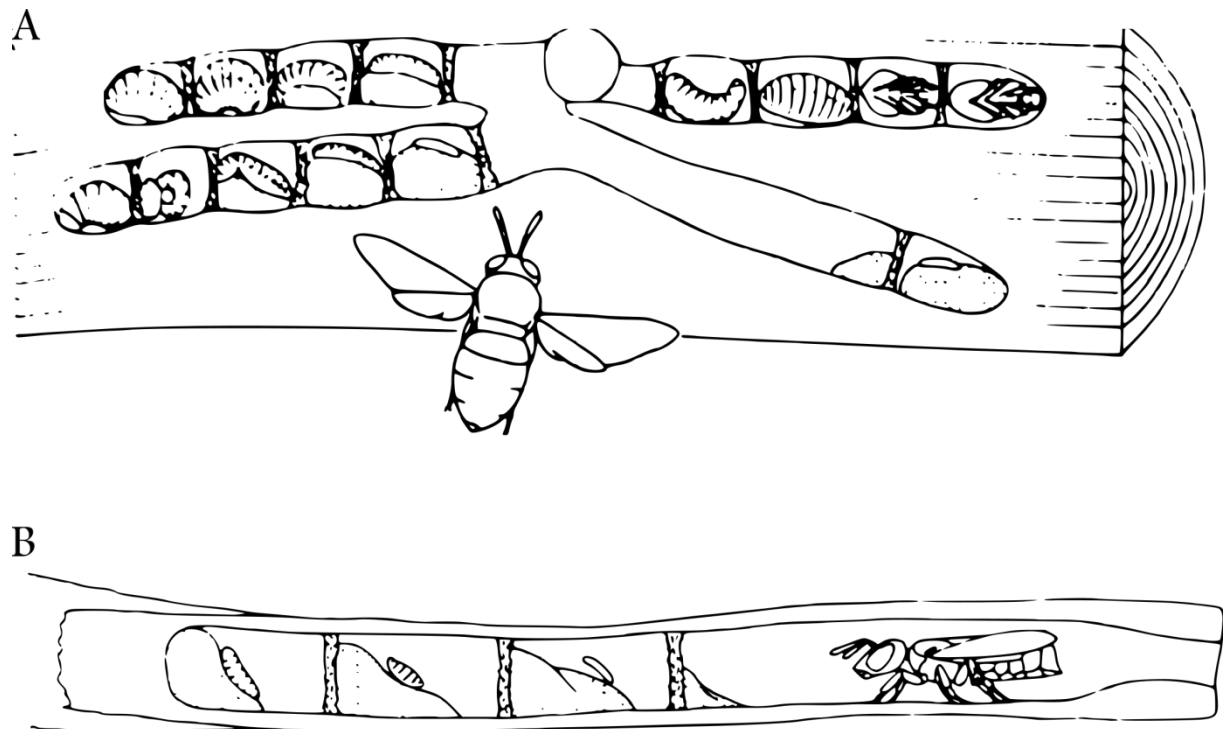
**Figure 14.** Architecture du nid d'*Osmia lignaria* (CHADWICK *et al.*, 2016).



**Figure 15.** Architecture du nid et construction des cellules de couvain chez les mégachiles (*Megachile* : Megachilini : Megachilidae) : (a) nid intact avec trois cellules de couvain consécutives, tapissées de feuilles et (b) cellule de couvain partiellement ouverte avec des provisions de pollen/nectar et un œuf récemment pondu (*Megachile rubi*) (MOISSET et BUCHMANN 2010).

- **Xylocopes et Cératines « Carpenter Bees en anglais »**

Nommées pour leur habitude de construire des nids dans le bois mort ou les tiges creuses, les xylocopes et cératines (Fig. 16) creusent leurs tunnels à l'aide de mâchoires puissantes pour ronger le bois. Souvent confondues avec les bourdons en raison de leur taille similaire, les xylocopes ne font pas preuve du même niveau de sociabilité que les bourdons, mais elles sont plus sociables que les abeilles fouisseuses. Les filles et les mères xylocopes nichent souvent ensemble et se répartissent une partie du travail, certaines femelles passant par exemple plus de temps à chercher de la nourriture tandis que les autres gardent le nid du groupe (CHADWICK *et al.*, 2016).



**Figure 16.** Modes de nidification chez les Xylocopes et les Cératines. A, creusement de galerie dans le bois par le genre *Xylocopa* ; creusement de galerie dans une tige chez le genre *Ceratina* (MICHEZ *et al.*, 2019).

- **Abeilles coucou**

Les Nomadinae, un grand groupe au sein de la famille des Apidae, est entièrement composé d'abeilles parasites, les abeilles coucous (Fig. 17). Les abeilles nomades sont souvent de couleur rouge ou jaune, avec des marques blanchâtres. Elles ont perdu toutes leurs

caractéristiques de transport de pollen puisqu'elles n'ont plus besoin de nourrir leur progéniture. Elles sont pratiquement dépourvues de poils et ont une apparence de guêpe. De nombreuses abeilles coucou s'attaquent aux nids des abeilles de la famille des Andrenidae. Au début du printemps, on peut les apercevoir volant à basse altitude au-dessus des terres stériles, à la recherche de nids hôtes potentiels. Lorsqu'une abeille coucou trouve un nid, elle attend à proximité pour s'y glisser et pondre un œuf pendant que les autres abeilles sont occupées (MOISSETT et BUCHANAN, 2010).



**Figure 17.** Une abeille coucou "*sphecodes* sp." parasitant le nid d'une abeille hôte de la famille des Halictidae (NONOMAY2018, 2019).

### I.7. Pollinisation et relation plantes-apoïdes

Les interactions plantes-pollinisateurs sont importantes dans la structure des écosystèmes terrestres (PELLMYR, 2002). Les abeilles jouent un rôle crucial dans la biodiversité mondiale en fournissant des services écologiques essentiels tels que la pollinisation (Fig. 18). Les plantes constituent la principale source de nourriture des abeilles, dont elles recueillent le pollen et le nectar, ainsi que d'autres ressources comme l'huile. Les plantes s'intéressent à la capacité des abeilles pour se reproduire avec succès (KLEINERT et GIANNIN, 2012). Pour comprendre les interactions entre les plantes et les abeilles, les informations sur les phénologies de floraison sont d'une grande importance. La phénologie fait référence au

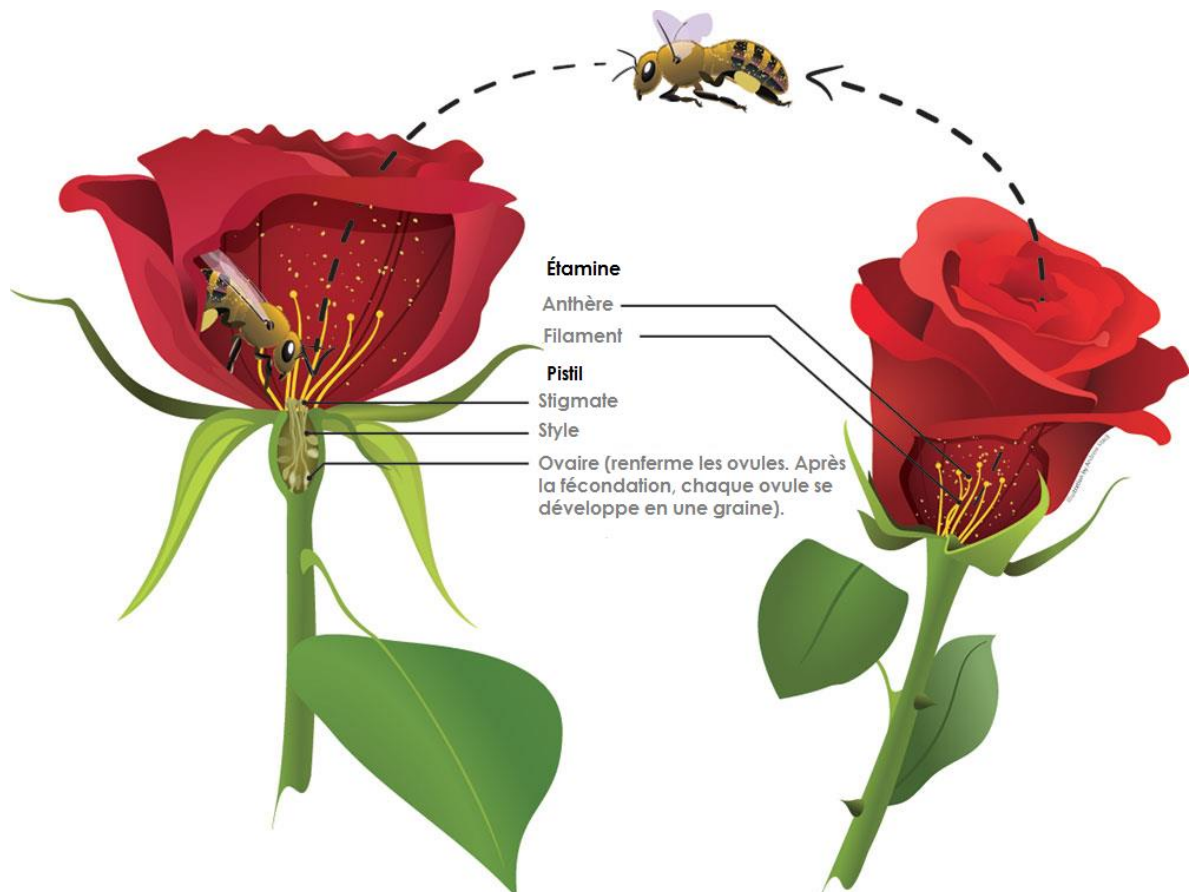


moment où se produisent des événements biologiques récurrents dans le monde animal et végétal, et son étude porte sur les causes de ce moment par rapport à des facteurs biotiques et abiotiques. En ce qui concerne les plantes, la phénologie est l'étude de la périodicité principalement de la feuillaison, de la floraison et de la fructification des espèces individuelles, tandis qu'au niveau de la communauté, les tendances de la phénologie de la floraison sont également souvent considérées (ROUBIK *et al.*, 2005). Du point de vue de l'abeille, la phénologie des plantes détermine la disponibilité des ressources dans le temps et l'espace. Du point de vue de l'homme, la connaissance de ces informations est importante non seulement pour la gestion des abeilles mais aussi pour comprendre comment les communautés d'abeilles font face aux défis actuels liés aux changements environnementaux (VILLANUEVA-GUTIERREZ *et al.*, 2015).

Les relations plantes-abeilles, varient d'une relation générale (visite d'une grande variété de types de fleurs non apparentées appartenant à plusieurs familles) à une relation hautement spécialisée. Les abeilles collectrices de pollen sont classées comme polylectiques, oligolectiques ou monolectiques en fonction de la diversité de leur collecte de pollen. La plupart des abeilles sont polylectiques, ce qui signifie qu'elles collectent le pollen d'un large éventail d'espèces végétales non apparentées. Les abeilles oligolectiques se spécialisent dans un certain type ou une certaine classe de pollen. Les abeilles monolectiques ont des préférences polliniques très précises et ne visitent qu'un seul type d'hôte floral (MICHENER, 2000 ; KARUNARATNE *et al.*, 2005).

Le pollen est collecté par les abeilles selon diverses méthodes. Pour commencer, il y a le simple frottement passif du corps poilu de l'abeille contre les anthères, suivi d'un toilettage pour enlever le pollen. La plupart des abeilles sont plus proactives et récoltent le pollen volontairement. Cela se fait parfois par grattage, mais la forme la plus frappante est la collecte par bourdonnement, dans laquelle une activité musculaire semblable à un frisson secoue le pollen des anthères. Dans cette situation, l'abeille s'accroche et vibre à une structure spécifique en forme de cône au centre de la fleur. Cette approche est utilisée sur les plantes qui contiennent des anthères avec des pores par lesquels le pollen est secoué. Cette disposition permet en fait à la fois à la plante et à l'abeille de contrôler la dispersion du pollen. Lorsqu'une abeille récolte le pollen d'une plante, elle peut le stocker dans son jabot ou avoir des corbeilles à pollen sur son abdomen ou ses pattes. Elle nettoie le pollen qui se trouve sur son corps et le place dans une corbeille pour le garder en sécurité tout au long de son vol, et

elle colle ou comprime le pollen stocké sur ses pattes avec une goutte de nectar. Il y a certaines zones du corps de l'abeille qu'elle ne peut pas atteindre pendant le toilettage, et ce sont souvent celles où la plante distribue le pollen ce qui augmente sa probabilité de transmission d'une fleur à l'autre (LLOYD *et al.*, 1996 ; PATINY, 2011 ; WALKER, 2020).



**Figure 18.** Parties de la fleur où les abeilles doivent collecter et déposer le pollen pour une pollinisation réussie. (Illustration d'Andrew Mack, Washington State University)  
(LAWRENCE, 2015).

### I.8. Influence des facteurs climatiques sur les apoïdes

L'activité des abeilles sur les fleurs a lieu à partir d'un seuil minimum de conditions environnementales. L'arrêt se fait progressivement avec le déclin de l'intensité lumineuse et du rayonnement solaire. L'abondance d'abeilles est positivement corrélée avec la température de l'air, avec l'intensité lumineuse, avec le rayonnement solaire et avec la concentration du nectar en sucres (PLATEAUX-QUENU, 1972).

- **Les pluies**

Les femelles de *Dialictus zaphyrus* continuent à récolter du pollen quand il bruine. Si la pluie tombe, elles rentrent au nid. Une averse peut être catastrophique pour les femelles d'*Andrena* surprises sur les fleurs (PLATEAUX-QUENU, 1972).

- **Le vent**

Il est en effet curieux que plusieurs espèces de graminées tropicales libèrent le pollen très tôt le matin, c'est-à-dire à un moment qui n'est pas très favorable à la pollinisation anémogame. C'est la période de la journée généralement la plus calme. Dans ces conditions, la pollinisation est insuffisante s'il n'y a pas intervention des abeilles. Or les conditions physiques qui règnent dans la matinée sont particulièrement favorables à l'activité de ces insectes qui contribuent fortement à la libération d'une grande quantité de pollen qui va se déposer de manière optimale sur les stigmates (PLATEAUX-QUENU, 1972).

- **La température du sol**

C'est le réchauffement du sol qui est le premier indice de l'apparition du printemps et, sans doute, l'un des facteurs d'entrée en activité. Les travaux de Plateaux-Quénu (1972) montrent que les abeilles primitives passent le plus souvent l'hiver dans le sol. Plusieurs Andrenidae et tous les Halictidae atteignent l'état imaginal avant la diapause hivernale.

- **La température de l'air**

Selon Plateaux-Quénu (1972), quelle que soit la température ambiante la plupart des abeilles primitives ont une activité matinale. Chez *Evyllaenus duplex*, l'activité du vol est intense de 7h30 à 11h30; elle diminue ensuite quoiqu'une deuxième faible pointe apparaisse en fin d'après-midi. Selon Pesson et Louveaux (1984), les bourdons sont représentés particulièrement dans les régions froides et en altitude ils semblent bien adaptés au climat froid grâce à leur pilosité très dense. Ce phénomène est relié au pouvoir isolant thermique de cette pilosité.

- **L'insolation**

Les abeilles recherchent généralement le soleil. Les nids à l'entrée ombragée entrent en activité plus tard que les autres (LINSLEY, 1958 cité par PLATEAUX-QUENU, 1972). Les nuages ralentissent voire arrêtent l'activité des pourvoyeuses, les abeilles crépusculaires (du soir ou du matin) volent par temps nuageux. Les apoïdes en général

fréquentent les endroits ouverts et ensoleillés et une flore diversifiée. Elles préfèrent nidifier dans des sites appropriés tel que les exposés à l'est, les sols légers et les sols secs parfois sans végétation (BATRA, 1984).

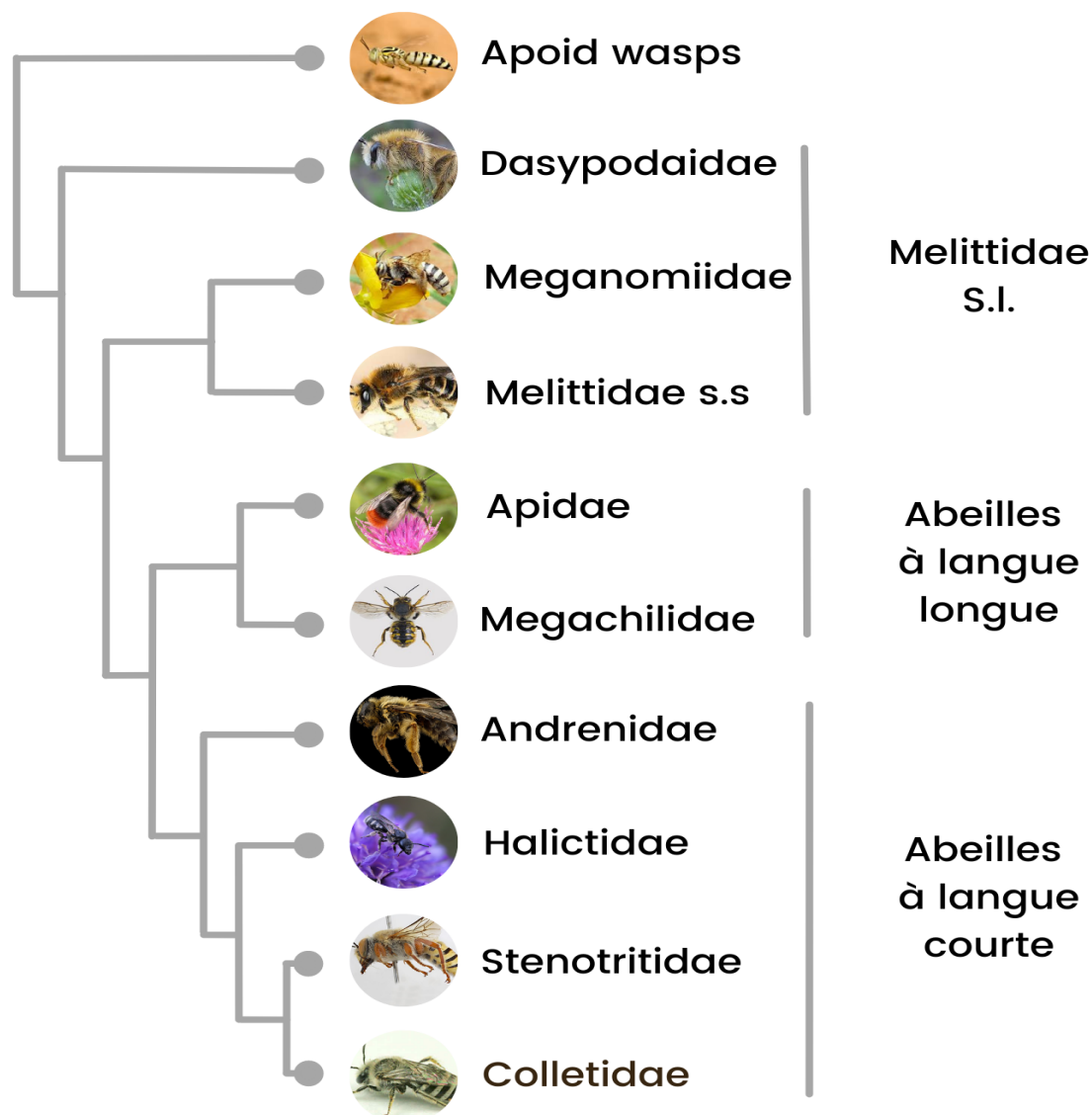
### **I.10. Importance économique des apoïdes**

Une bonne pollinisation par les abeilles se traduit par une production plus élevée, des fruits plus gros, de meilleure qualité et qui mûrissent plus rapidement pour de nombreuses cultures essentielles. Ces avantages se traduisent non seulement par une augmentation des revenus des producteurs, mais aussi par un approvisionnement alimentaire plus important et plus diversifié qui améliore la santé et le bien-être de l'homme (DELAPLANE *et al.*, 2000). La pollinisation représente une valeur économique totale de 153 milliards d'euros dans le monde, soit 9,5 % de la valeur des produits agricoles mondiaux utilisés pour l'alimentation humaine en 2005. Avec une valeur d'environ 50 milliards d'euros, les légumes et les fruits étaient les principaux groupes de cultures en termes de pollinisation par les insectes, suivis par les oléagineux comestibles, les stimulants, les fruits secs et les épices. La valeur de production d'une tonne de catégories de cultures qui ne dépendent pas de la pollinisation par les insectes était de 151 €, alors que celle des catégories de cultures qui dépendent des pollinisateurs était en moyenne de 761 € (GALLAI *et al.*, 2009). Au Royaume-Uni, une étude indique que la valeur économique des abeilles mellifères et des bourdons en tant que pollinisateurs des principales cultures commerciales pollinisées par des insectes pour lesquelles des statistiques sur le marché des cultures sont disponibles dépasse 200 millions de livres sterling par an (CARRECK et WILLIAMS, 1998). En 2012, la valeur économique estimée des principales cultures entomophiles en Pologne était de plus de 825 millions d'euros. La valeur des vergers de pommiers a été estimée à plus de 413 millions d'euros, celle du colza et de l'aigremoine à plus de 167 millions d'euros, celle de la groseille à 68 millions d'euros, celle des vergers de cerises acides à 67 millions d'euros et celle des vergers de cerises douces à 60 millions d'euros (MAJEWSKI, 2014). En Brésil, la valeur économique de la pollinisation a été estimée pour 44 cultures, pour lesquelles les chercheurs ont pu déterminer le taux de dépendance ainsi que la valeur de la production annuelle. La valeur totale de la production annuelle des cultures dépendantes était de 45 milliards de dollars US, tandis que la contribution totale des pollinisateurs était de 12 milliards de dollars US, soit 30 % de la production totale. Les valeurs les plus élevées obtenues concernent le soja (5,7 milliards de dollars), le café (1,9 milliard de dollars), la tomate (992 millions de dollars), le coton (827 millions de dollars), les

fèves de cacao (533 millions de dollars) et l'orange (522 millions de dollars) (GIANNINI *et al.*, 2015). Selon Danforth (2007), les abeilles sont des pollinisateurs importants de plusieurs cultures commercialement importantes aux États-Unis, notamment les pommes, les pastèques, les citrouilles, les courges, les pamplemousses, le café, les tomates et les tournesols. Elles ont une énorme influence économique, on estime que les abeilles mellifères contribuent à elles seules à hauteur de 14 milliards, tandis que les abeilles indigènes (non mellifères) contribuent à hauteur de 3 milliards de dollars en services de pollinisation à l'économie américaine chaque année.

### **I.11. Familles Apiformes et leurs caractéristiques**

Les abeilles sont considérées comme un groupe monophylétique (Apoidea, Apiformes) avec environ 1200 genres et plus de 20.000 espèces réparties sur toute la surface du globe à l'exception des déserts polaires. Actuellement, les abeilles sont divisées en sept familles (Fig. 19) : les abeilles à langue longue comprenant les familles Megachilidae et Apidae, et les abeilles à langue courte comprenant les familles Colletidae, Stenotritidae, Andrenidae, Halictidae, et Melittidae (DANFORTH, 2006 ; MICHENER, 2007 ; MICHEZ, 2007).



**Figure 19.** Phylogénie des Apoidea Apiformes basée sur la morphologie des adultes et le séquençage des gènes (DANFORTH *et al.* 2006, illustré par OUAHAB, 2023).

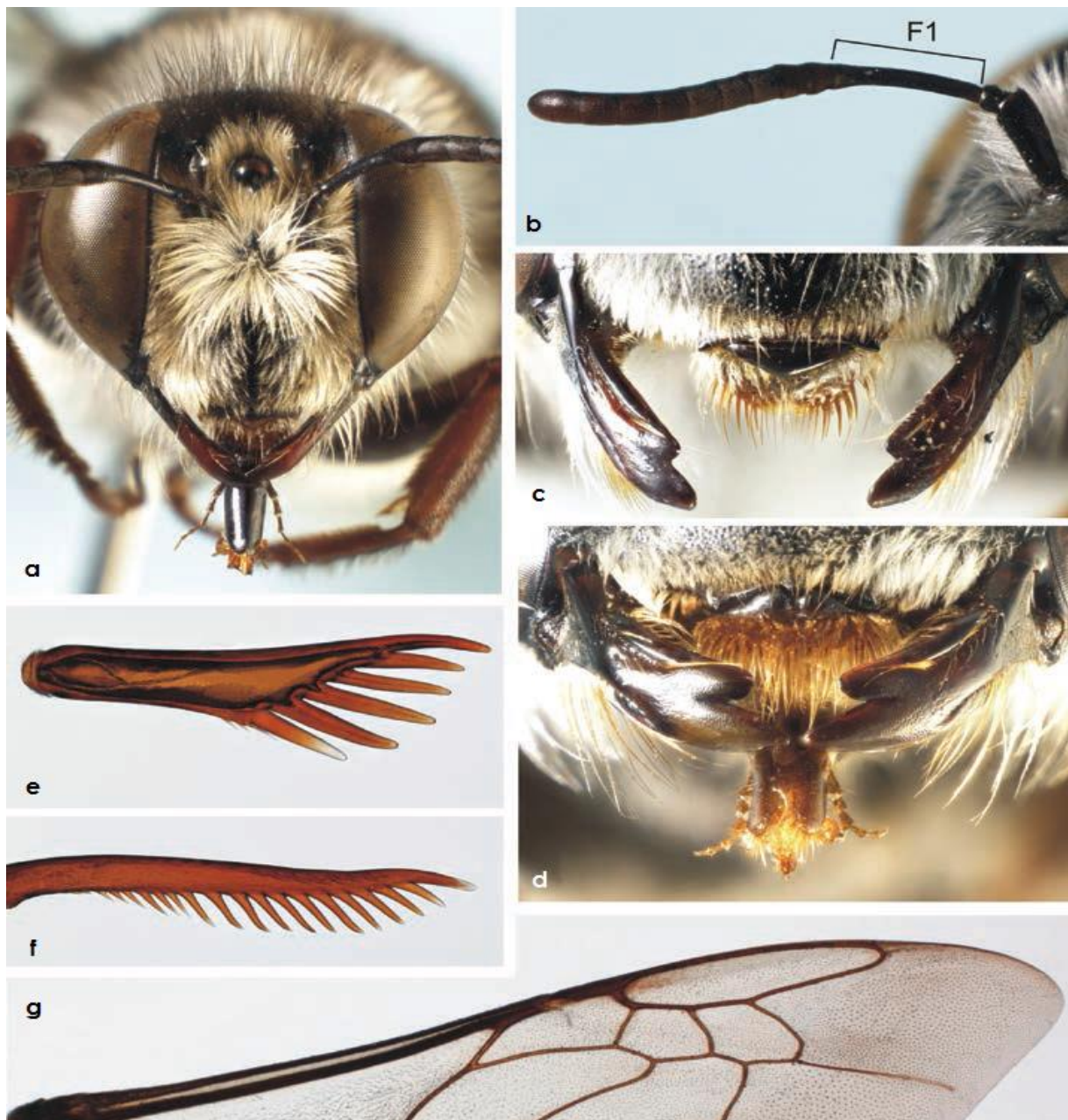
- **Famille des Stenotritidae**

Le nom de cette famille, et le nom de genre *Stenotritus* dont il dérive, fait allusion au troisième segment de l'antenne, long et étroit, caractéristique de toutes les espèces de cette famille (HOUSTON, 2018). Les Stenotritidae (Fig. 20) sont des abeilles solitaires, que l'on ne trouve qu'en Australie (principalement en Australie occidentale). Avec seulement 21 espèces réparties en deux genres (*Stenotritus* et *Ctenocolletes*), il s'agit de la plus petite famille d'abeilles avec la plus petite aire de répartition géographique. Les individus de cette famille préfèrent les habitats ouverts, sablonneux et les landes, ils sont plutôt grands (12-18 mm), robustes, au vol rapide, velus, avec une langue courte (O'TOOLE et RAW, 1991 ;

DANFORTH *et al.*, 2019). Toutes les espèces connues nidifient dans le sol, parfois en agrégations ; les cellules de couvain sont tapissées d'une sécrétion semblable à un vernis. Certaines espèces du genre *Stenotritus* creusent des nids jusqu'à 33 cm de profondeur. Les deux espèces du genre *Ctenocolletes*, *C. albomarginatus* et *C. nicholsoni* creusent des nids jusqu'à 3 mètres de profondeur (O'TOOLE et RAW, 1991).

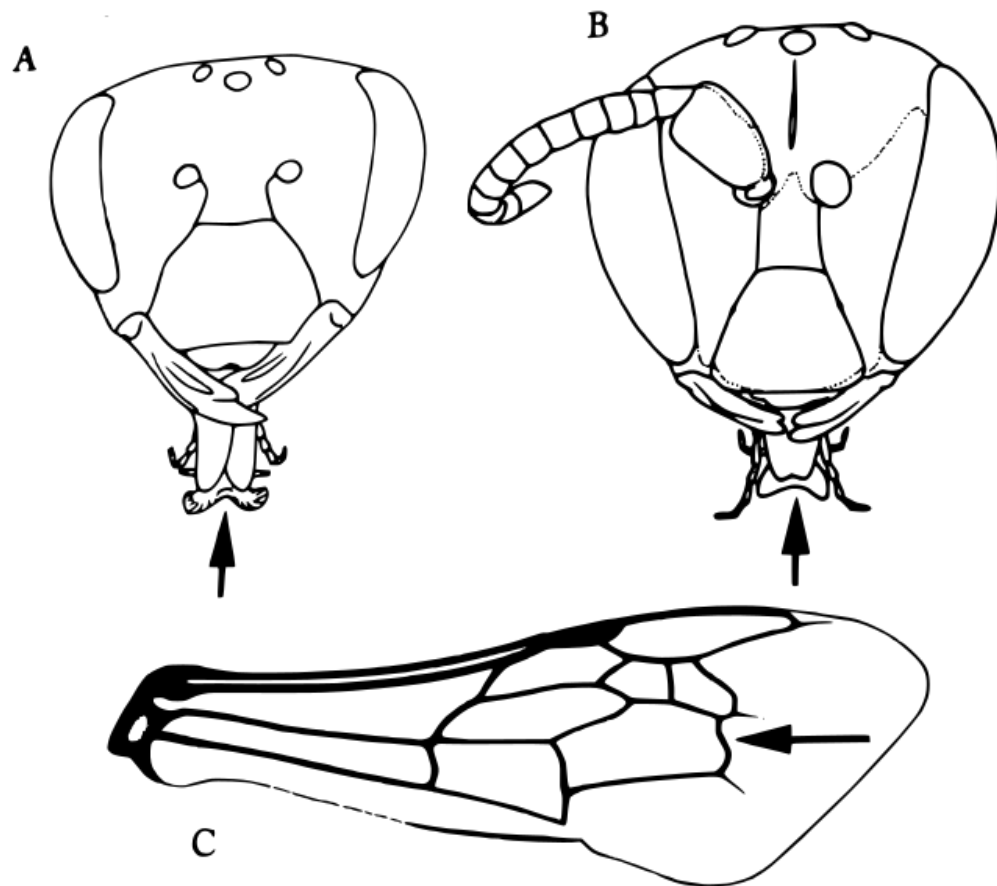
- **Famille des Colletidae**

Le nom de la famille est dérivé du nom du genre *Colletes*, qui vient du mot grec « kolletos » qui veut dire « collé ensemble » et fait très probablement référence à un fluide sécrété par les glandes salivaires des femelles et utilisé dans la construction du nid (HOUSTON, 2018). On les trouve principalement en Australie, avec quelques genres en Amérique du Sud, en Amérique du Nord et en Europe. Leur langue particulière est utilisée pour construire de magnifiques terriers de nidification tapissés de sécrétions translucides. Certaines Colletidae transportent le pollen en l'avalant et en le régurgitant plutôt que de le transporter hors de leur corps comme le font la plupart des autres abeilles, mais d'autres transportent le pollen sur les poils des pattes. Certaines espèces ont de grands ocelles (yeux simples) qui les aident à voir dans la pénombre (Fig. 21) (WILSON-RICH, 2014). Tous les Colletidae sont solitaires, ou presque (quelques Hylaeinae sont considérés comme quasi-sociaux). La majorité des espèces nidifient dans le sol, tandis que quelques-unes nidifient dans les termitières ou le bois en décomposition. De nombreuses autres espèces des sous-familles Hylaeinae et Euryglossinae sont des abeilles logeuses, vivant dans des cavités préexistantes. Les femelles, à l'exception de ces dernières, nichent fréquemment de manière grégaire. Compte tenu de la taille et de la diversité de la famille, il est étonnant que seule une poignée de ses membres soient parasites. Seules quelques espèces hawaïennes du sous-genre *Hylaeus* (*Nesoprosopis*) présenteraient un tel comportement (HOUSTON, 2018).



**Figure 20.** Stenotritidae. (a) Vue de face du mâle de *Ctenocolletes albomarginatus* (notez les ocelles bas) ; (b) antenne de *Stenotritus greavesi* (F1 = premier segment long du flagelle, typique de la famille) ; (c, d) pièces buccales des femelles de *C. albomarginatus* et *S. greavesi*, respectivement (l'élévation basale du labrum est médialement indentée chez les espèces de *Stenotritus* mais pas chez les *Ctenocolletes*) ; (e, f) éperons tibiaux postérieurs internes des femelles de *C. nicholsoni* et *S. greavesi* ; (g) aile antérieure de *Stenotritus* sp. (HOUSTON, 2018).





**Figure 21.** Quelques caractères diagnostiques des Collitidae. A, tête de femelle du genre *Colletes* (glosse avec l'apex bifide, suture subantennaire simple) ; B, tête mâle du genre *Hylaeus* (glosse avec l'apex bifide, suture subantennaire simple, scape élargi, maculation sur la face) ; C, aile antérieure du genre *Colletes* avec la seconde nervure réccurante en forme de S (MICHEZ *et al.*, 2019).

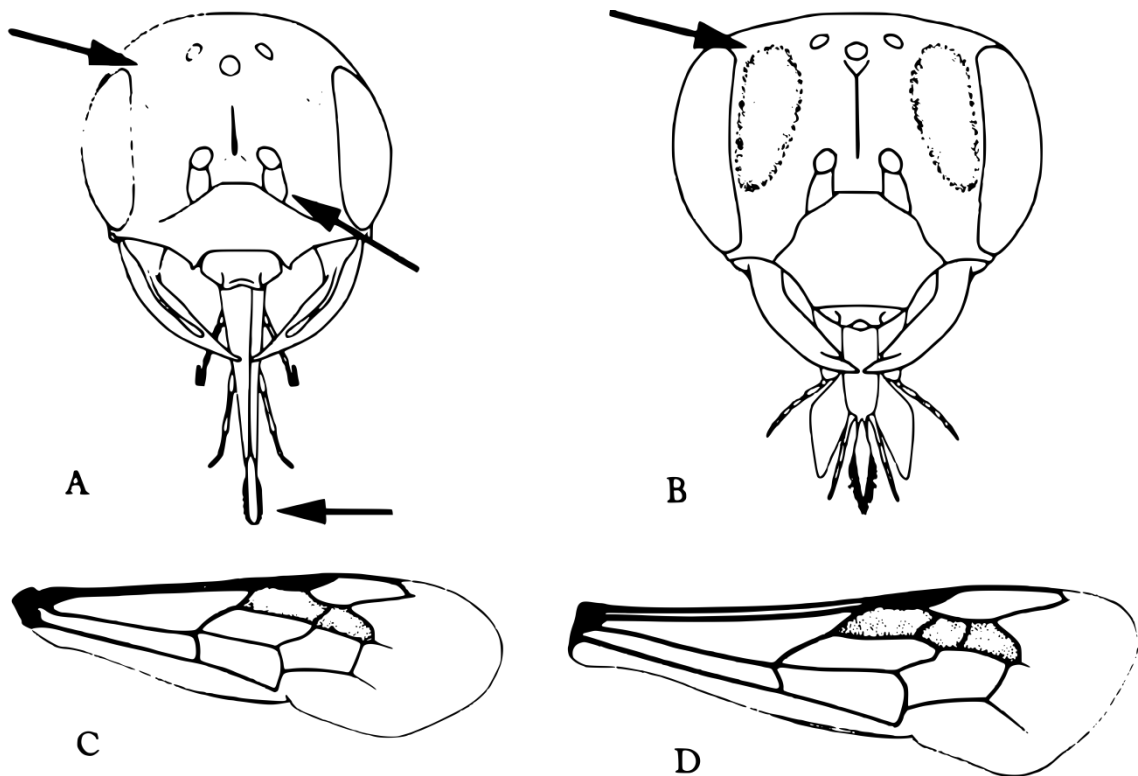
- **Famille des Andrenidae**

Les andrénidés sont une grande famille qui compte environ 3 000 espèces connues. Cette famille (Fig. 22) fait partie des abeilles à glosse courte, mais aussi pointue. Toutes ces abeilles sont des abeilles solitaires, nidifiant au sol. Plusieurs genres ont une nidification communautaire (notamment *Andrena*, *Oxaea*, *Panurgus*, *Perdita* et *Macrotera*). Il n'y a pas d'andrènes cleptoparasites connues. De nombreux andrénidés ont des préférences spécifiques en matière de plantes hôtes, avec des adaptations comportementales et morphologiques pour

accéder à ces ressources (MICHENER, 2007 ; DANFORTH *et al.*, 2019). Les Andrenidae sont divisés en deux sous-familles dont les schémas de distribution sont extrêmement variés. La sous-famille des Andreninae comprend l'énorme genre *Andrena*, qui compte plus de 1 000 espèces réparties dans la région holarctique. Il existe environ 35 sous-genres en Amérique du Nord. Dans la région ouest-paléarctique ce genre comporte 57 sous-genres. Plusieurs sous-genres, voire espèces, sont holarctiques, ce qui indique de nombreuses dispersions à travers les deux continents du nord. La sous-famille des Panurginae est la plus nombreuse et la plus diverse de l'hémisphère occidental. Dans l'ouest paléarctique la sous-famille des Andreninae représentée par son genre le plus diversifié *Andrena* avec 598 espèces et la sous-famille des Panurgini avec 91 espèces décrites sont les plus diversifiées. L'Australie, la région indonésienne et la majorité de l'Asie du Sud-Est sont dépourvues de la famille des Andrenidae (MICHENER, 1979 ; MICHENER, 2007 ; RASMONT *et al.*, 2013).

- **Famille des Halictidae**

Cette énorme famille d'abeilles (Fig. 23) de taille petite à moyenne se trouve sur toute la planète. Avec environ 4 500 espèces connues, la famille des Halictidae est la deuxième plus grande famille d'abeilles. De nombreuses espèces sont de couleur métallique et, à l'exception de l'abeille domestique, font partie des abeilles les plus abondantes dans les fleurs. Cette famille englobe presque toute la gamme des comportements sociaux connus chez les abeilles. Dans le genre *Lasioglossum*, il existe des espèces strictement solitaires, communautaires, semi-sociales et primitivement eusociales (O'TOOLE et RAW, 2004 ; DANFORTH *et al.*, 2019). La majorité des halictides sont des abeilles qui creusent le sol, les femelles nichant aussi bien sur des terrains plats que sur des berges verticales. Quelques halictidés, comme l'australien *Lasioglossum peraustrale*, ont été observés en train de creuser dans des branches, des rondins ou des souches en décomposition pour établir leur nid. Les nids de termites peuvent également être utilisés comme lieux de nidification (HOUSTON, 2018).



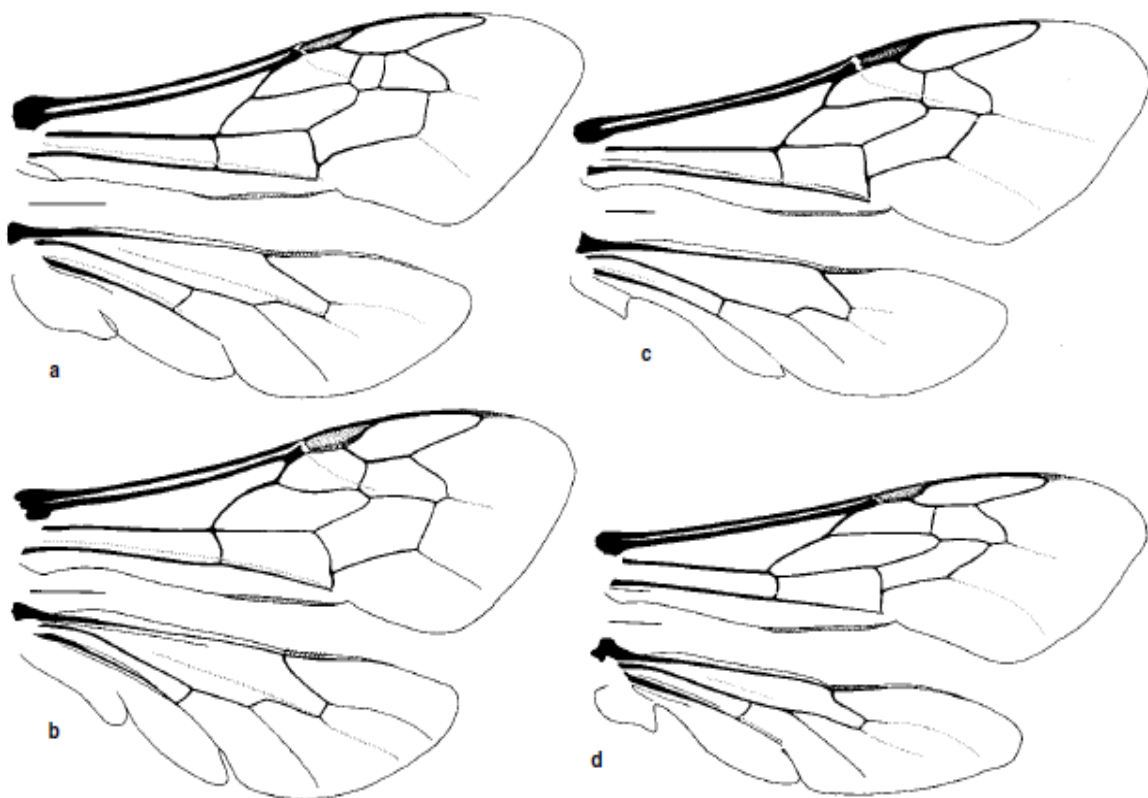
**Figure 22.** Quelques caractères diagnostiques des Andrenidae: A, tête d'une femelle du genre *Panurgus* avec une glosse courte et pointue, des sutures subantennaires doubles et de petites fovéas ; B, tête d'une femelle du genre *Andrena* avec des fovéas faciales très développés ; C, aile antérieure du genre *Panurgus* avec deux cellules submarginales ; D, aile antérieure du genre *Andrena* avec trois cellules submarginales (MICHEZ *et al.*, 2019).



**Figure 23.** Halictidae. Quelques caractéristiques du genre *Halictus* dans la région ouest paléarctique. a: Coloration noire brun ou noir, sans reflets métalliques (*Halictus* sp.), b: Bords apicaux des tergites avec des bandes de pubescence feutrée, c: nervure externe (2r-m) de la troisième cellule submarginale des ailes antérieures aussi forte que la nervure Rs (*Halictus* sp.), d: Antennes avec tous les articles brun noir à noir au dessus (*Halictus scabiosae*), e: bandes apicales des tergites ocracées ; tarses des pattes intermédiaires avec des soies moins longues (*Halictus scabiosae*) (Pauly, 2014).

- **Famille des Melittidae**

Cette petite famille (Fig. 24), avec un total de 201 espèces décrites, est représentée en Eurasie, en Afrique et en Amérique du Nord. Il existe une espèce australienne et aucune en Amérique du Sud. Quelques espèces nidifient dans le bois, mais la plupart creusent des nids dans le sol. Lorsque les cellules du couvain sont tapissées d'une sécrétion de la glande de Dufor, le revêtement est composé d'une classe de produits chimiques appelés butanoates d'alkyle. Les scopae des pattes postérieures sont massivement développées chez les espèces du genre *Dasypoda*. Toutes les espèces connues sont solitaires, à l'exception d'un *Dasypoda*, chez qui deux ou plusieurs femelles peuvent partager un nid. D'autres genres inclus sont *Melitta* et *Macropis*, que l'on trouve en Eurasie et en Amérique du Nord, et *Hesperapis* que l'on trouve en Amérique du Nord et en Afrique du Sud. *Rediviva* se trouve au Zaïre et en Afrique du Sud, où il a une relation inhabituelle avec les fleurs des espèces du genre *Diascia* (O'TOOLE et RAW, 2004, DANFORTH *et al.*, 2019).



**Figure 24.** Ailes des Melittidae (a, b, Melittinae ; c, d, Dasypodainae). a, *Melitta leporina*; b, *Macropis europaea* ; c, *Hesperapis pellucida* ; d, *Dasypoda panzeri*. (MICHENER, 2007).

- **Famille des Megachilidae**

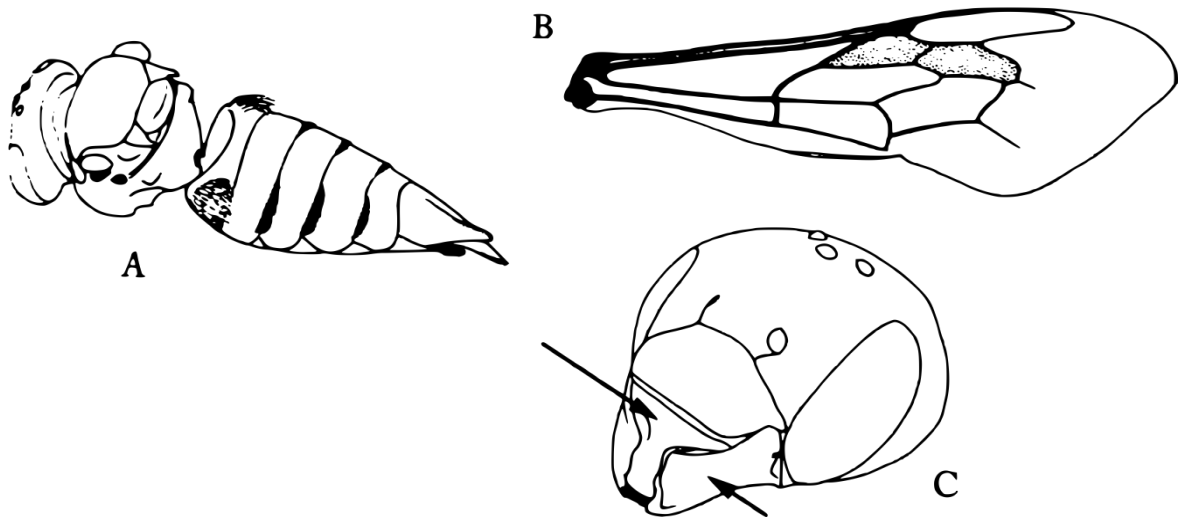
Avec près de 4 000 espèces connues, la famille des Megachilidae (Fig. 25) est la deuxième plus grande famille d'abeilles (MICHENER, 2007; GONZALEZ *et al.*, 2019; ENGEL *et al.*, 2020). Les membres de cette famille sont tous solitaires (bien que quelques-uns aient des comportements grégaires de nidification). Les mégachilidés sont présents sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, et vivent dans une variété d'habitats allant des forêts tropicales humides de basse altitude aux déserts. Les membres de cette famille utilisent un large éventail de matériaux pour construire leurs nids, notamment de la boue, des pétales de fleurs, des feuilles, de la résine végétale, de la terre, du gravier, des trichomes de plantes et des sacs à provisions en plastique (dans les habitats urbains). Ils nichent également dans un large éventail de substrats, tels que les murs, les pierres et les branches d'arbres, ainsi que dans des cavités préexistantes dans le sol, les tiges, les galles, les coquilles d'escargots et les termitières arboricoles. De nombreux Megachilidae sont des spécialistes des plantes hôtes, et le cleptoparasitisme a été observé dans le groupe à de nombreuses occasions (19 genres et 668 espèces sont connus pour être cleptoparasites). *Megachile rotundata* et *Osmia lignaria* sont deux des plus importants pollinisateurs gérés de cette famille (utilisés dans la pollinisation des cultures tels que : pomme, amande, abricot, mûre, pêche, poire, prune, framboise, rose, fraise, cerise douce et cerise acide.) (MACIVOR et MOORE, 2013 ; HOUSTON, 2018 ; DANFORTH, 2019).

En Algérie, des études réalisées à l'heure actuelle ont démontré la présence de plusieurs espèces du genre *Osmia* telles que *O. latreillei* Spinola, 1806, *O. pinguis* Pérez, 1895, *O. caerulescens* Linnaeus, 1758, *O. signata* Erichson, 1835, *O. andrenoides* Spinola, 1808, *O. leaiana* Kirby, 1802, *O. niveibarbis* Pérez, 1902, *O. notata* Fabricius, 1804, *O. tunensis* Fabricius, 1787, *O. cornuta* Latreille, 1805, *O. kohlii* Ducke, 1899, *O. tricornis* Latreille, 1811, *O. versicolor* Latreille, 1811, et *O. rufa* Linnaeus, 1758 (LOUADI *et al.*, 2007; 2008; BENDIFALLAH ET ORTIZ-SANCHEZ, 2018). Plusieurs espèces d'Osmiini sont utilisées pour la pollinisation des plantations de tournesols, d'amandes, de pommes, de prunes, de bleuets, de poires, de pêches, de cerises et de colza telles que l'abeille maçonne à cornes *O. cornifrons* Radoszkowsky, 1887, l'abeille maçonne européenne *O. cornuta* Latreille, 1805, l'abeille maçonne *O. latreillei* Spinola, 1806, l'abeille bleue du verger *O. lignaria* Say, 1837, et l'abeille maçonne rouge *O. rufa*, (VAN DER STEEN, 1991; Bosch *et al.*, 2002; MACCAGNANI *et al.*, 2007; TEPER ET BILINSKI, 2009; SEDIVY ET DORN, 2014; PINILLA-GALLEGO ET ISAACS, 2018; SHEBL *et al.*, 2018). Les espèces d'Osmie sont

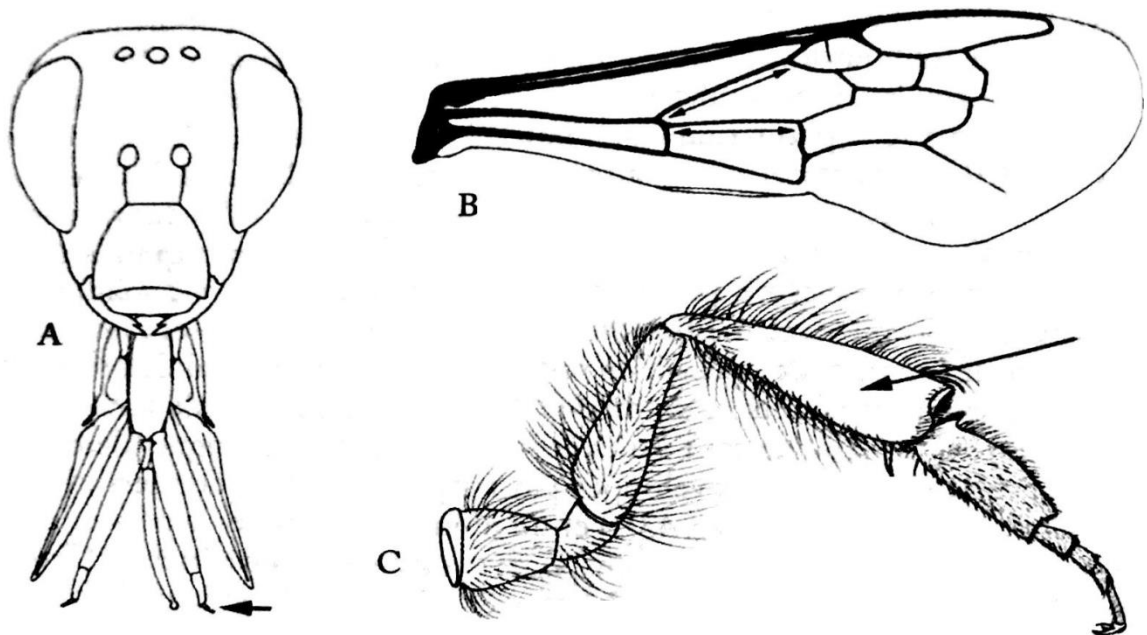
solitaires, bien que beaucoup nichent en agrégations (les nids sont regroupés les uns à côté des autres mais chaque abeille a son propre nid) (MICHENER, 2007; MADER *et al.*, 2010). La plupart des espèces d'*Osmia* sont des pollinisateurs généralistes dans leur habitat naturel, collectant le pollen de neuf à vingt familles de plantes (SEDIVY ET DORN, 2014). L'étude des nids d'abeilles révèle d'importantes connaissances écologiques-spécifiques sur la spécialisation alimentaire, le comportement de nidification et les relations phylogénétiques des abeilles (BOSCH *et al.*, 2001 ; MICHENER, 2007 ; ENGEL, 2011 ; VITALE ET VAZQUEZ, 2017).

- **Famille des Apidae**

Les apidés sont la plus grande famille d'abeilles, avec près de 6 000 espèces décrites (35 % des abeilles du monde), avec une gamme variée de formes sociales, y compris les abeilles solitaires (Anthophorini) et communautaires (Xylocopini, Euglossini), les bourdons primitivement eusociaux (Bombini), les abeilles mellifères eusociales avancées (Apini) et les abeilles sans dard (Meliponini) (DANFORTH, 2019) (Fig. 26-27). Cette famille répartie dans le monde entier est très diversifiée sur le plan morphologique et elle est divisée en trois sous-familles (Apinae, Xylocopinae et Nomadinae) et de nombreuses tribus, dont certaines ont eu le statut de famille dans le passé (MICHENER, 2007). Les nids sont généralement de forme simple, creusés dans le sol, dans du bois mort, ou la couvée est simplement élevée dans des creux existants. Seuls les Meliponini peuvent construire des structures complexes à partir de cire sécrétée combinée à différentes quantités de résine. Toutes les espèces de *Thyreus*, *de Melecta*, *d'Epeolus* et de *Nomada*, ont des comportements cleptoparasites. Comme chez les Megachilidae, certaines larves d'Apidae (*Thyreus*, *Austroplebeia* et *Tetragonula*) construisent des cocons avant de se nymphoser. Un autre trait partagé par les Megachilidae est que les mâles perchés s'agrippent à leur perchoir avec leurs mandibules plutôt qu'avec leurs pattes, comme le font les abeilles à langue courte et les Apidae solitaires (MICHENER, 2000 ; MICHENER, 2007 ; HOUSTON, 2018 ; DANFORTH, 2019).

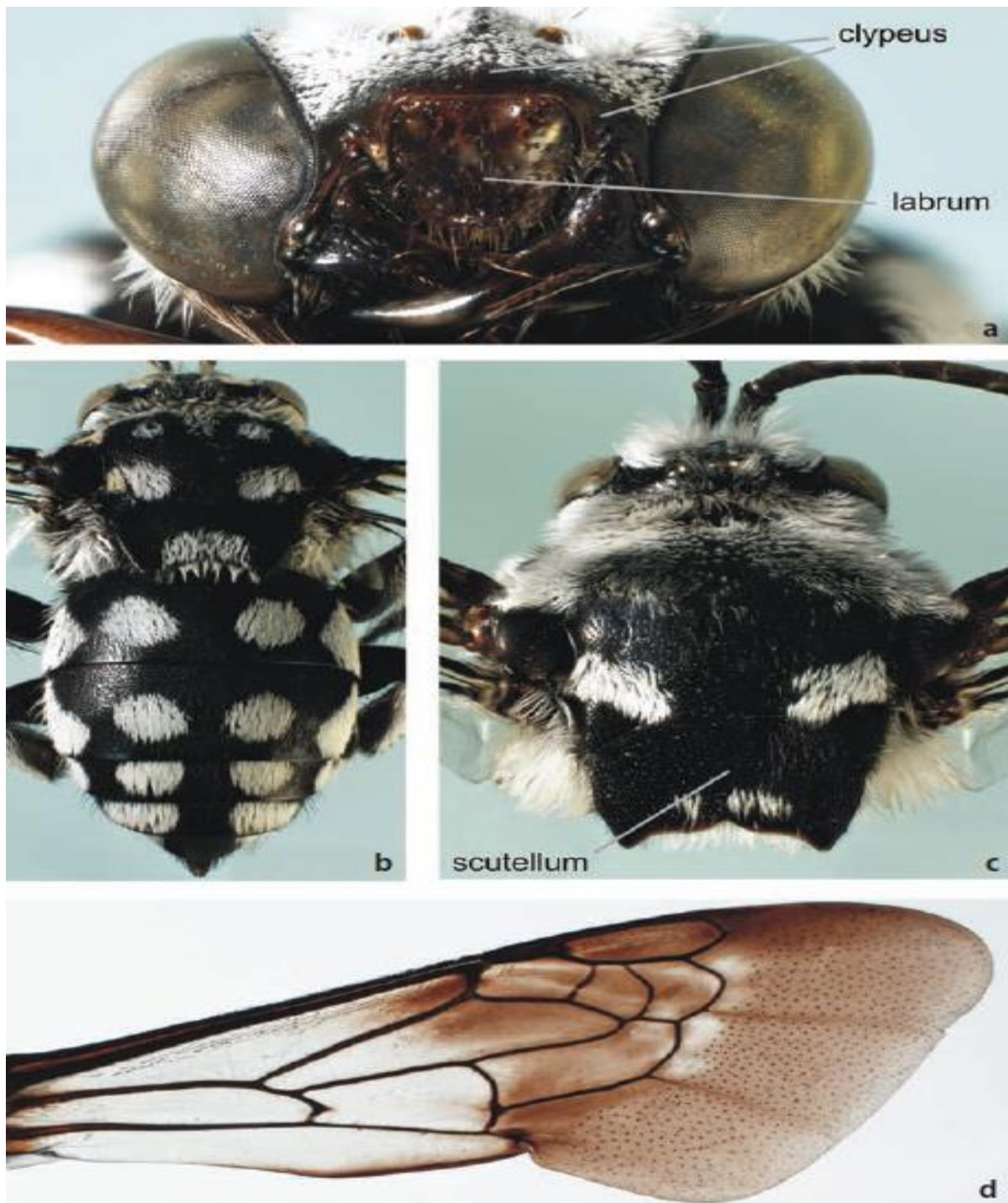


**Figure 25.** Caractéristiques des Megachilidae : A, metasoma (forme triangulaire chez le genre *Coelioxys*) ; B, nervation de l'aile antérieure avec deux cellules submarginales (*Osmia cornuta*) ; C, tête avec un labre allongé et des mandibules généralement bien développées (*Hoplitis adunca*) (MICHEZ et al, 2019).



**Figure 26.** Quelques caractères diagnostiques de la famille des Apidae : A, langue longue ; B, nervation de l'aile antérieure avec la nervure basale relativement longue par rapport à la nervure cubitale (uniquement chez les espèces à trois cellules submarginales) ; C, corbeille de la patte postérieure (uniquement chez les genres *Apis* et *Bombus*) (MICHEZ et al., 2019)





**Figure 27.** Apidae. Caractéristiques du genre *Thyreus*. (a) Vue ventrale de la tête (notez que le clypeus se plie latéralement autour d'un grand labrum exposé) ; (b) vue dorsale du corps montrant les taches de poils caractéristiques ; (c) vue dorsale de la tête et du thorax (abdomen enlevé pour mieux montrer le scutellum en forme de tablette qui se projette vers l'arrière) ; (d) aile antérieure (HOUSTON, 2018).

**I.12. Biogéographie des apoïdes**

Avec plus de 20000 espèces documentées dans le monde, les abeilles dépassent considérablement les amphibiens (8500 espèces), les reptiles (11500 espèces), les oiseaux (11000 espèces) et les mammifères (5400 espèces). L'Amérique du Nord compte environ 4000 espèces, la région ouest paléarctique en compte environ 3370 espèces, l'Amérique du Sud compte environ 7000 espèces, l'Afrique environ 4000, et l'Australie plus de 2000. En outre, plusieurs nouvelles espèces sont découvertes chaque année dans le monde entier. Les abeilles se sont répandues dans pratiquement tous les coins du monde où il y a des plantes sur le sol. Certaines espèces affrontent les difficultés de l'existence dans la toundra arctique, tirant le meilleur parti des quelques longues journées pendant les étés extrêmement courts. D'autres survivent à des températures aussi rigoureuses dans les Andes et l'Himalaya, où des abeilles ont été découvertes à plus de 4500 mètres d'altitude. La plupart des abeilles, en revanche, sont des créatures qui aiment la chaleur, et la plus grande diversité d'espèces se trouve dans les environnements chauds et tempérés : les déserts, les steppes arides, les matorrals et les milieux méditerranéens en général (O'TOOLE et RAW, 1991 ; DANFORTH, 2007 ; KUHLMANN *et al.*, 2014 ; HOUSTON, 2018).

# 2

*MATERIEL*

*ET METHODES*

Cette partie concerne trois aspects:

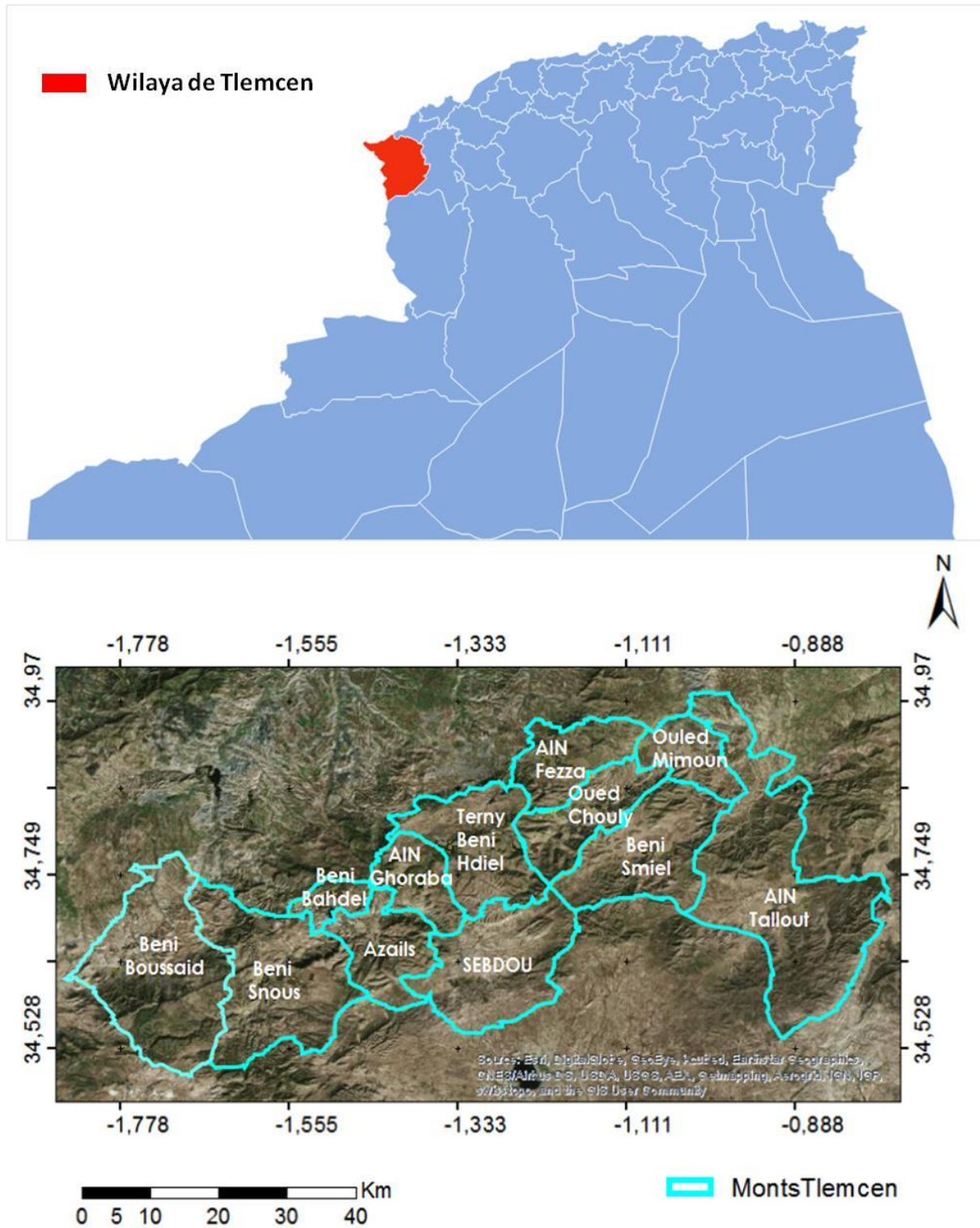
- L'étude des Apoïdes en milieu naturel sur les plantes spontanées ;
- La bio-écologie d'une espèce d'abeille sauvage : *Osmia (Helicosmia) latreillei* Spinola, 1806 ;
- La composition et l'importance des abeilles sauvages en milieu agricole sur l'amandier.

### **II.1. Apoïdes en milieu naturel.**

Les points étudiés concernent : l'inventaire, la diversité et la distribution des Abeilles Sauvages (Hymenoptera : Apoidea ; Anthophila) à travers les Monts de Tlemcen dans le nord-ouest de l'Algérie.

#### **II.1.1. Région d'étude**

L'étude de cette partie est réalisée à travers trois localités dans les monts de Tlemcen (Fig. 28) situés dans l'extrémité occidentale de l'Algérie, entre les latitudes Nord 34° et 35° et les longitudes Ouest 0°30' et 2°. Coupés par une chaîne de collines et de montagnes qui culminent à certains points à plus de 1800 m, ces montagnes s'étendent sur une superficie de 178.000 ha. L'ensemble des localités inventoriées est représenté sur la figure 28. La station de Lalla Setti (latitude : 01°18'N, longitude : 34°51'O, altitude : 1100 m) fait partie de la forêt domaniale de Tlemcen (Fig. 29). Elle est caractérisée par un couvert végétal dégradé suite au surpâturage exercé dans la région. La station de Moutas (latitude : 34°45'N, longitude : 01°28', altitude : 1150 m) est une aire protégée caractérisé par un couvert végétal diversifié créant des conditions favorables pour le développement et le repeuplement de la faune (Fig. 30). Elle est constituée de bois et sous bois de chêne vert et de chêne zeen parsemé de clairières emblavées par les soins de l'établissement pour assurer la sécurité alimentaire de tout son cheptel. On dénombre 324 espèces végétales environ, dont 40 arbres et arbustes, 26 céréales, 45 légumineuses et 150 herbes diverses. La station d'Ain Beni Add (latitude : 34°51'N, longitude : 1°12'O, altitude : 1140 m) se caractérise par un couvert végétal de formations préforestières très dégradées suite à l'action anthropique dans la région (Fig. 31). Les trois sites sont caractérisés par un climat semi-aride supérieur à variante fraîche.



**Figure 28.** Situation géographique de la région d'étude. (OUAHAB, 2022).



**Figure 29.** Le site de Lalla Setti (OUAHAB, 2023)



**Figure 30.** Le site de Moutas (OUAHAB, 2023).



**Figure 31.** Le site d'Ain Beni Add (OUAHAB, 2023).

### **II.1.2. Echantillonnage et conservation des apoïdes**

Les investigations ont débuté en janvier 2014 pour s'achever en juin de la même année. Les prospections et les captures d'insectes s'effectuent à des fréquences régulières. Néanmoins, la majorité des captures sont faites en saison printanière (avril, mai, juin) vu que le vol de la majorité des espèces d'abeilles est intense, synchronisé avec l'apparition de la majorité des plantes à fleurs. En période hivernale (janvier, février, mars), la collecte n'a pas été effectuée de manière régulière suite au vol ou à la destruction répétée des pièges sachant que pour cette période, seuls les bacs jaunes sont utilisés dans les trois sites d'étude. L'échantillonnage est effectué une fois par semaine pour chacune des stations de 8h :00 à



15h :00. Les méthodes d'échantillonnage sont utilisées en même temps afin de pouvoir capturer le maximum d'espèces et d'individus. Pour ce faire, deux méthodes de capture sont utilisées: les coupelles à eau jaunes et la chasse à vue. En ce qui concerne cette dernière, sont employés le filet et les sachets en matière plastique.

### II.1.3. Identification des spécimens

Dans le laboratoire de Zoophytiatrie du Professeur Doumandji Salaheddine, à l'Ecole Supérieure Nationale Agronomique d'Alger, l'identification des spécimens est faite à l'aide d'une loupe binoculaire en utilisant des guides d'identification (MICHENER, 2007 ; MICHEZ et al., 2019) et les trois sites internet ([www.atlashymenoptera.net](http://www.atlashymenoptera.net) , [www.bwars.com](http://www.bwars.com) , [www.discoverlife.org](http://www.discoverlife.org)). Après l'identification jusqu'aux genres et le tri des spécimens en morphospecies, une grande partie de la collection a été perdue suite à un incident. Certains specimens sont envoyées à l'étranger chez des spécialistes (Prof. Rasmont Pierre du Laboratoire de Zoologie de l'Université de Mons (Belgique) et Prof. Francisco Javier Ortiz Sánchez de l'Université d'Almeria (Espagne)) pour une éventuelle identification.

### II.1.4. Analyse des résultats

Pour évaluer la diversité des abeilles dans chacun des sites et entre les sites, les résultats sont analysés à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

- Les indices écologiques de compositions utilisés sont :

- **Richesse spécifique totale ou spécifique S**

La façon la plus simple de mesurer la diversité des espèces est de compter le nombre d'espèces présentes dans une zone donnée, ce que l'on appelle la richesse spécifique S.

- **Richesse spécifique moyenne**

La richesse moyenne **sm** est d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements (RAMADE, 1984). Elle correspond au nombre moyen des espèces observées dans un échantillon (MULLER, 1985).

- **Abondance relative (A.R)**

La fréquence centésimale ( $F_c$ ) représente l'abondance relative ( $A_r$ ), encore appelée probabilité d'occurrence de l'espèce  $i$ , elle correspond au pourcentage d'individus d'une espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus recensés ( $N$ ) d'un peuplement (RAMADE, 1984).

- Les indices écologiques de structure employés sont :
- **Diversité de Shannon**

L'indice permet d'évaluer le peuplement dans un biotope. Il est exprimé par le nombre des espèces et par leurs abondances relatives. Selon Ramade (1984), l'indice de Shannon est calculé à l'aide de la formule suivante;

$$H' = - \sum p_i \text{Log}_2 p_i$$

$H'$  est l'indice de diversité en unité bits

$P_i = n_i / N$  est la probabilité de rencontrer l'espèce  $i$ .

$n_i$  est le nombre d'individus d'une espèce  $i$ .

$N$  est le nombre total des individus.

- **Indice de concentration et d'uniformité**

La concentration est basée sur la probabilité que deux individus d'un peuplement qui interagissent appartiennent à la même espèce. La concentration et l'uniformité sont mesurées par l'indice proposé par Legendre et Legendre (1984). Ils considèrent que lorsque l'échantillon comporte un grand nombre de spécimens, la différence s'amenuise entre  $N_i$  et  $N_i - 1$ .

$$\text{Concentration} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i}{N} \right)^2 = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

A partir de cette formule, GREENBERG (1956) cité par EDMUND (1978) propose une formule pour mesurer la diversité spécifique :

$$D = 1 - \text{Concentration}$$

$D$  est la diversité spécifique

- **Equirépartition**

L'Equirépartition  $E$  des espèces se calcule par le rapport de la diversité observée  $H'$  à la diversité théorique maximale  $H'_{\max}$ .

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Cet indice permet de savoir comment se fait la répartition des effectifs entre les diverses espèces présentes. Selon Ramade (1984), les valeurs de  $E$  varient entre 0 et 1. L'equirépartition est égale à 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement. Elle est égale à 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus (RAMADE, 1984).

- **Indice de Hurlbert**

L'indice de Shannon-Weaver est le plus fréquemment employé pour estimer la diversité spécifique. Parmi les principaux inconvénients de cet indice, c'est qu'il est exprimé en bits. Hurlbert (1971) a suggéré une autre méthode pour l'évaluation de la richesse en espèces d'un endroit. Il représente le nombre d'espèces que l'on s'attend à trouver dans un tirage aléatoire de l'échantillon collecté. Il a le grand avantage, par rapport à l'indice de Shannon-Weaver qui est exprimé en bits, d'être très significatif : on peut dire, par exemple, que 25 espèces sont observées pour 100 spécimens (RASMONT et BARBIER, 2000).

Il s'exprime comme suit :

$$E(s) = \sum [1 - ((N - N_i) / N)^{100}]$$

Où :

$N_i$  = nombre de spécimens de l'espèce  $i$

$N$  = nombre total de spécimens de la station

$s$  = nombre de spécimens dans le tirage (par exemple 100 ou 1000)

$E(100)$  = le nombre d'espèces espérés dans une prise de 100 spécimens

unité = espèces / 100 spécimens

#### II.1.4. 1. Analyse statistique des résultats

Les résultats obtenus sont analysés statistiquement en utilisant la méthode d'analyse factorielle des correspondances. Selon Legendre et Legendre (2012), cette dernière a été proposée pour la première fois pour analyser les tableaux de contingence à deux voies. Dans ces tableaux, les états d'un premier descripteur (lignes) sont comparés aux états d'un second descripteur (colonnes). Les données de chaque cellule du tableau sont des fréquences, c'est-à-dire le nombre d'objets codés avec une combinaison d'états des deux descripteurs. Ces fréquences sont des entiers positifs ou des zéros. L'application la plus courante de l'AFC en écologie est l'analyse de la composition des communautés (valeurs de présence-absence ou d'abondance des espèces) sur des sites d'échantillonnage. Les lignes et les colonnes du tableau de données correspondent alors aux sites et aux espèces, respectivement. Un tel tableau est analogue à un tableau de contingence car les données sont des fréquences. L'analyse factorielle des correspondances de nos résultats est réalisée à l'aide du logiciel R (R version 4.1.3) en utilisant les deux packages (FactoMineR et Factoshiny).

## II.2. Bioécologie des Apoïdes

Cette partie traite des ressources alimentaires et de l'écologie de nidification de l'abeille maçonne *Osmia (Helicosmia) latreillei* Spinola, 1806 (Hymenoptera: Megachilidae) dans l'ouest de l'Algérie.

### II.2.1. Site d'étude

Les recherches sont menées de mai à juin de l'année 2018, pendant la période d'activité d'*Osmia latreillei* au Centre National de Développement des Ressources Biologiques (CNDRB) à El Bayadh, dans l'ouest de l'Algérie (latitude : 33°37'N, longitude : 1°08'E, altitude : 1400 m) (Fig. 32). Le centre a une superficie d'environ 16 ha et se caractérise par un climat semi-aride à aride avec des précipitations annuelles de 200-250 mm par an (GEOSYSTEM Consult, 2015). La végétation est composée d'une plantation de pins d'Alep, d'un verger d'amandier et de plantes herbacées typiques des steppes telles que *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum*. Les espèces des familles Asteraceae, Malvaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae et Poaceae sont les plantes spontanées caractéristiques de cette région. Un inventaire complet est réalisé pour répertorier les plantes indigènes de la région d'étude pendant la période d'activité d'*O. latreillei*. L'identification des plantes est réalisée à l'aide du guide de Quezel et Santa (1962-1963). L'identification de l'Osmie est effectuée par le Professeur Andreas Müller (Institut des Sciences Agricoles, Biocommunication et Entomologie, Suisse).



**Figure 32.** Site d'étude situé au Centre National de Développement des Ressources Biologiques à El Bayadh, à l'ouest de l'Algérie (Photographie de Y. OUAHAB, 2018).

### II.2.1. Méthodologie

Pour étudier l'écologie de la nidification, des nids-pièges sont fabriqués à partir de morceaux de roseau de différentes dimensions (longueur :18-194 mm, diamètre :7-11 mm). Ces morceaux sont regroupés en nids-pièges et placés horizontalement sur les murs des bâtiments, comme le montre la figure 33.



**Figure 33.** Nids de piégeage faits de morceaux de roseaux de différentes dimensions [longueur (18-194 mm), diamètre (7-11 mm)], fixés horizontalement sur les murs des bâtiments du site d'étude (Photographie de Y. OUAHAB, 2018).

Les nids sont visités quotidiennement pour vérifier l'activité des abeilles et le comportement de nidification à l'intérieur de tubes de plus grand diamètre. À la fin de la période d'activité d'*O. latreillei* à la mi-juin, un total de 15 nids complets sont sélectionnés au hasard (cinq nids sont choisis dans la partie supérieure du nid-piège, cinq au milieu et cinq dans la partie inférieure) et sont emmenés en laboratoire. En laboratoire, le pollen est prélevé des nids disséqués (la dissection est effectuée à l'aide d'un couteau fin afin de ne pas endommager les cellules), puis le contenu de chaque cellule est placé dans un tube Eppendorf.

Pour photographier nos échantillons, la graisse et le nectar de chaque cellule sont éliminés par lavage à l'éthanol absolu, en agitant le tube Eppendorf entre les doigts pendant 30 secondes, puis on laisse le pollen se précipiter. Après précipitation, le liquide est retiré à l'aide d'une seringue et le résidu est lavé à nouveau avec de l'éthanol absolu et l'opération est répétée plusieurs fois jusqu'à ce que le liquide devienne transparent (OUAHAB et al., 2021). À l'aide d'une pipette Pasteur, une goutte de pollen est ensuite transférée sur une lame de microscope et pulvérisée avec le bout émoussé d'une spatule, puis mélangée et répartie sur la lame à l'aide d'une épingle entomologique selon la méthode décrite par MacIvor *et al.* (2014). Pour éviter la contamination entre les échantillons, la pipette de Pasteur, la spatule et l'épingle entomologique sont nettoyées à l'eau distillée entre chaque préparation de lame. Pour une meilleure visibilité de la microstructure des grains de pollen, une goutte de fuchsine (dilution à 10% avec de l'éthanol pur) est ajoutée. Le pollen est ensuite séché à l'air libre pendant cinq minutes. Après le séchage, une goutte de glycérine (dilution à 10 % avec de l'éthanol pur) est ajoutée. Cinq lames de pollen sont réalisées pour chaque nid, produisant un total de 75 lames. Les lames sont examinées au microscope optique avec une caméra intégrée. Nous avons utilisé un grossissement de 40× pour l'identification et le comptage de pollen en examinant la totalité de la lame. Certains échantillons de pollen sont identifiés à l'espèce et d'autres seulement au genre en raison des limites de l'identification du pollen au microscope optique. L'identification est faite à l'aide de la liste des plantes indigènes identifiées pendant la période de vol de l'abeille toute en utilisant des guides d'identification (QURESHI et al., 2002; ÖZLER et al., 2009 ; ERKARA et al., 2012 ; WORTLEY et al., 2012 ; KAYA et al., 2013 ; SHABESTARI et al., 2013 ; AGHABABAEYAN et al., 2014 ; DAUTI et al., 2014 ; CORDIER, 2018 ; PINAR et al., 2016 ; HALBRITTER et al., 2018 ; SVITLANA et al., 2018). Après identification, le pollen est quantifié en comptant successivement 300 grains de pollen par lame. Les grains de pollen sont comptés par groupes de 100, en suivant des lignes parallèles équidistantes et uniformément réparties d'un bord de la lame au bord opposé, jusqu'à ce que 300 grains aient été comptés. Le nombre total de grains de pollen comptés est de 1 500 grains par nid et de 22 500 grains au total selon la méthodologie de Gonçalves et ses collègues (2012). Nous avons ensuite déterminé le pourcentage d'occurrence de chaque taxon végétal trouvé dans les provisions d'*O. latreillei* selon les méthodes de Louveaux et al. (1978). Les types de pollen sont classés comme dominants (> 45% du total des grains sur les lames), accessoires (15-45%), isolats importants (3-14%), et isolats occasionnels (< 3%). Les espèces représentées par un seul grain de pollen sur toutes les lames examinées sont considérées comme des contaminants.

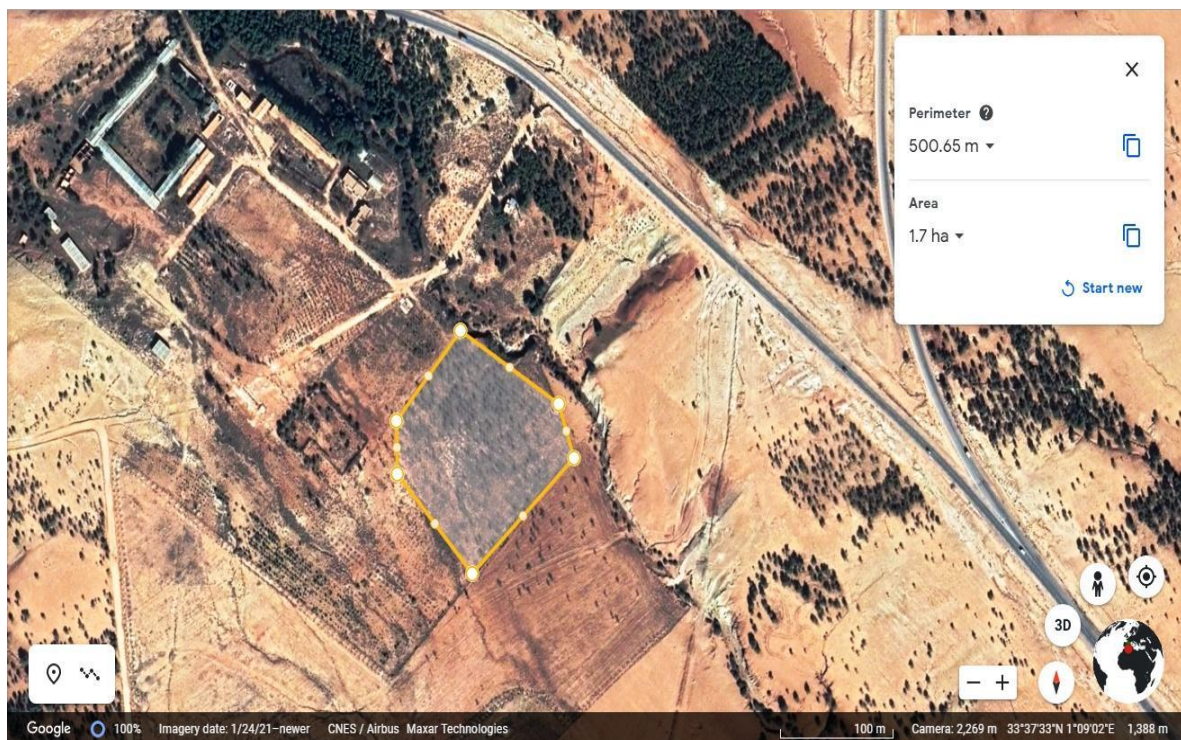
Pour étudier l'architecture des nids, les mêmes nids disséqués sont utilisés, et la disposition des cellules, la longueur des cellules, l'épaisseur des cloisons et les bouchons de fermeture sont décrits et mesurés à l'aide d'un pied à coulisse (TASEI et PICART, 1972).

### II.3. Apoïdes en milieu agricole

Cette partie concerne la faune Apoïde associée aux plantations d'amandier dans le nord-ouest de l'Algérie.

#### II.3.1. Site d'étude

Cette étude est réalisée au niveau du CNDRB (Centre National de Développement des Ressources Biologiques) à El Bayadh dans l'ouest Algérien (Fig. 34-35). Le centre renferme un verger d'amandier dans lequel ce travail est conduit, d'une superficie de 1,7 hectares avec 167 arbres (latitude : 33°37'39 "N, longitude : 1°08'43 "E, altitude : 1400 m).



**Figure 34.** Situation géographique du site d'étude (OUAHAB, 2019).



**Figure 35.** Le verger d'amandier en pleine floraison (OUAHAB, 2019).

### **II.3.2. Méthodologie**

Les captures d'abeilles sont faites quotidiennement pendant 30 minutes toutes les heures entre 9h00 et 13h00 pendant un mois du 10 février au 10 mars 2019 durant la période de floraison de l'amandier. Nous avons procédé à la collecte systématique des abeilles sauvages dans le but d'établir un inventaire exhaustif de la faune d'Apoidea associée aux plantations d'amandier. L'observateur marche lentement le long des rangs d'amandiers afin de capturer les spécimens sur les fleurs durant le butinage à l'aide d'un filet entomologique et des sacs en plastique (Fig. 36-37). Le matériel biologique capturé est ensuite transporté en laboratoire afin de le déterminer. L'identification spécifique est faite par le Dr. A. Dorchin, le Dr. T. Wood, et le Dr. A. Pauly.





**Figure 36.** Capture des abeilles en utilisant les sacs en plastique (OUAHAB, 2019).



**Figure 37.** Capture des abeilles à l'aide du filet entomologique (OUAHAB, 2019).

# 3

*RESULTATS*

*ET DISCUSSION*

### III.1.1. Résultats de la Faune des Apoïdes en milieu naturel

L'étude de la faune des Apoïdes prend en compte l'inventaire, la diversité et la distribution des Abeilles Sauvages à travers trois localités des Monts de Tlemcen.

#### III.1.1.1. Classification des Apoidea

L'examen du tableau 1 révèle la présence de 5 familles : Apidae, Andrenidae, Megachilidae, Halictidae et Colletidae, et de 21 genres. 155 morphospecies d'abeilles sauvages sont recensées dont 20 taxons identifiées jusqu'à l'espèce (Tab. 2).

**Tableau 1.** Espèces d'abeilles sauvages inventoriées dans les trois sites pendant la période d'étude.

Familles, sous-familles, tribus.	Genres	Espèces, sous-espèce
<b>Apidae Apinae /</b>		
<b>1- Bombini</b>	1- <i>Bombus</i> Latreille, 1802	- <i>Bombus terrestris</i> (L., 1758), <i>ssp. africanus</i>
<b>2- Anthophorini</b>	1- <i>Anthophora</i> Latreille, 1803 2- <i>Amegilla</i> Friese, 1897	- <i>Anthophora plumipes</i> (Pallas, 1772) - <i>Amegilla quadrifasciata</i> (Villers, 1789)
<b>3- Eucerini</b>	1- <i>Eucera</i> Scopoli, 1770 2- <i>Tetralonia</i> Spinola, 1838	- <i>Eucera numida</i> (Lepeletier, 1841) - <i>Tetralonia</i> sp.
<b>4-Melectini</b>	1- <i>Thyreus</i> Panzer, 1806	- <i>Thyreus</i> sp.
<b>Apidae/ Xylocopinae /</b>		
<b>1-Xylocopini</b>	1- <i>Xylocopa</i> Latreille, 1802	- <i>Xylocopa violacea</i> (L., 1758)
<b>2-Ceratinini</b>	1- <i>Ceratina</i> Latreille, 1802	
<b>Apidae/ Nomadinae /</b>		
<b>1-Nomadini</b>	1- <i>Nomada</i> Scopoli, 1770	- <i>Nomada</i> sp.
<b>Andrenidae/ Andreninae /</b>		
	1- <i>Andrena</i> Fabricius, 1775	- <i>Andrena albopunctata</i> (Rossi, 1792) - <i>Andrena angustior</i> (Kirby, 1802) - <i>Andrena agilissima</i> (Scopoli, 1770) - <i>Andrena ovatula</i> (Kirby, 1802) - <i>Andrena thoracica</i> (Fabricius, 1775) - <i>Andrena</i> sp.
<b>Andrenidae/ Panurginae /</b>		
<b>Panurgini</b>	1- <i>Panurgus</i> Panzer, 1806	- <i>Panurgus</i> sp.
<b>Megachilidae/ Megachilinae /</b>		
<b>1-Anthidini</b>	1- <i>Anthidium</i> Fabricius, 1804	- <i>Anthidium</i> sp.

	2- <i>Rhodanthidium</i> Isensee, 1927	- <i>Rhodanthidium siculum</i> (Spinola, 1838)
<b>2- Megachilini</b>	1- <i>Megachile</i> Latreille, 1802 2- <i>Chalicodoma</i> Lepeletier, 1841	- <i>Megachile</i> sp. - <i>Chalicodoma sicula</i> (Rossi, 1792)
<b>3- Osmiini</b>	1- <i>Osmia</i> Panzer, 1806  2- <i>Heriades</i> Spinola, 1808	- <i>Osmia cornuta</i> (Latreille, 1805) - <i>Osmia rufa</i> (L., 1758) - <i>Osmia tricornis</i> (Latreille, 1811) - <i>Osmia caerulea</i> (L., 1758) - <i>Heriades</i> sp.
<b>Colletidae/ Colletinae /</b>		
<b>1-Colletini</b>	1- <i>Colletes</i> Latreille, 1802	- <i>Colletes</i> sp.
<b>Halictidae/ Halictinae /</b>		
<b>Halictini</b>	1- <i>Halictus</i> Latreille, 1804 2- <i>Lasioglossum</i> Curtis, 1833 3- <i>Sphecodes</i> Latreille, 1804	- <i>Halictus scabiosae</i> (Rossi, 1790) - <i>Lasioglossum</i> sp. - <i>Sphecodes</i> sp.

### III.1.1.2. Disponibilité des Apoidea à travers les trois sites d'étude

Cette partie concerne la répartition spatiale des Apoidea inventoriés dans les trois stations durant la période d'étude. La répartition spatiale des abeilles sauvages dans les trois sites se localise de manière différente (Tab. 2). Les Apidae sont présents dans les trois stations sauf pour les deux genres *Nomada* et *Thyreus* qui ne sont pas inventoriés à Lalla Setti. Les Andrenidae sont aussi répartis dans les trois sites sauf le genre *Panurgus* qui n'est pas noté dans la réserve de chasse de Moutas. Concernant les Megachilidae, ils sont répartis dans toutes les régions étudiées. Les Halictidae sont représentés par les deux genres *Halictus* et *Lasioglossum* présents à travers les trois localités et le genre cléptoparasite *Sphecodes* qui n'est présent que dans les deux stations de Moutas et Ain béni Aad. Les Colletidae ne sont pas notés à Lalla Setti. Cependant, certains taxons sont localisés dans certaines stations selon la géomorphologie, le microclimat et les ressources florales. A titre d'exemple, l'Andrène *Andrena ovatula* et l'anthophage *Anthophora plumipes* qu'on ne retrouve qu'à Lalla Setti. Les deux espèces *Osmia cornuta* et *Osmia tricornis* ne sont présentes qu'à la réserve de chasse.

**Tableau 2.** Répartition des morphospecies d'abeilles sauvages dans les trois sites d'étude (1 – Présence ; 0 – Absence).

Morphospecies		Stations		
		Lalla Setti	Ain Béni Aad	Moutas
<b>Apidae: 56 Taxons</b>				
001	<i>Bombus terrestris</i>	1	1	1
002	<i>Xylocopa violacea</i>	0	1	1
003	<i>Amegilla quadrifasciata</i>	0	0	1
004	<i>Eucera numida</i>	0	1	1
005	<i>Anthophora plumipes</i>	1	0	0
006	<i>Eucera</i> sp. (1)	1	1	1
007	<i>Eucera</i> sp. (2)	0	1	1
008	<i>Eucera</i> sp. (3)	0	1	1
009	<i>Eucera</i> sp. (4)	0	0	1
010	<i>Eucera</i> sp. (5)	1	1	1
011	<i>Eucera</i> sp. (6)	0	1	1
012	<i>Eucera</i> sp. (7)	0	1	1
013	<i>Eucera</i> sp. (8)	0	1	1
014	<i>Eucera</i> sp. (9)	0	1	1
015	<i>Eucera</i> sp. (10)	0	1	1
016	<i>Eucera</i> sp. (11)	0	1	1
017	<i>Eucera</i> sp. (12)	0	1	1
018	<i>Eucera</i> sp. (13)	0	0	1
019	<i>Eucera</i> sp. (14)	0	0	1
020	<i>Eucera</i> sp. (15)	0	0	1
021	<i>Eucera</i> sp. (16)	0	0	1
022	<i>Eucera</i> sp. (17)	0	0	1
023	<i>Eucera</i> sp. (18)	0	0	1
024	<i>Eucera</i> sp. (19)	0	0	1
025	<i>Eucera</i> sp. (20)	0	0	1
026	<i>Eucera</i> sp. (21)	0	0	1

027	<i>Eucera</i> sp. (22)	0	0	1
028	<i>Eucera</i> sp. (23)	0	0	1
029	<i>Eucera</i> sp. (24)	0	0	1
030	<i>Eucera</i> sp. (25)	0	0	1
031	<i>Eucera</i> sp. (26)	0	0	1
032	<i>Eucera</i> sp. (27)	0	0	1
033	<i>Tetralonia</i> sp. (1)	0	0	1
034	<i>Tetralonia</i> sp. (2)	0	0	1
035	<i>Tetralonia</i> sp. (3)	0	0	1
036	<i>Anthophora</i> sp. (1)	1	1	1
037	<i>Anthophora</i> sp. (2)	1	0	1
038	<i>Anthophora</i> sp. (3)	1	0	1
039	<i>Anthophora</i> sp. (4)	0	1	1
040	<i>Anthophora</i> sp. (5)	0	1	0
041	<i>Anthophora</i> sp. (6)	0	0	1
042	<i>Anthophora</i> sp. (7)	0	0	1
043	<i>Anthophora</i> sp. (8)	0	0	1
044	<i>Anthophora</i> sp. (9)	0	0	1
045	<i>Anthophora</i> sp. (10)	0	0	1
046	<i>Ceratina</i> sp. (1)	1	1	1
047	<i>Ceratina</i> sp. (2)	0	0	1
048	<i>Nomada</i> sp. (1)	0	1	0
049	<i>Nomada</i> sp. (2)	0	1	1
050	<i>Nomada</i> sp. (3)	0	0	1
051	<i>Nomada</i> sp. (4)	0	0	1
052	<i>Nomada</i> sp. (5)	0	0	1
053	<i>Thyreus</i> sp. (1)	0	1	1
054	<i>Thyreus</i> sp. (2)	0	0	1
055	<i>Xylocopa</i> sp. (1)	1	1	0
056	<i>Xylocopa</i> sp. (2)	0	1	1
	<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>52</b>
	<b>Andrenidae : 33 Taxons</b>			

057	<i>Andrena agilisima</i>	0	0	1
058	<i>Andrena angustior</i>	0	1	1
059	<i>Andrena albopunctata</i>	0	1	1
060	<i>Andrena</i> sp. (24)	1	0	0
061	<i>Andrena ovatula</i>	1	0	0
062	<i>Andrena thoracica</i>	1	1	1
063	<i>Andrena</i> sp. (1)	1	1	0
064	<i>Andrena</i> sp. (2)	1	1	0
065	<i>Andrena</i> sp. (3)	0	1	0
066	<i>Andrena</i> sp. (4)	1	0	1
067	<i>Andrena</i> sp. (5)	1	0	0
068	<i>Andrena</i> sp. (6)	1	0	0
069	<i>Andrena</i> sp. (7)	1	0	0
070	<i>Andrena</i> sp. (8)	0	1	1
071	<i>Andrena</i> sp. (9)	0	1	0
072	<i>Andrena</i> sp. (10)	0	0	1
073	<i>Andrena</i> sp. (11)	0	1	0
074	<i>Andrena</i> sp. (12)	0	0	1
075	<i>Andrena</i> sp. (13)	0	0	1
076	<i>Andrena</i> sp. (14)	0	0	1
077	<i>Andrena</i> sp. (15)	0	0	1
078	<i>Andrena</i> sp. (16)	0	0	1
079	<i>Andrena</i> sp. (17)	0	0	1
080	<i>Andrena</i> sp. (18)	0	0	1
081	<i>Andrena</i> sp. (19)	0	0	1
082	<i>Andrena</i> sp. (20)	0	0	1
083	<i>Andrena</i> sp. (21)	0	0	1
084	<i>Andrena</i> sp. (22)	0	0	1
085	<i>Andrena</i> sp. (23)	0	0	1
086	<i>Panurgus</i> sp. (1)	1	1	0
087	<i>Panurgus</i> sp. (2)	0	1	0
088	<i>Panurgus</i> sp. (3)	0	1	0

089	<i>Panurgus</i> sp. (4)	0	1	0
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>19</b>
	<b>Megachilidae : 33 Taxons</b>			
090	<i>Anthidium</i> sp. (9)	1	0	0
091	<i>Rhodanthidium siculum</i>	1	1	1
092	<i>Chalicodoma sicula</i>	1	1	1
093	<i>Megachile</i> sp.	0	0	1
094	<i>Osmia cornuta</i>	0	0	1
095	<i>Osmia caerulescens</i>	0	1	0
096	<i>Osmia tricornis</i>	0	0	1
097	<i>Osmia rufa</i>	0	1	1
098	<i>Anthidium</i> sp. (1)	1	0	1
099	<i>Anthidium</i> sp. (2)	1	0	0
100	<i>Anthidium</i> sp. (3)	0	1	1
101	<i>Anthidium</i> sp. (4)	0	1	1
102	<i>Anthidium</i> sp. (5)	0	1	1
103	<i>Anthidium</i> sp. (6)	0	0	1
104	<i>Anthidium</i> sp. (7)	0	0	1
105	<i>Anthidium</i> sp. (8)	0	0	1
106	<i>Osmia</i> sp. (1)	1	1	0
107	<i>Osmia</i> sp. (2)	1	0	0
108	<i>Osmia</i> sp. (3)	0	1	0
109	<i>Osmia</i> sp. (4)	0	0	1
110	<i>Osmia</i> sp. (5)	0	0	1
111	<i>Osmia</i> sp. (6)	0	0	1
112	<i>Megachile</i> sp. (1)	1	1	1
113	<i>Megachile</i> sp. (2)	0	0	1
114	<i>Megachile</i> sp. (3)	0	1	1
115	<i>Megachile</i> sp. (4)	0	1	0
116	<i>Heriades</i> sp. (1)	1	1	1
117	<i>Heriades</i> sp. (2)	0	1	1
118	<i>Heriades</i> sp. (3)	0	1	1



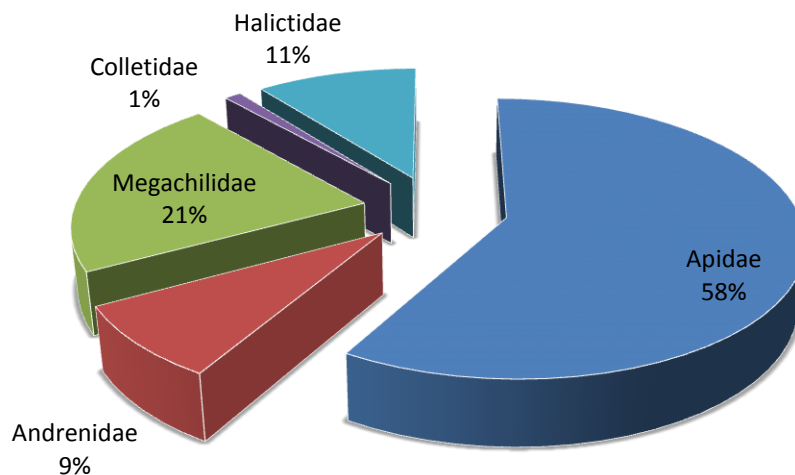
119	<i>Heriades</i> sp. (4)	0	0	1
120	<i>Heriades</i> sp. (5)	0	0	1
121	<i>Heriades</i> sp. (6)	0	0	1
122	<i>Heriades</i> sp. (7)	0	1	0
	<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
	<b>Colletidae : 3 Taxons</b>			
123	<i>Colletes</i> sp. (1)	1	0	0
124	<i>Colletes</i> sp. (2)	1	0	0
125	<i>Colletes</i> sp. (3)	0	0	1
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	<b>Halictidae : 30 Taxons</b>			
126	<i>Halictus scabiosae</i>	0	1	1
127	<i>Halictus</i> sp. (1)	0	1	1
128	<i>Halictus</i> sp. (2)	0	1	0
129	<i>Halictus</i> sp. (3)	1	1	0
130	<i>Halictus</i> sp. (4)	0	0	1
131	<i>Halictus</i> sp. (5)	0	1	1
132	<i>Halictus</i> sp. (6)	0	1	0
133	<i>Halictus</i> sp. (7)	0	0	1
134	<i>Halictus</i> sp. (8)	0	0	1
135	<i>Halictus</i> sp. (9)	0	0	1
136	<i>Halictus</i> sp. (10)	0	0	1
137	<i>Halictus</i> sp. (11)	0	1	1
138	<i>Halictus</i> sp. (12)	0	0	1
139	<i>Halictus</i> sp. (13)	0	0	1
140	<i>Halictus</i> sp. (14)	0	0	1
141	<i>Halictus</i> sp. (15)	1	0	1
142	<i>Halictus</i> sp. (16)	0	0	1
143	<i>Halictus</i> sp. (17)	0	0	1
144	<i>Lasioglossum</i> sp. (1)	1	1	1
145	<i>Lasioglossum</i> sp. (2)	1	0	0
146	<i>Lasioglossum</i> sp. (3)	1	0	0

147	<i>Lasioglossum</i> sp. (4)	0	0	1
148	<i>Lasioglossum</i> sp. (5)	0	0	1
149	<i>Lasioglossum</i> sp. (6)	0	0	1
150	<i>Lasioglossum</i> sp. (7)	0	1	1
151	<i>Lasioglossum</i> sp. (8)	0	0	1
152	<i>Lasioglossum</i> sp. (9)	0	0	1
153	<i>Lasioglossum</i> sp. (10)	0	0	1
153	<i>Lasioglossum</i> sp. (11)	1	0	1
155	<i>Sphecodes</i> sp. (1)	0	1	1
	<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>25</b>

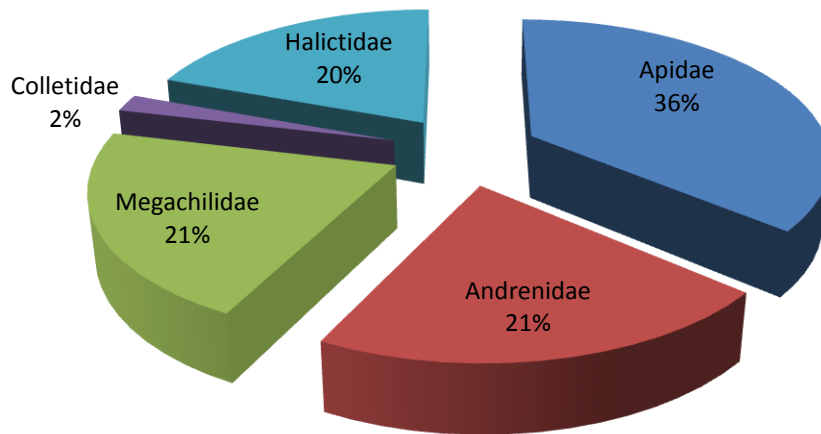
### III.1.1.3. Composition de la faune des Apoidea

#### III.1.1.3.1. Composition de la faune des Apoidea globale dans les trois sites

Pour chaque espèce, nous avons reporté la fréquence absolue (N ind.) et la fréquence relative en pourcentage (% N ind.) qui est le rapport de la fréquence absolue au nombre total (Ni) des individus observés multiplié par cent. Ces pourcentages expriment l'abondance relative de chaque espèce par rapport à l'ensemble de la faune des Apoidea recensés. La composition de la faune d'apoïdes sauvages est consignée dans les figures 38 et 39.



**Figure 38.** Abondance des apoïdes par famille (N= 1021).



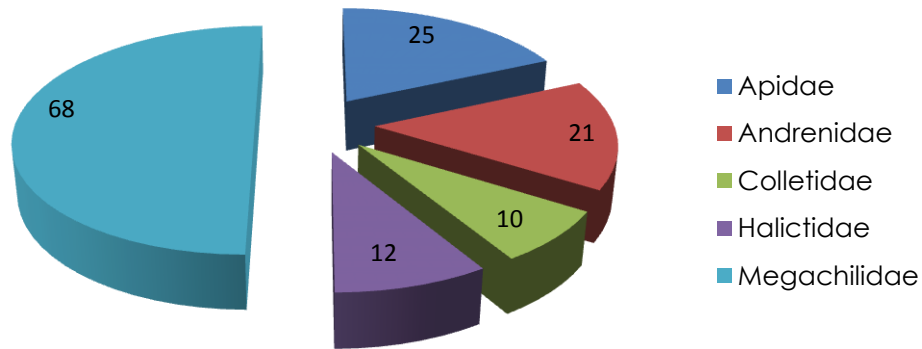
**Figure 39.** Composition spécifique des apoïdes par famille (N= 155).

La faune d'abeilles recensée durant la période d'étude dans les trois stations : Lalla Setti, Ain Béni Aad et la réserve de chasse de Moutas comprend un effectif total de 1021 individus. Ce nombre comprend 155 morphospecies appartenant à 21 genres et à cinq familles. Les familles d'apoïdes les plus diversifiées sont représentées par les Apidae avec 36 %, suivies des Andrenidae et des Megachilidae avec 21 % chacune, puis des Halictidae avec 20 % et enfin des Colletidae avec un taux de 5,23 % (Fig. 38). Pour l'abondance des individus par famille, les Apidae représentent plus que la moitié de la faune d'abeilles avec 58 %, suivis par les Megachilidae avec 21 %, puis par les Halictidae avec 11 %, les Andrenidae avec 9 % et enfin les Colletidae avec 2 % (Fig. 39).

#### III.1.1.3.2. Composition partielle de la faune des Apoidea par site d'étude

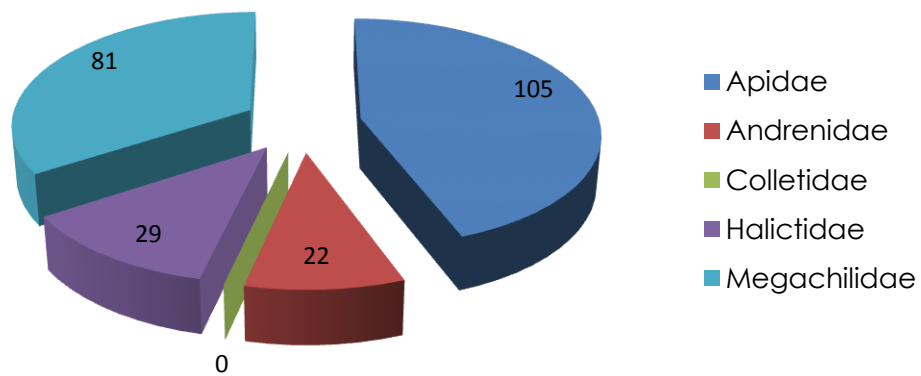
La faune d'apoïdes capturée dans le site de Lalla Setti est composée de cinq familles dont la famille la plus abondante est celui des Megachilidae avec 68 individus, suivie par la famille des Apidae avec 25 individus, la famille des Andrenidae avec 21 individus, la famille des Halictidae avec 12 individus, et la famille des Colletidae avec 10 individus. Dans le site de Ain Beni Aad la famille des Apidae est la plus abondante avec 105 spécimens capturés, suivie par la famille des Megachilidae avec 81 individus, la famille des Halictidae avec 29 spécimens, et la famille des Andrenidae avec 22 individus, la famille des Colletidae n'est pas représentée dans ce site. Pour le site de Moutas, c'est le plus abondant, où la famille des Apidae est représentée par 467 individus capturés durant la période d'étude, suivie par la famille des Megachilidae avec 70 spécimens, la famille des Halictidae 66, la famille des

Andrenidae 44, et la famille des Colletidae avec un seul individu (Fig. 40, 41, 42).



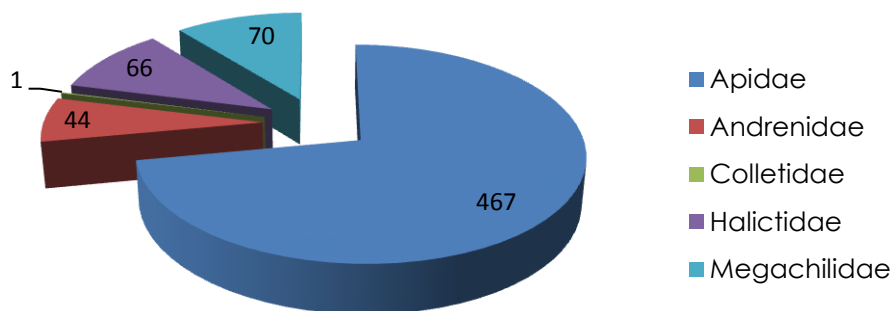
Nombre d'individus par famille

Figure 40. Abondance des apoïdes par famille dans le site de Lalla Setti (N= 136).



Nombre d'individus par famille

Figure 41. Abondance des apoïdes par famille dans le site d'Ain Beni Add (N= 237).



**Nombre d'individus par famille**

**Figure 42.** Abondance des apoïdes par famille dans le site de Moutas (N= 648).

Concernant la composition spécifique dans le site de Lalla Setti, la famille des Andrenidae est la plus diversifiée avec 10 morphospecies capturées, suivie par la famille des Apidae et celle des Megachilidae avec 9 morphospecies pour chacune, puis la famille des Halictidae avec 6 morphospecies, et la famille des Colletidae avec deux espèces capturées. Pour le site de Ain Beni Aad, la famille des Apidae est représentée par 22 morphospecies, suivie par la famille des Megachilidae avec 16 morphospecies, la famille des Andrenidae avec 13 Andrenidae, et la famille des Halictidae avec 11 morphospecies. Pour la famille des Colletidae, aucune espèce n'est capturée. La réserve de chasse de Moutas est le site le plus abondant avec 122 morphospecies capturées. Dans ce site, la famille des Apidae est la plus diversifiée avec 52 morphospecies recensées, suivie par les deux familles des Megachilidae et des Halictidae avec 25 morphospecies pour chacune. La famille des Andrenidae est représentée par 19 morphospecies et celle des Colletidae est la moins diversifiée avec seulement une seule morphospecies capturée (Fig. 43, 44, 45).

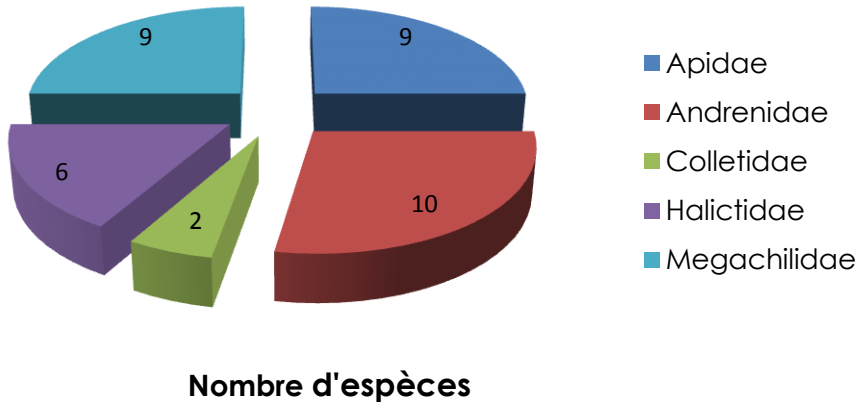


Figure 43. Composition spécifique des apoïdes par famille dans le site de Lalla Setti (N= 36).

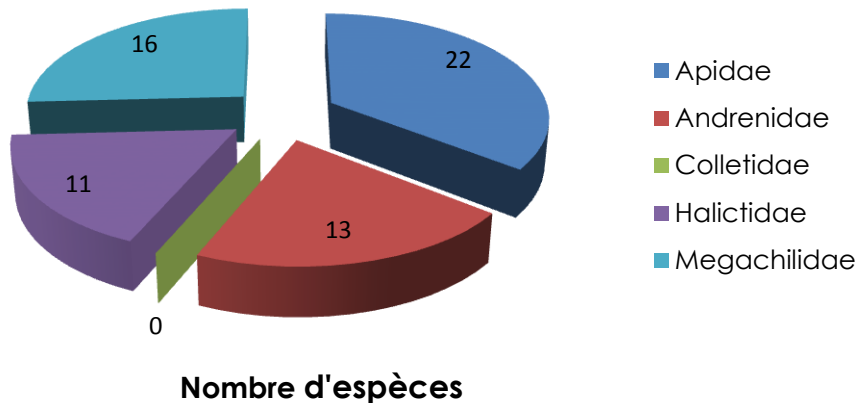
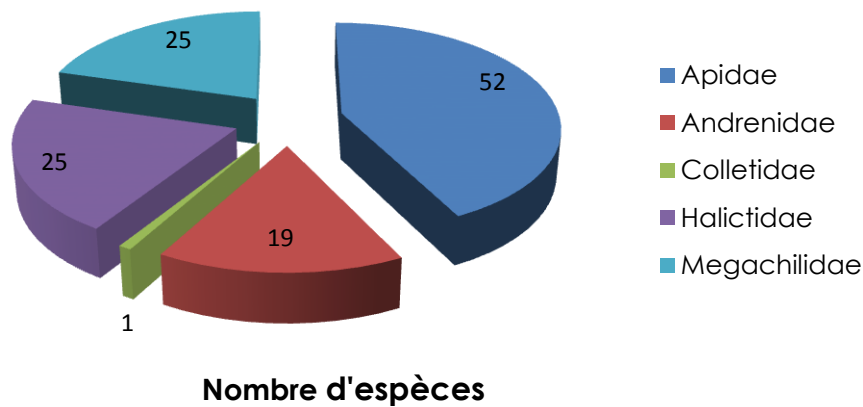


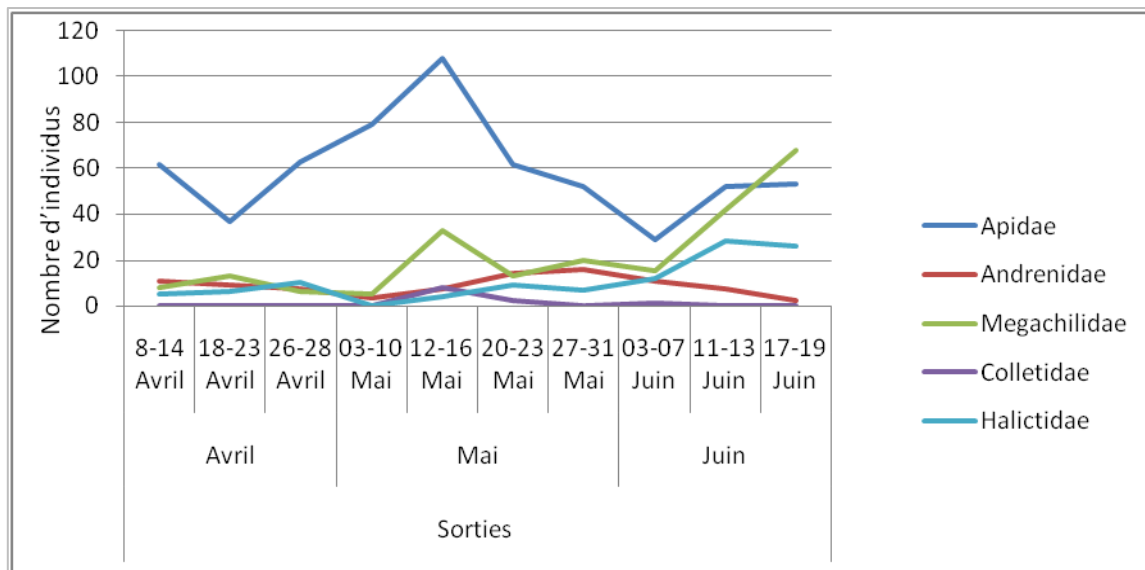
Figure 44. Composition spécifique des apoïdes par famille dans le site d'Ain Beni Aad (N= 62).



**Figure 45.** Composition spécifique des apoïdes par famille dans le site de Moutas (N= 122).

#### III.1.1.4. Phénologie des familles d'abeilles

Dans cette partie, la phénologie des apoïdes étudiés concerne celle des familles. La figure 46 illustre la phénologie des cinq familles. Les courbes sont établies à partir du nombre d'individus des espèces présentes. Les effectifs des cinq familles varient selon les mois. En effet, les Apidae sont présents durant toute la période d'étude (avril à juin) et sont plus nombreux en mai où en remarque un pic, quant aux Andrenidae qui abondent à partir d'avril atteignant un pic en mai, puis diminuent en juin. Les Megachilidae sont omniprésents avec un effectif important en juin où on enregistre une intense activité. Les Colletidae, par contre, commencent à abonder à partir du mois de mai où on enregistre un pic, leur effectif diminue jusqu'à s'annuler en juin. Les Halictidae présentent un effectif important en juin (Fig.46).



**Figure 46.** Phénologie des familles d'apoïdes (Apidae, N=597 ; Andrenidae, N=87 ; Megachilidae, N= 223 ; Colletidae, N= 11, Halictidae, N= 107).

D'après la figure 46, on constate que les Apoidea ont une intense activité notamment en mai et juin pour la majorité des familles pendant la période d'étude. On en déduit que cette activité coïncide avec la période de floraison maximale des plantes à fleurs.

### III.1.1.5. Analyse des populations d'Apoidea par les indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition montrent l'aspect quantitatif de l'entomofaune étudiée. Les paramètres à étudier sont la richesse totale ou spécifique, la richesse moyenne et la fréquence centésimale.

#### III.1.1.5.1. Richesse totale ou spécifique

La richesse spécifique est le nombre des taxons contactés au moins une seule fois au terme de N relevés. Le tableau 3 représente la variation de la richesse spécifique à travers les trois sites d'étude.

D'après le tableau 3, le site de Moutas a une richesse spécifique supérieure que celle des deux autres sites, ceci est étroitement lié au couvert végétal abondant dans la station de Moutas et l'action anthropique exercée dans les deux autres stations. La flore naturelle inventoriée durant la période d'étude est présentée dans le tableau 4.



**Tableau 3.** Richesse totale ou spécifique des abeilles (morphospecies) dans chaque site d'étude.

	Sites		
	Lalla Setti	Ain Béni Aad	Moutas
<b>Richesse spécifique</b>	36	62	122

**Tableau 4.** Flore naturelle inventoriée durant la période d'étude.

Espèces	Famille	Lalla Setti	Ain Béni Aad	Moutas
<i>Hedypnois rhagadioloides</i>	Asteraceae	1	1	1
<i>Fumana thymifolia</i>	Cistaceae	1	1	1
<i>Euphorbia exigua</i>	Euforbiaceas	1	1	1
<i>Eryngium triquetrum</i>	Apiaceae	1	1	1
<i>Echium italicum pyrenaicum</i>	Boraginaceas	0	0	1
<i>Echinops strigosus</i>	Asteraceae	1	1	1
<i>Daucus</i> sp.	Apiaceae	0	0	1
<i>Convolvulus althaeoides</i>	Convolvulaceae	1	1	1
<i>Cirsium echinatum</i>	Asteraceae	0	1	1
<i>Centaurea solstitialis</i>	Asteraceae	0	0	1
<i>Centaurea acaulis</i>	Asteraceae	0	1	1
<i>Carduus pycnocephalus</i>	Asteraceae	0	1	0
<i>Carduncellus cuatrecasasii</i>	Asteraceae	0	0	1
<i>Calycotome intermedia</i>	Fabaceae	1	1	1
<i>Calendula suffruticosa</i>	Asteraceae	1	1	1
<i>Borago officinalis</i>	Boraginaceae	0	0	1
<i>Bituminaria bituminosa</i>	Fabaceae	0	0	1
<i>Ballota hirsuta</i>	Lamiaceae	1	1	1
<i>Asphodelus microcarpus</i>	Asphodelaceae	1	1	1
<i>Anagalis monelli</i>	Primulaceae	0	0	1
<i>Anacyclus valentinus</i>	Asteraceae	1	1	1
<i>Ammoides verticillata</i>	Apiaceae	1	1	1
<i>Arenaria balearica</i>	Caryophyllaceae	1	1	1
<i>Onopordum acanthium</i>	Asteraceae	0	1	1
<i>Ferula communis</i>	Apiaceae	0	0	1

**III.1.1.5.2. Richesse moyenne**

La richesse spécifique moyenne ( $S_m$ ) est utile dans l'étude de la structure des peuplements. Elle est calculée par le rapport entre le nombre total d'espèces recensées lors de chaque relevé sur le nombre total de relevés réalisés. Elle exprime le nombre moyen d'espèces présentes

dans un échantillon. Les résultats notés dans le tableau 5 représentent la richesse moyenne à travers les trois sites.

**Tableau 5.** Richesse moyenne des abeilles dans chacune des sites d'étude.

	Stations		
	Lalla Setti	Ain Béni Aad	Moutas
<b>Richesse moyenne</b>	3,6	6,2	12,2

Les valeurs de la richesse moyenne sont comprises entre 3,6 et 12,2. Nous remarquons que la station de Moutas présente la plus grande richesse alors que la plus faible est notée à la station de Lalla Setti. Ceci est dû à l'abondance du tapis végétal dans la station de Moutas ce qui favorise une forte richesse d'abeilles à l'inverse des deux autres stations où on constate l'effet du surpatûrage sur l'abondance des abeilles sauvages.

### III.1.1.5.3. Fréquence centésimale ou abondance relative (% N ind.)

La fréquence centésimale (F.C.) est le pourcentage des individus d'une espèce (ni) prise en considération par rapport au total des individus (N). Les résultats sont notés dans le tableau 6.

**Tableau 6.** Fréquence centésimale ou abondance relative dans les trois stations (Ni = nombre d'individus d'abeilles ; A.R.= abondance relative ; Ni = nombre total d'abeilles dans la station i).

Taxons	Stations					
	Lalla Setti		Ain Béni Aad		Moutas	
	N1	A.R.%	N2	A.R.%	N3	A.R. %
<i>Bombus terrestris</i>	3	2,21	2	0,84	96	14,81
<i>Xylocopa violacea</i>	0	0,00	3	1,27	67	10,34
<i>Amegilla quadrifasciata</i>	0	0,00	0	0,00	5	0,77
<i>Eucera numida</i>	0	0,00	10	4,22	15	2,31
<i>Anthophora plumipes</i>	6	4,41	0	0,00	0	0,00
<i>Eucera</i> sp. (1)	2	1,47	28	11,81	33	5,09
<i>Eucera</i> sp. (2)	0	0,00	8	3,38	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (3)	0	0,00	7	2,95	2	0,31
<i>Eucera</i> sp. (4)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Eucera</i> sp. (5)	1	0,74	4	1,69	15	2,31

<i>Eucera</i> sp. (6)	0	0,00	5	2,11	1	0,15
<i>Eucera</i> sp. (7)	0	0,00	1	0,42	6	0,93
<i>Eucera</i> sp. (8)	0	0,00	1	0,42	5	0,77
<i>Eucera</i> sp. (9)	0	0,00	3	1,27	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (10)	0	0,00	7	2,95	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (11)	0	0,00	1	0,42	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (12)	0	0,00	3	1,27	8	1,23
<i>Eucera</i> sp. (13)	0	0,00	0	0,00	7	1,08
<i>Eucera</i> sp. (14)	0	0,00	0	0,00	5	0,77
<i>Eucera</i> sp. (15)	0	0,00	0	0,00	10	1,54
<i>Eucera</i> sp. (16)	0	0,00	0	0,00	13	2,01
<i>Eucera</i> sp. (17)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Eucera</i> sp. (18)	0	0,00	0	0,00	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (19)	0	0,00	0	0,00	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (20)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Eucera</i> sp. (21)	0	0,00	0	0,00	16	2,47
<i>Eucera</i> sp. (22)	0	0,00	0	0,00	18	2,78
<i>Eucera</i> sp. (23)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Eucera</i> sp. (24)	0	0,00	0	0,00	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (25)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Eucera</i> sp. (26)	0	0,00	0	0,00	3	0,46
<i>Eucera</i> sp. (27)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Tetralonia</i> sp. (1)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Tetralonia</i> sp. (2)	0	0,00	0	0,00	4	0,62
<i>Tetralonia</i> sp. (3)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Anthophora</i> sp. (1)	3	2,21	2	0,84	12	1,85
<i>Anthophora</i> sp. (2)	2	1,47	0	0,00	3	0,46
<i>Anthophora</i> sp. (3)	1	0,74	0	0,00	2	0,31
<i>Anthophora</i> sp. (4)	0	0,00	3	1,27	27	4,17
<i>Anthophora</i> sp. (5)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Anthophora</i> sp. (6)	0	0,00	0	0,00	6	0,93
<i>Anthophora</i> sp. (7)	0	0,00	0	0,00	25	3,86
<i>Anthophora</i> sp. (8)	0	0,00	0	0,00	12	1,85
<i>Anthophora</i> sp. (9)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Anthophora</i> sp. (10)	0	0,00	0	0,00	4	0,62
<i>Ceratina</i> sp. (1)	6	4,41	10	4,22	2	0,31
<i>Ceratina</i> sp. (2)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Nomada</i> sp. (1)	0	0,00	2	0,84	0	0,00
<i>Nomada</i> sp. (2)	0	0,00	1	0,42	1	0,15
<i>Nomada</i> sp. (3)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Nomada</i> sp. (4)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Nomada</i> sp. (5)	0	0,00	0	0,00	2	0,31

<i>Thyreus</i> sp. (1)	0	0,00	1	0,42	3	0,46
<i>Thyreus</i> sp. (2)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Xylocopa</i> sp. (1)	1	0,74	1	0,42	0	0,00
<i>Xylocopa</i> sp. (2)	0	0,00	1	0,42	1	0,15
<b>Total Apidae</b>	<b>25</b>	<b>18,38</b>	<b>105</b>	<b>44,30</b>	<b>467</b>	<b>72,07</b>
<i>Andrena agilisima</i>	0	0,00	0	0,00	3	0,46
<i>Andrena angustior</i>	0	0,00	2	0,84	1	0,15
<i>Andrena albopunctata</i>	0	0,00	1	0,42	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (24)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Andrena ovatula</i>	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Andrena thoracica</i>	1	0,74	3	1,27	10	1,54
<i>Andrena</i> sp. (1)	3	2,21	1	0,42	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (2)	4	2,94	5	2,11	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (3)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (4)	3	2,21	0	0,00	4	0,62
<i>Andrena</i> sp. (5)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (6)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (7)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (8)	0	0,00	1	0,42	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (9)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (10)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Andrena</i> sp. (11)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Andrena</i> sp. (12)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (13)	0	0,00	0	0,00	4	0,62
<i>Andrena</i> sp. (14)	0	0,00	0	0,00	4	0,62
<i>Andrena</i> sp. (15)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (16)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (17)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (18)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (19)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (20)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (21)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (22)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Andrena</i> sp. (23)	0	0,00	0	0,00	5	0,77
<i>Panurgus</i> sp. (1)	5	3,68	1	0,42	0	0,00
<i>Panurgus</i> sp. (2)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Panurgus</i> sp. (3)	0	0,00	2	0,84	0	0,00
<i>Panurgus</i> sp. (4)	0	0,00	2	0,84	0	0,00
<b>Total Andrenidae</b>	<b>21</b>	<b>15,44</b>	<b>22</b>	<b>9,28</b>	<b>44</b>	<b>6,79</b>
<i>Anthidium</i> sp. (9)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Rhodanthidium siculum</i>	15	11,03	8	3,38	2	0,31
<i>Chalicodoma sicula</i>	5	3,68	2	0,84	4	0,62

<i>Megachile</i> sp.	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Osmia cornuta</i>	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Osmia caerulescens</i>	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Osmia tricornis</i>	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Osmia rufa</i>	0	0,00	1	0,42	11	1,70
<i>Anthidium</i> sp. (1)	1	0,74	0	0,00	1	0,15
<i>Anthidium</i> sp. (2)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Anthidium</i> sp. (3)	0	0,00	2	0,84	4	0,62
<i>Anthidium</i> sp. (4)	0	0,00	1	0,42	1	0,15
<i>Anthidium</i> sp. (5)	0	0,00	2	0,84	1	0,15
<i>Anthidium</i> sp. (6)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Anthidium</i> sp. (7)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Anthidium</i> sp. (8)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Osmia</i> sp. (1)	3	2,21	10	4,22	0	0,00
<i>Osmia</i> sp. (2)	7	5,15	0	0,00	0	0,00
<i>Osmia</i> sp. (3)	0	0,00	2	0,84	0	0,00
<i>Osmia</i> sp. (4)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Osmia</i> sp. (5)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Osmia</i> sp. (6)	0	0,00	0	0,00	3	0,46
<i>Megachile</i> sp. (1)	31	22,79	7	2,95	2	0,31
<i>Megachile</i> sp. (2)	0	0,00	0	0,00	4	0,62
<i>Megachile</i> sp. (3)	0	0,00	1	0,42	9	1,39
<i>Megachile</i> sp. (4)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<i>Heriades</i> sp. (1)	4	2,94	32	13,50	2	0,31
<i>Heriades</i> sp. (2)	0	0,00	3	1,27	7	1,08
<i>Heriades</i> sp. (3)	0	0,00	7	2,95	2	0,31
<i>Heriades</i> sp. (4)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Heriades</i> sp. (5)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<i>Heriades</i> sp. (6)	0	0,00	0	0,00	2	0,31
<i>Heriades</i> sp. (7)	0	0,00	1	0,42	0	0,00
<b>Total Megachilidae</b>	<b>68</b>	<b>50,00</b>	<b>81</b>	<b>34,18</b>	<b>70</b>	<b>10,80</b>
<i>Colletes</i> sp. (1)	2	1,47	0	0,00	0	0,00
<i>Colletes</i> sp. (2)	8	5,88	0	0,00	0	0,00
<i>Colletes</i> sp. (3)	0	0,00	0	0,00	1	0,15
<b>Total Colletidae</b>	<b>10</b>	<b>7,35</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>0,15</b>
<i>Halictus scabiosae</i>	0	0	3	1,27	5	0,77
<i>Halictus</i> sp. (1)	0	0	2	0,84	1	0,15
<i>Halictus</i> sp. (2)	0	0	2	0,84	0	0,00
<i>Halictus</i> sp. (3)	1	0,74	1	0,42	0	0,00
<i>Halictus</i> sp. (4)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Halictus</i> sp. (5)	0	0	2	0,84	3	0,46
<i>Halictus</i> sp. (6)	0	0	1	0,42	0	0,00

<i>Halictus</i> sp. (7)	0	0	0	0,00	4	0,62
<i>Halictus</i> sp. (8)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Halictus</i> sp. (9)	0	0	0	0,00	3	0,46
<i>Halictus</i> sp. (10)	0	0	0	0,00	3	0,46
<i>Halictus</i> sp. (11)	0	0	1	0,42	13	2,01
<i>Halictus</i> sp. (12)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Halictus</i> sp. (13)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Halictus</i> sp. (14)	0	0	0	0,00	4	0,62
<i>Halictus</i> sp. (15)	1	0,74	0	0,00	1	0,15
<i>Halictus</i> sp. (16)	0	0	0	0,00	6	0,93
<i>Halictus</i> sp. (17)	0	0	0	0,00	3	0,46
<i>Lasioglossum</i> sp. (1)	3	2,21	15	6,33	1	0,15
<i>Lasioglossum</i> sp. (2)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Lasioglossum</i> sp. (3)	1	0,74	0	0,00	0	0,00
<i>Lasioglossum</i> sp. (4)	0	0	0	0,00	2	0,31
<i>Lasioglossum</i> sp. (5)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Lasioglossum</i> sp. (6)	0	0	0	0,00	2	0,31
<i>Lasioglossum</i> sp. (7)	0	0	1	0,42	2	0,31
<i>Lasioglossum</i> sp. (8)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Lasioglossum</i> sp. (9)	0	0	0	0,00	1	0,15
<i>Lasioglossum</i> sp. (10)	0	0	0	0,00	2	0,31
<i>Lasioglossum</i> sp. (11)	5	3,68	0	0,00	1	0,15
<i>Sphecodes</i> sp. (1)	0	0	1	0,42	3	0,46
<b>Total Halictidae</b>	<b>12</b>	<b>8,82</b>	<b>29,00</b>	<b>12,24</b>	<b>66</b>	<b>10,19</b>
<b>Totaux</b>	<b>136</b>	<b>100,00</b>	<b>237,00</b>	<b>100,00</b>	<b>648</b>	<b>100,00</b>

### III.1.1.6. Analyse des populations d'Apoidea par les indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure montrent l'aspect qualitatif de l'entomofaune étudiée. Les résultats de l'indice de diversité de Shannon, de concentration, de l'indice de Hurlbert, de diversité spécifique, de diversité maximale et de l'équirépartition appliquées aux peuplements d'Apoidea dans les trois sites d'étude sont consignés dans le tableau 7.

**Tableau 7.** Les indices écologiques de structure pour les trois sites.

Sites	Lalla Setti	Ain Béni Aad	Moutas
<b>Paramètres</b>			
<b>Indice de Shannon H' (bits)</b>	4,35	5,06	5,64
<b>Indice de diversité maximale H' max</b>	5,17	5,95	6,93
<b>Indice d'équirépartition E</b>	0,84	0,85	0,81
<b>Indice de concentration</b>	0,08	0,05	0,05
<b>Indice de diversité (D)</b>	0,92	0,95	0,95
<b>Indice de Hurlbert</b>	27	36	45

On constate dans le tableau 7, que l'indice de Shannon est le plus élevé dans le site de Moutas et le plus faible dans le site Lalla Setti. Pour l'indice d'équirépartition, les valeurs sont proches pour les trois stations (0,81-0,85) et elles tendent vers le 1 ce qui indique que les espèces d'abeilles ont des abondances identiques et qu'il n'y a pas d'espèce dominante. La concentration est basée sur la probabilité que deux individus d'un peuplement qui interagissent appartiennent à la même espèce. D'après le tableau, cette probabilité est très faible pour les trois stations (5%-8%). Ceci se traduit par une grande diversité. Les valeurs de l'indice de diversité D tendent vers 1 pour les trois stations ce qui confirme la diversité importante d'apoïdes dans les monts de Tlemcen. Concernant l'indice de Hurlbert, on constate que le nombre espéré d'espèces dans un tirage aléatoire de 100 spécimens est 27 espèces pour le site de Lalla Setti, 36 espèces pour le site Ain Beni Aad et 45 espèces pour le site de Moutas ce qui signifie que ce dernier site est nettement plus diversifié.

### III.1.1.7. Traitement statistique des données

#### III.1.1.7.1. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) des apoïdes

L'analyse factorielle des correspondances effectuée aux résultats a pour objectif d'illustrer les différences entre les espèces d'apoïdes en fonction des trois sites d'étude. La matrice de donnée étudiée est celle constituée par les données du tableau 2. Les pourcentages de la contribution à l'inertie totale des axes ainsi que les valeurs propres (variances) sont mentionnées dans le tableau 8.

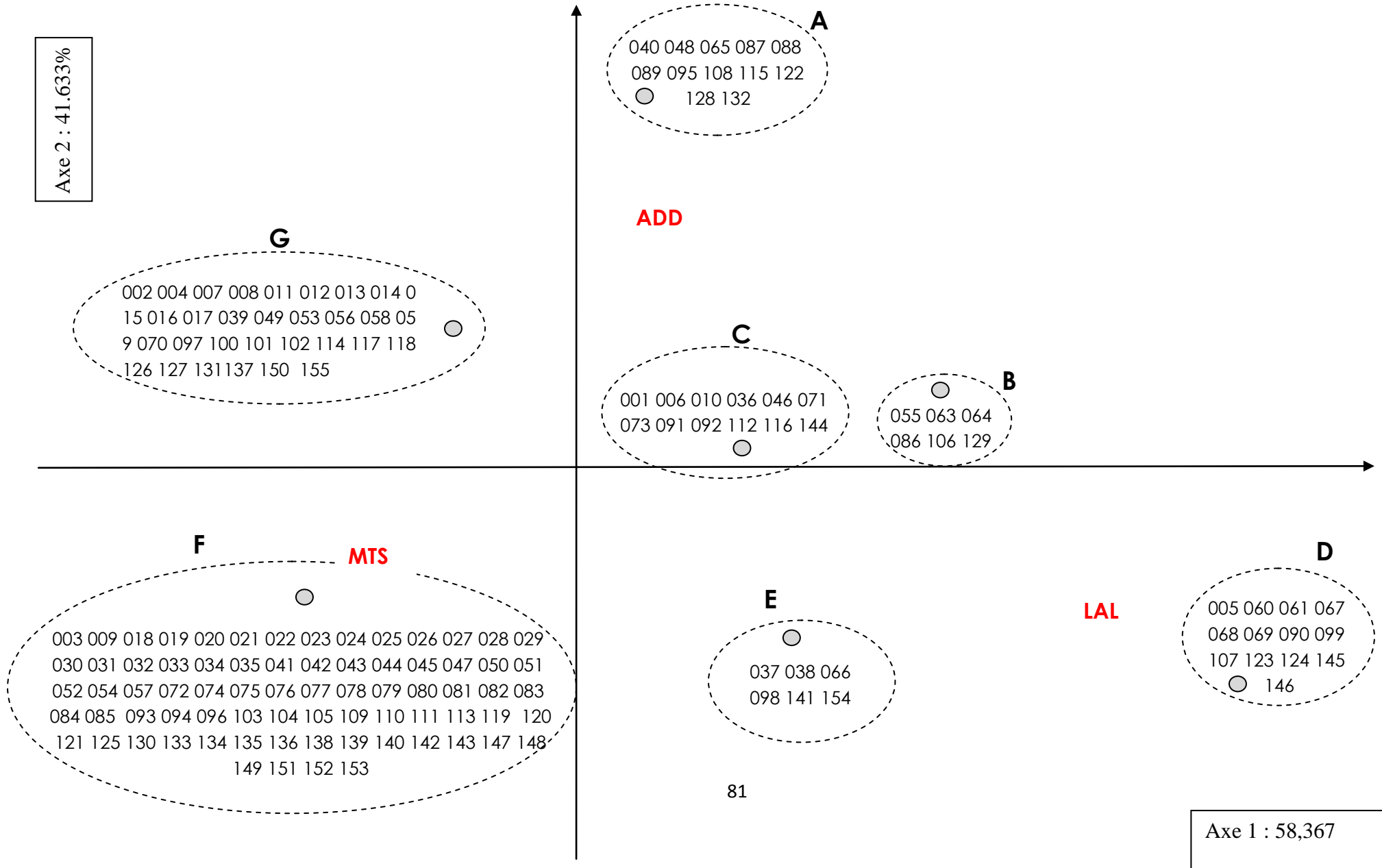
**Tableau 8.** Pourcentages de la contribution à l'inertie totale des axes, et valeurs propres.

	<b>Axe 1</b>	<b>Axe 2</b>
<b>Valeurs propres (variances)</b>	0,584	0.417
<b>Contribution à l'inertie totale</b>	58.367	41.633

La contribution à l'inertie totale des espèces d'abeilles inventoriées ainsi que des trois stations d'études est de 58.367% pour l'axe 1 et 41.633% pour l'axe 2 (Fig. 47). Le total de ces deux pourcentages est de 100 %. En conséquence, le plan formé par ces deux axes 1 et 2 comporte le plus d'informations et est suffisant pour interpréter les résultats.



**Figure 47.** Carte factorielle de la matrice présence-absence des espèces d'abeilles dans les trois sites d'étude. Chaque numéro représente une morphospécies (voir tableau 2). AAD : site de ain beni Aad, MTS : site de Moutas et LAL : site de Lalla Setti.



Concernant la contribution des sites d'étude dans la formation de l'axe 1, la station de Lalla Setti contribue avec le plus grand pourcentage qui est 70,05%, suivie par la station de Moutas avec un pourcentage de 28,66%, et ensuite la station d'Ain Béni Aad, avec un pourcentage de 1,28%. Pour la formation de l'axe 2, c'est la station de Ain béni Aad qui contribue avec le pourcentage le plus élevé 70,54, suivie par la station de Moutas avec un pourcentage de 15,88% et la station de Lalla Setti avec un pourcentage de 13,58%.

La contribution des espèces d'apoïdes dans la formation de l'axe 1, est entre 0,04 et 3,33%, les espèces qui contribuent le plus sont (*Anthophora plumipes*, *Andrena marginata*, *Andrena ovatula*, *Andrena* sp. (5), *Andrena* sp. (6), *Andrena* sp. (7), *Anthidium manicatum*, *Anthidium* sp. (2), *Osmia* sp. (2), *Colletes* sp. (1), *Colletes* sp. (2), *Lasioglossum* sp. (2), *Lasioglossum* sp. (3)). Pour l'axe 2, les pourcentages sont entre 0,01 et 2,73%. Les espèces qui contribuent le plus sont (*Nomada* sp. (1), *Andrena* sp. (3), *Andrena* sp. (9), *Andrena* sp. (11), *Panurgus* sp. (2), *Panurgus* sp. (3), *Panurgus* sp. (4), *Osmia caerulea*, *Osmia* sp. (3), *Megachile* sp. (4), *Heriades* sp. (7), *Halictus* sp. (2), *Halictus* sp. (6)).

La figure 47 illustre la localisation des trois sites dans les quadrants. Le site d'Ain Beni Aad se trouve dans le quadrant 1, le site de Moutas dans le quadrant 3, et le site de Lalla Setti dans le quadrant 4. Les nuages de points A, B, C, D, E, F, G illustrent la répartition des morphospecies en fonction des quadrants.

Le quadrant 1 regroupe les trois nuages de points A, B, et C. Le nuage de points A renferme les morphospecies ; *Anthophora* sp. (5), *Nomada* sp. (1), *Andrena* sp. (3), *Panurgus* sp. (2), *Panurgus* sp. (3), *Panurgus* sp. (4), *Osmia caerulea*, *Osmia* sp. (3), *Megachile* sp. (4), *Heriades* sp. (7), *Halictus* sp. (2), *Halictus* sp. (6). Le groupement B renferme les espèces ; *Xylocopa* sp. (1), *Andrena* sp. (1), *Andrena* sp. (2), *Panurgus* sp. (1), *Osmia* sp. (1), *Halictus* sp. (3). Le nuage de points C, regroupe les espèces ; *Bombus terrestris*, *Eucera* sp. (1), *Eucera* sp. (5), *Anthophora* sp. (1), *Ceratina* sp. (1), *Andrena* sp. (9), *Andrena* sp. (11), *Rhodanthidium siculum*, *Chalicodoma sicula*, *Megachile* sp. (1), *Heriades* sp. (1), *Lasioglossum* sp. (1).

Le quadrant 2 renferme les deux groupements D qui regroupe les morphospecies ; *Anthophora plumipes*, *Andrena marginata*, *Andrena ovatula*, *Andrena* sp. (5), *Andrena* sp. (6), *Andrena* sp. (7), *Anthidium manicatum*, *Anthidium* sp. (2), *Osmia* sp. (2), *Colletes* sp. (1), *Colletes* sp. (2), *Lasioglossum* sp. (2), *Lasioglossum* sp. (3), et le groupement E renfermant les

espèces; *Anthophora* sp. (2), *Anthophora* sp. (3), *Andrena* sp. (4), *Anthidium* sp. (1), *Halictus* sp. (15), *Lasioglossum* sp. (11).

Le groupement F se trouve dans le quadrant 3, et regroupe les morphospecies ; *Amegilla quadrifasciata*, *Eucera* sp. (4), *Eucera* sp. (13), *Eucera* sp. (14), *Eucera* sp. (15), *Eucera* sp. (16), *Eucera* sp. (17), *Eucera* sp. (18), *Eucera* sp. (19), *Eucera* sp. (20), *Eucera* sp. (21), *Eucera* sp. (22), *Eucera* sp. (23), *Eucera* sp. (24), *Eucera* sp. (25), *Eucera* sp. (26), *Eucera* sp. (27), *Tetralonia* sp. (1), *Tetralonia* sp. (2), *Tetralonia* sp. (3), *Anthophora* sp. (6), *Anthophora* sp. (7), *Anthophora* sp. (8), *Anthophora* sp. (9), *Anthophora* sp. (10), *Ceratina* sp. (2), *Nomada* sp. (3), *Nomada* sp. (4), *Nomada* sp. (5), *Thyreus* sp. (2), *Andrena agilisima*, *Andrena* sp. (10), *Andrena* sp. (12), *Andrena* sp. (13), *Andrena* sp. (14), *Andrena* sp. (15), *Andrena* sp. (16), *Andrena* sp. (17), *Andrena* sp. (18), *Andrena* sp. (19), *Andrena* sp. (20), *Andrena* sp. (21), *Andrena* sp. (22), *Andrena* sp. (23), *Megachile latimanus*, *Osmia cornuta*, *Osmia tricornis*, *Anthidium* sp. (6), *Anthidium* sp. (7), *Anthidium* sp. (8), *Osmia* sp. (4), *Osmia* sp. (5), *Osmia* sp. (6), *Megachile* sp. (2), *Heriades* sp. (4), *Heriades* sp. (5), *Heriades* sp. (6), *Colletes* sp. (3), *Halictus* sp. (4), *Halictus* sp. (7), *Halictus* sp. (8), *Halictus* sp. (9), *Halictus* sp. (10), *Halictus* sp. (12), *Halictus* sp. (13), *Halictus* sp. (14), *Halictus* sp. (16), *Halictus* sp. (17), *Lasioglossum* sp. (4), *Lasioglossum* sp. (5), *Lasioglossum* sp. (6), *Lasioglossum* sp. (8), *Lasioglossum* sp. (9), *Lasioglossum* sp. (10).

Le quadrant 4 renferme le groupe G représenté pas les morphospecies ; *Xylocopa violacea*, *Eucera numida*, *Eucera* sp. (2), *Eucera* sp. (3), *Eucera* sp. (6), *Eucera* sp. (7), *Eucera* sp. (8), *Eucera* sp. (9), *Eucera* sp. (10), *Eucera* sp. (11), *Eucera* sp. (12), *Anthophora* sp. (4), *Nomada* sp. (2), *Thyreus* sp. (1), *Xylocopa* sp. (2), *Andrena angustior*, *Andrena albopunctata*, *Andrena* sp. (8), *Osmia rufa*, *Anthidium* sp. (3), *Anthidium* sp. (4), *Anthidium* sp. (5), *Megachile* sp. (3), *Heriades* sp. (3), *Heriades* sp. (4), *Halictus scabiosae*, *Halictus* sp. (1), *Halictus* sp. (5), *Halictus* sp. (11), *Lasioglossum* sp. (7), *Sphecodes* sp. (1).

### III.1.2. Discussion de la faune des Apoïdes en milieu naturel

#### III.1.2.1. Composition de la faune d'Apoidea

Les principaux facteurs limitant la distribution et la diversité des apoïdes sont les sites de nidification (POTTS et WILLMER, 1997 ; BELSKY et JOSHI, 2019), les conditions climatiques (PEKKARINEN, 1997), la disponibilité des ressources florales pour le nectar et le pollen (MINCKLEY, 1994) et la compétition trophique et spatiale (MICHENER, 1979). L'effectif total de cette faune pour la présente étude est de 1021 spécimens lesquels sont répartis entre 155 taxa, 21 genres et cinq familles. A l'est de l'Algérie, Louadi (1999) fait état de 3897 spécimens à Constantine, distribués entre 5 familles, 18 genres et 56 espèces. Maghni (2006), compte pour la région de Khanchela une faune composée de 80 espèces réparties sur cinq familles. Dans un récent travail (LOUADI *et al.*, 2008), les auteurs recensent 382 taxa appartenant à 55 genres à travers huit localités dans le nord-est de l'Algérie. Au centre du pays, en particulier à Bouira (Ahl El Ksar), Mitidja orientale (El Harrach), Boumerdes et Blida (BENDIFALLAH *et al.*, 2010), les auteurs recensent au cours de quatre ans (2004 à 2007) d'investigations 4300 spécimens répartis entre quatre familles, 20 genres et 120 taxons. En outre, avec un taux de 36%, la famille des Apidae est la plus diversifiée en taxons aux monts de Tlemcen (Fig.39). Elle est suivie des Andrenidae et des Megachilidae avec 21 %, puis par les Halictidae avec 20 % et les Colletidae avec 2 %. Concernant l'abondance globale en spécimens (Fig.38), les deux familles à langue longue, composent les deux tiers de la faune des abeilles. Les Apidae et les Megachilidae sont les familles les plus abondantes représentant respectivement 58% et 21% d'individus. Elles sont suivies des Halictidae avec 11 % et des Andrenidae avec 9 %. La famille des Colletidae est peu abondante, elle compte 1 % seulement. Ces résultats sont similaires à ceux de (LOUADI, 1999) dans le Constantinois où les Apidae composent la moitié du peuplement des abeilles avec un taux de 60 %, suivies par les Halictidae avec 19,3% et les Megachilidae avec 17, 2 %. Par contre les Andrenidae sont faiblement représentés avec 7 %. Louadi *et al.* (2008) soulignent que les familles des Apidae et des Megachilidae sont les plus représentés à Biskra (48 et 51 espèces), Constantine (46 et 47) et Annaba (46 espèces). Les Andrenidae et les Halictidae ont presque le même nombre de taxons à Constantine (32 et 31 espèces). Concernant la diversité des familles d'abeilles dans les trois localités, les Apidae sont les mieux représentés sauf pour le site de Lalla Setti où les Andrenidae occupent la première place. Généralement, la famille la plus diversifiée en région Ouest-Paléarctique est celle des Halictidae ((GONZALEZ, 1999) (Espagne), (OERTLI *et al.*, 2005) (Suisse), (LACHAUD et MAHE, 2008) (France), (STALLEGGER et LIVORY, 2008) (France), (BARONE, 1999) (Belgique) et (MONSEVICIUS, 2004) (Lithuanie)). Le genre

*Andrena* est largement représenté avec 28 taxa pour les trois localités prospectées alors que Louadi *et al.* (2008) en recensent 69 dans huit localités. Au Maroc, En Europe également, ce genre est plus important. En effet, au Baden–Württemberg (Allemagne), (WESTRICH, 1989 ; WESTRICH, 1990) y note une forte diversité avec 107 espèces comparée à la Suisse avec 10 espèces. Les genres *Eucera* (Apidae), *Halictus* (Halictidae), *Anthophora* (Apidae) sont les mieux représentés dans nos régions avec respectivement 29,17, 10 morphospecies Louadi *et al.* (2008) énumèrent, 25, 24, 11 espèces dans le Constantinois. Par contre en Europe, la diversité taxonomique revient au genre *Bombus* avec 38 espèces au Baden–Württemberg, et de 31 taxons en Belgique (JACOB-REMACLE, 1989a). Ce même genre est le plus abondant pour notre région avec presque 1/10 de l'effectif total (Tab. 6), ceci s'explique par le fait que les sites sont situées en haute altitude et que les bourdons pourraient être particulièrement bien adaptés aux milieux montagnards (ISERBYT *et al.*, 2008) En outre, les ressources trouvées dans les monts telles que *Borago officinalis*, *Echium italicum*, et *Asphodelus microcarpus* sont particulièrement appréciées par les bourdons. Quelques faits supplémentaires peuvent ajouter une explication, dont notamment l'endothermie qui est plus élaborée chez les langues longues que chez les langues courtes (ALFORD, 1975; HEINRICH, 1979). LOUADI et DOUMANDJI (1998) constatent la même observation à Constantine, région de moyenne altitude (660 m). Ils notent un effectif de 130 spécimens pour deux espèces de bourdons. Selon Pouvreau (1984), *Bombus terrestris* s'active en France pendant cinq mois depuis mai jusqu'en septembre. Rasmont *et al.* (2008) indiquent que si, en Europe du Nord, la phénologie de *Bombus terrestris* est similaire à celle d'autres espèces de bourdons, il n'en va pas de même dans les régions méditerranéennes, où la fondation des colonies peut avoir lieu en automne et en hiver. Par ailleurs, Michener (2007) souligne que le Maghreb (Afrique du Nord) présente une très grande richesse biogéographique, en l'occurrence l'Algérie par ses caractéristiques géophysiques différentes qui se succèdent du nord au sud. Cependant, RASMONT *et al.*, (1995) indiquent qu'il n'existe pas à l'heure actuelle d'études approfondies de la faune des Apoidea apiformes du Maghreb. En outre, Michener (MICHENER, 1979) note que la très forte diversité des apoïdes dans les régions méditerranéennes s'explique par une adaptation dès l'origine de la majorité des taxa à des sols dénudés, chauds et bien ressuyés. LHOMME *et al.* (2020), recensent 961 espèces valides pour le Maroc, réparties sur 68 genres. La famille Megachilidae est la plus diversifiée (28 genres ; 271 espèces), suivie par la famille des Apidae (15 genres ; 241 espèces), la famille des Andrenidae (8 genres ; 217 espèces), la famille des Halictidae (12 genres ; 144 espèces), la famille des Colletidae (2 genres ; 74 espèces) et la famille des Melittidae (3 genres ; 14 espèces). Les genres d'abeilles les plus riches en espèces

sont les *Andrena* (180 espèces), suivis des *Hoplitis* (78 espèces), *Nomada* (71 espèces), *Lasioglossum* (65 espèces), *Eucera* (54 espèces) et *Osmia* (51 espèces). Ces 6 genres réunis représentent plus de la moitié de l'apidofaune marocaine. En ajoutant à ceux-ci les genres *Anthophora* (45 espèces), *Hylaeus* (44 espèces), *Megachile* (37 espèces) et *Colletes* (30 espèces), les 10 plus grands genres représentent plus de deux tiers de la diversité des espèces d'abeilles du Maroc.

#### III.1.2.2. Phénologie des familles apoïdes

Les Apoidea Apiformes sont actifs dépendant des facteurs climatiques et des paramètres interspécifiques et intraspécifiques. En Tunisie, SONET et JACOB-REMACLE (1987) ayant travaillé sur la légumineuse sula (*Hedysarum coronarium*) décèlent un grand nombre d'abeilles sauvages en avril et en mai, notamment les Apidae dont leurs langues longues leur permettent de butiner les profondes fleurs de cette plante. Les investigations menées lors de cette étude montrent que la plupart des familles d'abeilles sont mieux représentées dans les deux mois d'avril et mai. Ceci coïncide à la fois avec la floraison d'un maximum de plantes et avec l'installation de conditions clémentes. Les espèces d'apoïdes diminuent en nombre à partir de juin, car on assiste à l'achèvement de la floraison de nombreuses plantes printanières. Cependant, la famille des Megachilidae présente une activité intense en juin car ce sont des Apoidea des régions chaudes (RASMONT, *commentaire personnel*). Ce constat a été fait également par BENDIFALLAH et al. (2008) en région de montagne dans le site de Bouira (860 m) où la majorité des abeilles sauvages abondent en mois d'avril. De même LOUADI et DOUMANDJI (1998) notent que la plupart des familles d'Apoidea observées sont très bien représentées au mois d'avril. A Liège (Belgique), où des études similaires sont faites par JACOB-REMACLE (1989b) et en France par RASMONT *et al.*, (1995), les Megachilidae, les Andrenidae et les Apidae atteignent leur pic d'abondance au mois d'avril. Les Halictidae sont abondants en juillet et août. Ainsi, les différences observées entre les régions du nord d'Algérie et Liège relèvent certainement du climat et de la floraison. En effet, le climat estival en Belgique correspond au climat printanier au nord d'Algérie.

#### III.1.2.3. Indices écologiques de composition

D'après MICHENER (1979) et PITKÄNEN et TIAINEN (2001), la région méditerranéenne est la plus riche et la plus diversifiée pour les abeilles solitaires. Cette diversité diminue en fonction de la latitude et de l'altitude contrairement à ce qu'on observe chez les abeilles sociales. En effet, un gradient en latitude avec une diminution de la diversité vers le nord est constaté, 108 espèces en Loire-Atlantique (LACHAUD et MAHE, 2008), 86

espèces en Belgique (BARONE *et al.*, 1999) et 74 espèces aux Pays-Bas (PEETERS et REEMERS, 2001). La plus faible diversité est observée dans la région de Cumbria en Angleterre avec 26 espèces (ARCHER, 2008). Comme l'Algérie se situe au sud de la Méditerranée, une augmentation de la diversité des abeilles solitaires avec le gradient de la latitude est observée. En effet, un total de 155 taxa est inventorié uniquement dans trois régions d'étude et pendant trois mois seulement. Cela suppose qu'une importante diversité d'Apoidea existe à travers toutes les régions d'Algérie. La faible diversité spécifique observée dans notre étude sur le site de Lalla Setti (32 taxa) est dû à la destruction du couvert végétal par le surpâturage pratiqué sur ce milieu. Par conséquent, l'activité des abeilles est réduite. A l'inverse, le site de Moutas bien qu'elle soit une réserve de chasse donc une aire protégée, présente une diversité spécifique importante (122 taxa). Ceci est dû à l'abondance du couvert végétal inaccessible aux bétails, ainsi il s'agit d'une jachère fleurie.

#### III.1.2.4. Indices écologiques de structure

La variation de la diversité basée sur le nombre d'individus à travers les trois sites est comprise entre 4,35 et 5,64. La station de la réserve de chasse de Moutas possède une valeur élevée, égale à 5,64 bits, suivie par la station d'Ain Béni Aad avec 5,06 et la station de Lalla Setti avec 4,35. Ceci explique la richesse importante en Apoïdes dans le site de Moutas qui est caractérisée par un couvert végétal abondant diversifié, un sol favorable à la nidification des abeilles et à la croissance importante des plantes à fleurs. Quant à l'équirépartition, elle tend vers 1 pour les trois sites, on note 0,84 pour Lalla Setti, 0,85 pour Ain Béni Aad et 0,81 pour Moutas. On en déduit donc que les effectifs des populations des Apoïdes à travers les trois sites sont en équilibre. L'indice de concentration de Legendre et Legendre est très faible, il est de 0,08 pour Lalla Setti, 0,05 pour les deux stations de Béni Aad et Moutas. Ceci signifie qu'entre deux individus pris au hasard, la probabilité est de 8% pour Lalla Setti et 5% pour les deux autres stations, pour que les deux individus soient de la même espèce.

#### III.1.2.5. Traitement statistique des données

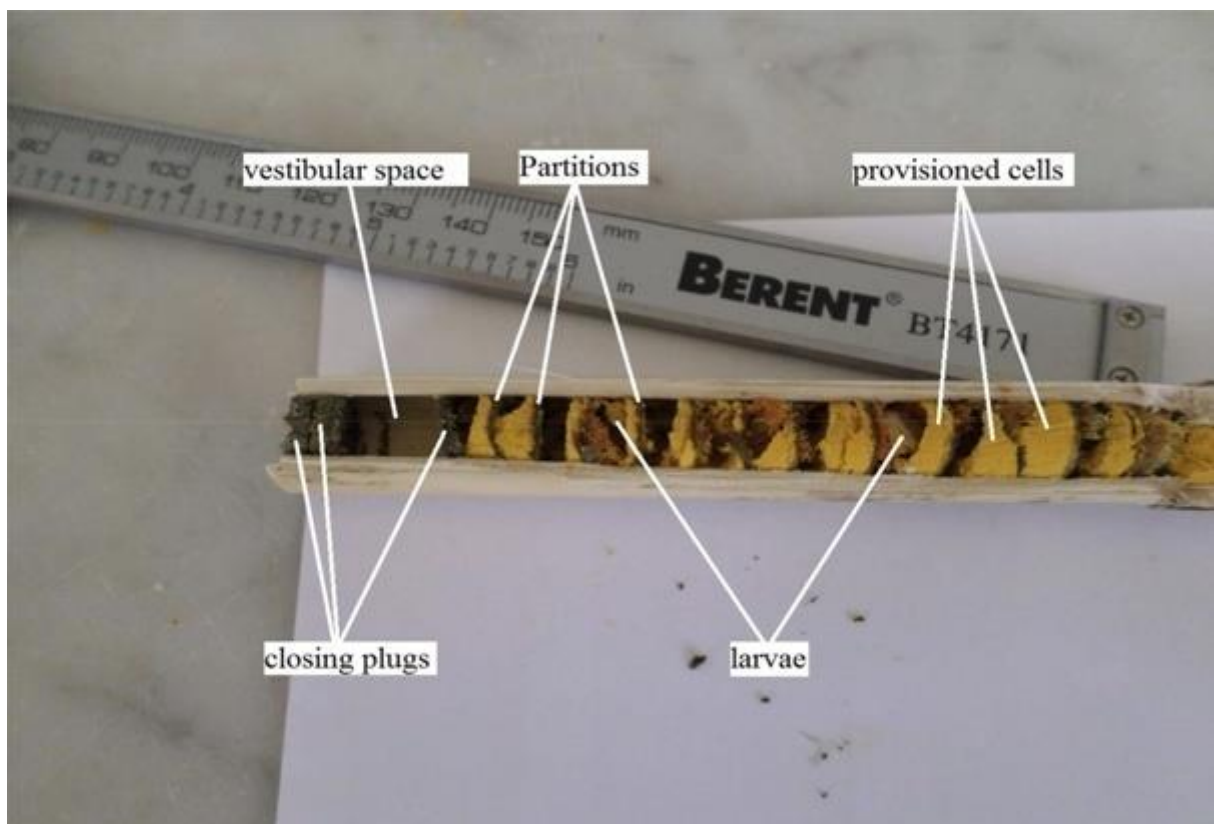
L'analyse factorielle des correspondances effectuée nous a permis de mettre en évidence sept groupements dont, trois dans le quadrant 1, deux dans le quadrant 2, un dans le quadrant 3 et un dans le quadrant 4 (Fig. 47). Kellal (2010) présente 4 groupements d'espèces d'abeilles capturées dans quelques stations dans la Mitidja. Dans le centre Algérien, BENDIFALLAH (2002) a pu recenser 191 espèces d'abeilles appartenant à 10 nuages de points. Dans la région de Djelfa, 9 groupements sont notés par CHERAIR (2016).

### III.2.1. Résultats de la bioécologie des apoïdes

Cette partie concerne les plantes hôtes et l'écologie de la nidification de l'abeille maçonne *Osmia (Helicosmia) latreillei* Spinola, 1806 (Hymenoptera: Megachilidae) à l'ouest de l'Algérie.

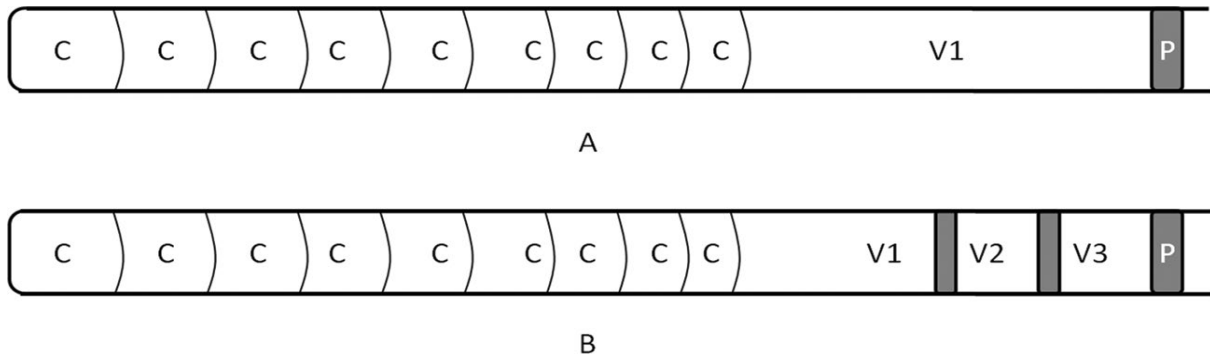
#### III.2.1.1. Architecture du nid et comportement de nidification

Les figures 48 et 49 illustrent l'architecture du nid de l'abeille maçonne *O. latreillei*. Le nid est composé d'une succession de cellules séparées les unes des autres par de fines cloisons constituées d'une pulpe de tissu foliaire finement mastiquée. Les cellules sont approvisionnées par un mélange de pollen et de nectar.



**Figure 48.** Nid disséqué montrant l'architecture interne du nid d'*Osmia latreillei* (OUAHAB *et al.*, 2021).



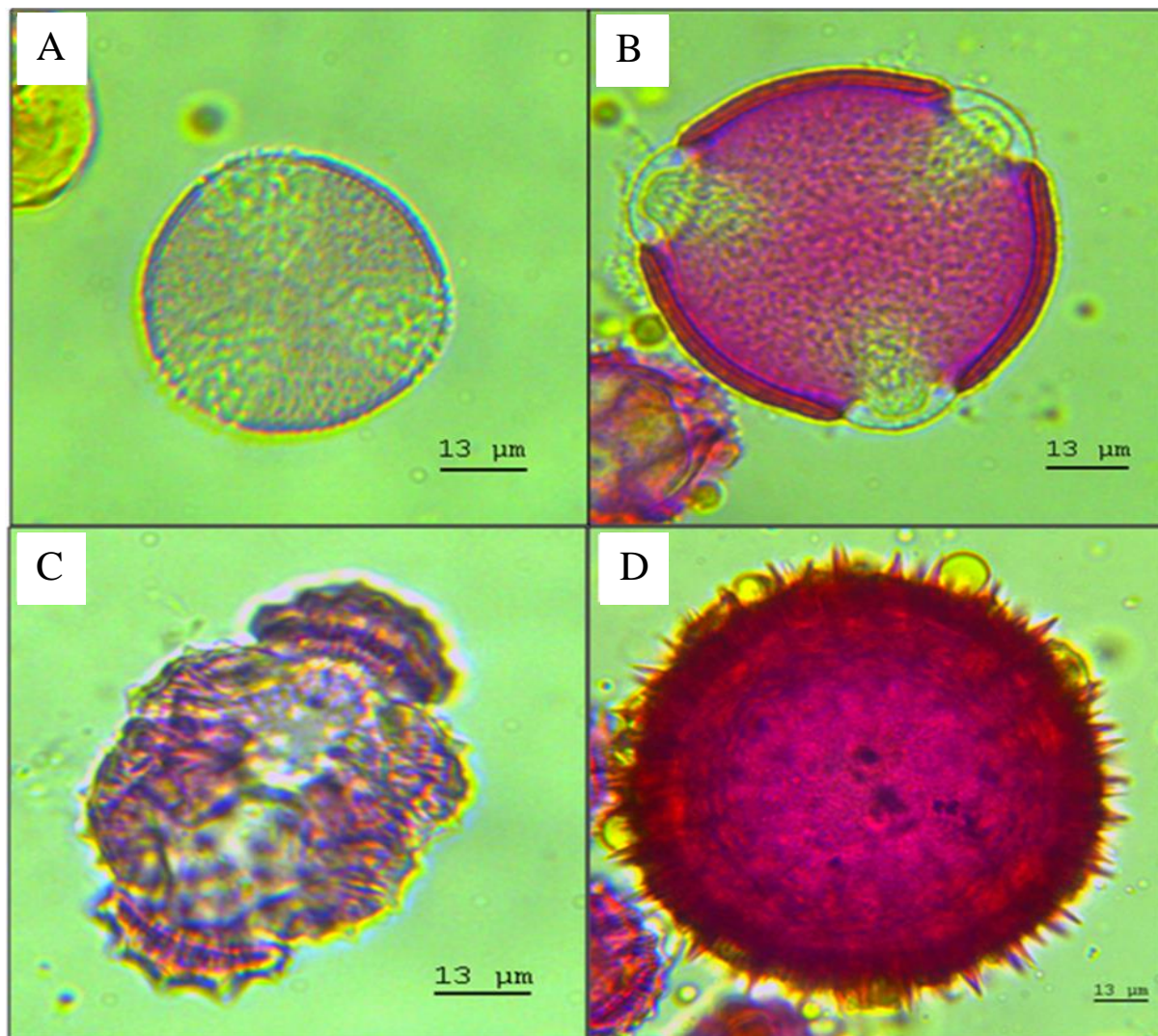


**Figure 49.** Représentation diagrammatique de deux nids d'*Osmia latreillei* montrant les cellules approvisionnées (C), les espaces vestibulaires (V) et les bouchons de fermeture (P).

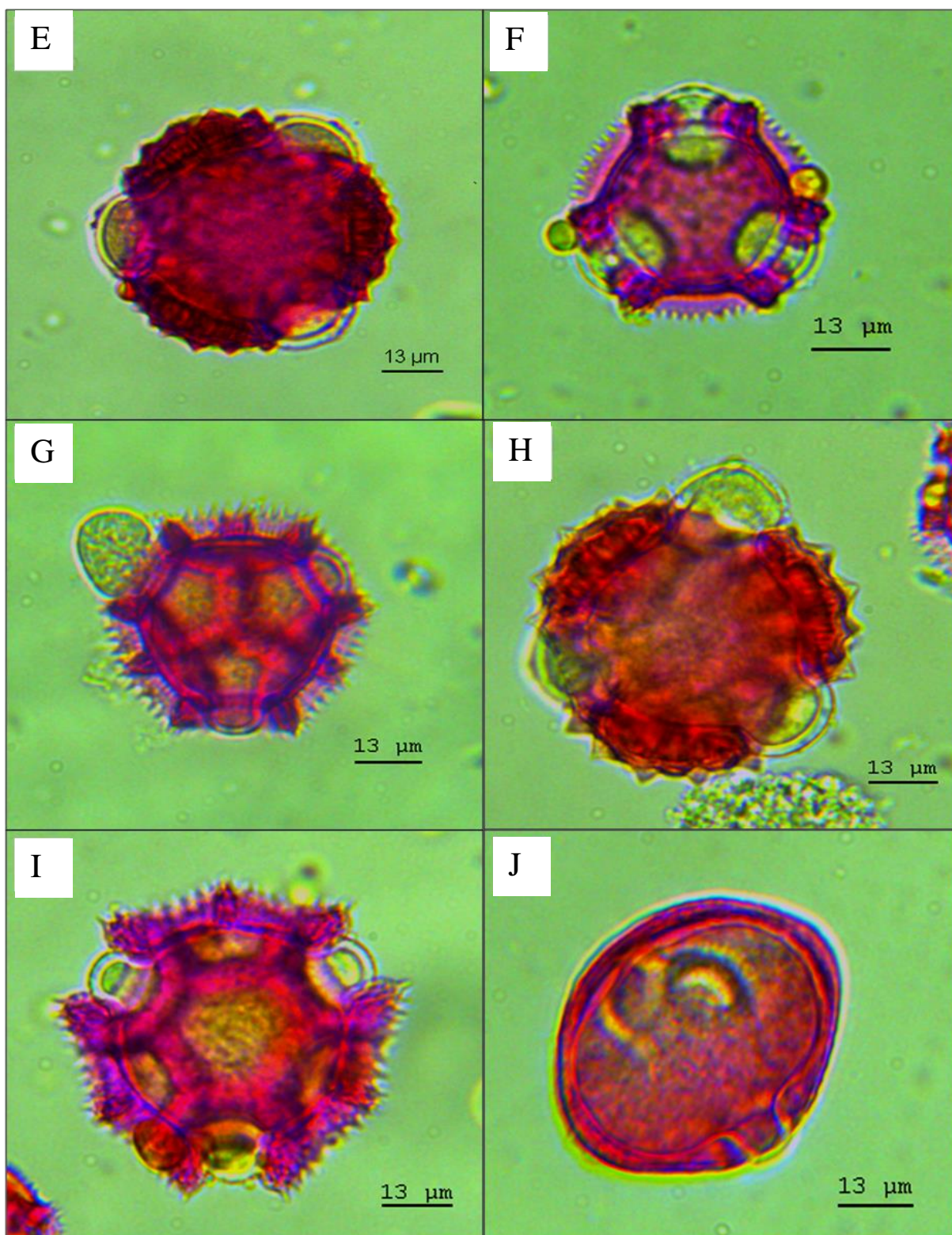
**A** : nid avec un seul espace vestibulaire ; **B** : nid avec plusieurs espaces vestibulaires (OUAHAB *et al.*, 2021).

### III.2.1.2. Analyse du pollen

Nos résultats ont montré la présence d'un total de 52 espèces végétales dans la zone d'étude pendant la période d'activité d'*O. latreillei*. Au total, 10 types de pollen sont collectés par cette abeille, dont quatre espèces (*Centaurea acaulis*, *Malva sylvestris*, Indéterminé-1, et Indéterminé-2) sont classés comme contaminants accidentels parce qu'ils sont représentés par un seul grain de pollen dans toutes les lames examinées. Les six autres espèces : - *Taraxacum officinale*, *Sonchus* sp., *Onopordon acanthium*, *Onopordon* sp., *Scorzonera hispanica*, et *Centaurea pubescens*- sont les principales sources de nourriture pour *O. latreillei* dans la zone d'étude (Fig. 50 et 51).



**Figure 50.** Photographies des grains de pollen accidentels trouvés dans les nids d'*O. latreillei*. A, Indéterminé-1 ; B, *Centaurea acaulis* ; C, Indéterminé-2 ; D, *Malva sylvestris*. (OUAHAB *et al.*, 2021).



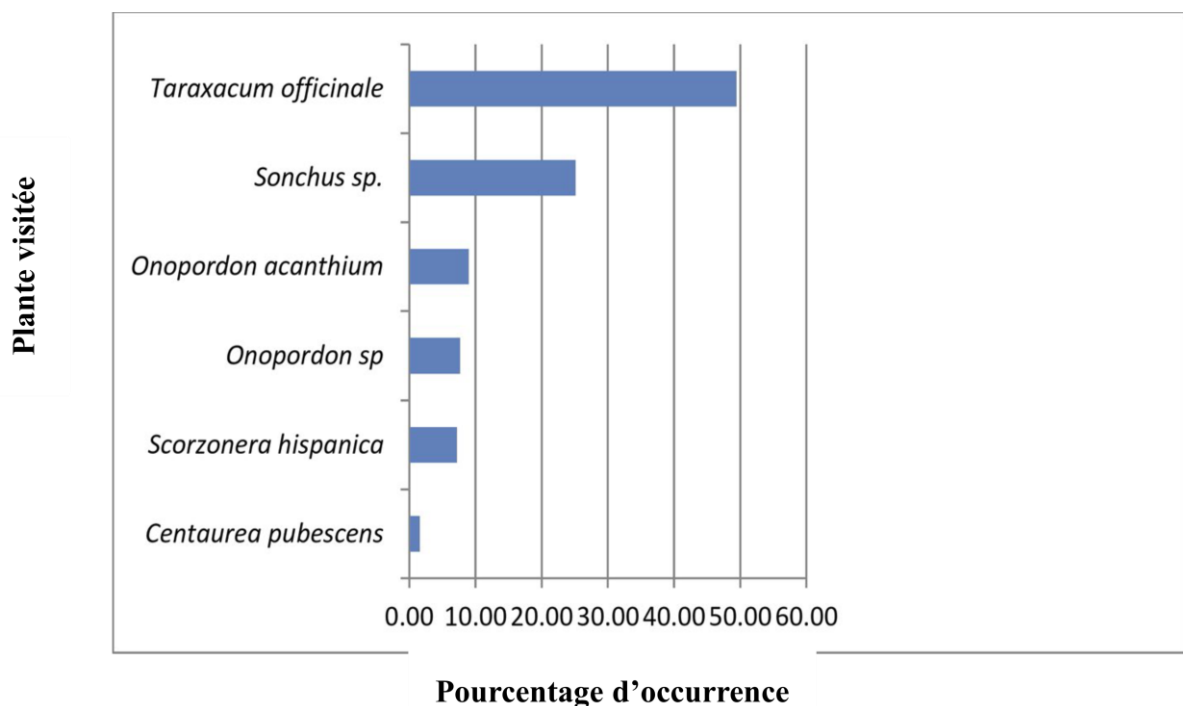
**Figure 51.** Photographies des grains de pollen trouvés dans les nids d'*Osmia latreillei*. E, *Onopordon acanthium* ; F, *Taraxacum officinale* ; G, *Sonchus* sp. ; H, *Onopordon* sp. ; I, *Scorzonera hispanica* ; J, *Centaurea pubescens*.

(OUAHAB *et al.*, 2021).

Les fréquences d'occurrence des types de pollen dans les 15 échantillons analysés montrent que *T. officinale* est le plus fréquent sur 78,66% des 75 lames examinées, suivi par *Sonchus* sp. (49,33%), *S. hispanica* (38,66%), *O. acanthium* (33,33%), *Onopordon* sp. (29,33%) et *C. pubescens* (14,66%) (Tableau 10) (Fig.52).

**Tableau 09.** Occurrence des types de grains de pollen dans les nids d'*O. latreillei*.

Type de pollen	Strate	Pourcentage d'occurrence sur les lames	Classification des types de pollen
<i>Centaurea pubescens</i> Willd.	Herbacé	14.67	Isolats occasionnels
<i>Onopordon acanthium</i> L.	Herbacé	33.33	Isolats importants
<i>Onopordon</i> sp.	Herbacé	29.33	Isolats importants
<i>Scorzonera hispanica</i> L.	Herbacé	38.67	Isolats importants
<i>Sonchus</i> sp.	Herbacé	49.33	Accessoire
<i>Taraxacum officinale</i> L.	Herbacé	78.67	Dominant



**Figure 52.** Pourcentage d'occurrence sur les lames de différents taxons de pollen dans les nids d'*O. latreillei*. (OUAHAB *et al.*, 2021).

### III.2.2. Discussion de la bioécologie des apoïdes

#### III.2.2.1. Architecture du nid et comportement de nidification.

Un nid typique d'*O. latreillei* consiste en une série de cellules approvisionnées disposées linéairement, comme chez d'autres espèces d'*Osmia* telle que *O. bicornis* (BOSCH *et al.*, 2001 ; SEIDELMANN *et al.*, 2016). Les cellules sont séparées les unes des autres par de fines cloisons constituées d'une pulpe de tissu foliaire finement mastiquée (Fig. 48-49). Selon Hartman *et al.* (1944), *O. georgica* gratte ce matériau de la surface des feuilles et elle le roule en boule pour le transporter au nid.

En arrivant au nid, *O. georgica* mâche et imbibe le matériau avec de la salive, puis construit la cloison, qui sèche et apparaît en vert foncé. Les cloisons sont de taille uniforme, légèrement concaves vers l'intérieur et assez minces (moins de 1 mm) mais leur épaisseur augmente vers les bords fixés sur les côtés du tube, vraisemblablement pour une meilleure intégrité structurelle. Le nid est coiffé d'un bouchon de fermeture plus épais que les cloisons mais fait du même matériau. Les femelles nicheuses laissent un espace vide entre le couvercle du nid et la dernière cellule approvisionnée. Cet espace vide est constitué de 1 à 3 espaces vestibulaires vides.

Seidelmann (1999), dans ses travaux sur la fonction du vestibulum dans les nids d'*O. rufa*, suggère que l'abeille construit un vestibulum pour éviter la mortalité de la progéniture due au risque élevé de parasitisme et pour protéger le couvain contre les conditions météorologiques instables. Les cellules de couvain sont approvisionnées avec un mélange de nectar et de pollen. Pour remplir une cellule, l'abeille fait plusieurs allers-retours au nid afin de visiter autant de plantes que nécessaire.

Après un butinage et de retour au nid, l'abeille revient de front pour déposer le nectar récolté sur le pollen déposé lors du butinage précédent, elle mélange le tout avec ses mandibules puis se retourne pour déposer le nouveau pollen (qui sera mélangé avec le nectar du prochain butinage) en frottant son abdomen avec ses pattes postérieures ; et la même opération est répétée plusieurs fois pour chaque cellule. La masse de pollen est placée contre la cloison qui sépare la cellule en cours d'approvisionnement de la précédente. L'extrémité antérieure de la masse est légèrement concave, et un œuf blanc et allongé est attaché par une extrémité près du centre de la concavité.

La longueur des cellules varie de 3,0 à 9,5 mm, 81,15 % de l'ensemble des cellules se situant entre 4,0 et 7,0 mm. La longueur moyenne de toutes les cellules examinées était de

5,52 ± 1,58 mm. Les cellules des couvées des femelles sont généralement de plus grande taille et situées à l'arrière du nid, tandis que les cellules des mâles sont comparativement plus petites et situées dans la partie antérieure du nid. Cette disposition est similaire pour de nombreuses espèces d'abeilles solitaires. RAW (2009) rapporte la même observation dans des nids d'*O. bicornis*, il explique ce phénomène comme une raison du dimorphisme sexuel dans la phénologie de l'espèce qui permet aux mâles de quitter le nid plus tôt que les femelles.

### III.2.2.2. Analyse du pollen

Les résultats obtenus confirment ceux de MÜLLER (2014), BALDOCK *et al.*, (2018) et SHEBL *et al.*, (2018), selon lesquels toutes les plantes visitées par *O. latreillei* pour la collecte de ressources florales appartiennent aux Asteraceae. Dans notre site d'étude, les femelles d'*O. latreillei* nourrissent leurs larves exclusivement avec du pollen d'Asteraceae. Cette famille de plantes omniprésente et très diversifiée joue un rôle important pour de nombreuses abeilles spécialisées en raison de la quantité considérable de pollen et de nectar fournie par ses inflorescences composées sur une longue période (MÜLLER et BANSAC, 2004). SPEAR *et al.* (2016) suggèrent que la spécialisation dans le pollen des Asteraceae, qui est connu pour être un aliment de mauvaise qualité (manquant de plusieurs acides aminés essentiels) (PRAZ *et al.*, 2008), peut protéger les abeilles maçonnes du parasitisme du couvain par les Sapygides. La même étude démontre que les espèces d'*Osmia* spécialisées dans le pollen des Asteraceae sont parasitées beaucoup moins fréquemment que les spécialistes des Fabaceae ou les généralistes.

Les abeilles oligolectiques présentent des spécialisations morphologiques, physiologiques et comportementales qui leur permettent de collecter le pollen plus efficacement que les espèces généralistes (LEPPIK, 1966 ; RASMUSSEN *et al.*, 2020). Chez certaines espèces spécialisées du genre *Osmia* telles qu'*O. latreillei*, la scopa métasomale ventrale utilisée comme structure de collecte de pollen est un trait morphologique qui permet probablement à ces abeilles de collecter assez efficacement le pollen des fleurs d'Asteraceae. Dans notre étude, parmi les Asteraceae, le pollen de *Taraxacum officinale* et de *Sonchus* sp., tous deux très communs au Centre National de Développement des Ressources Biologiques, est collecté de manière prédominante, ce qui implique que *O. latreillei* visite principalement ces plantes. *T. officinale* est la principale source de pollen avec 49,42%, avec *Sonchus* sp. représentant la deuxième plante la plus visitée avec 25,12% du nombre total de grains de pollen comptés qui est de 22 500. Suivent les espèces *Onopordon acanthium*, *Onopordon* sp. et *Scorzonera hispanica*, toutes beaucoup moins abondantes dans la région d'étude (représentant chacune

8% des grains), et *Centaurea pubescens*, une espèce rare dans le site d'étude, dont le pollen ne joue qu'un rôle marginal dans le régime alimentaire d'*O. latreillei*. Il n'a été enregistré que 1, 59% des grains de pollen comptés (Tab. 10) (Fig. 51).

Les fréquences d'occurrence des types de pollen dans les 15 échantillons analysés montrent que *T. officinale* est le plus fréquent sur 78,66% des 75 lames examinées, suivi par *Sonchus* sp. (49,33%), *S. hispanica* (38,66%), *O. acanthium* (33,33%), *Onopordon* sp. (29,33%) et *C. pubescens* (14,66%) (Fig. 52). Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la période de floraison des deux genres *Taraxacum* et *Sonchus* correspond à la période d'activité d'*O. latreillei*, et il semble y avoir une synchronisation entre ces deux plantes et *O. latreillei* dans notre site d'étude. MAYER et KUHLMANN (2004) soulignent que malgré le fait que les systèmes de pollinisation peuvent être généralisés (les fleurs avec des systèmes de pollinisation généralisés sont celles qui attirent plusieurs types de pollinisateurs), on pourrait s'attendre à une bonne synchronisation entre les insectes pollinisateurs et leurs plantes hôtes préférées. Cela est particulièrement vrai pour les zones arides où les facteurs environnementaux tels que les précipitations, la température, l'humidité relative et la photopériode limitent la saison de floraison à une courte période de l'année, comme c'est le cas dans notre zone d'étude. Selon une étude ultrastructurale des grains de pollen consommés par les larves d'*O. tricornis*, *O. cornuta*, *O. latreillei* et *O. rufa*, le cytoplasme du pollen de *Sonchus* (qui a de fines intines) est presque entièrement absent des grains de pollen récupérés dans les fèces d'*O. latreillei*, ce qui indique une bonne digestion des grains de pollen de *Sonchus* par ce spécialiste des composites (SUAREZ-CERVERA *et al.*, 1994). Contrairement à notre étude, LEVIN et HAYDAK (1957), dans leurs travaux sur la valeur du pollen de différents taxons végétaux pour la nutrition d'*O. lignaria*, constatent que le pissenlit permettait une croissance considérablement plus importante, mais qu'aucune des larves qui s'en nourrissent n'atteint le stade final, ce qui suggère que le pollen de *Taraxacum* peut être toxique ou ne pas contenir suffisamment de nutriments. Selon VANDERPLANCK *et al.* (2020), l'échec du développement des abeilles mellifères sur le pollen de *Taraxacum* a été attribué à son manque de tryptophane et de phénylalanine et à sa carence en arginine (c'est-à-dire des acides aminés essentiels).

Ces résultats nous permettent de conclure qu'*O. latreillei* est une espèce spécialiste qui ne visite que les plantes des Asteraceae et qui a une préférence plus marquée pour les genres *Sonchus* et *Taraxacum* dans notre site d'étude. Nous concluons également qu'il existe une synchronisation locale entre la phénologie de cette espèce d'abeille et ces deux genres. Pour

une meilleure gestion de cette espèce en Algérie, des études supplémentaires sur les charges polliniques des abeilles sont nécessaires pour compléter la liste des taxons végétaux utilisés par *O. latreillei* comme source de pollen dans cette région ainsi que dans d'autres régions du pays où ces abeilles sont présentes.

### III.3.1. Résultats de la contribution à l'étude des apoïdes en milieu agricole

Cette partie prend en compte la faune des Apoïdes associée aux fleurs d'Amandier en région d'El Bayadh (nord-ouest de l'Algérie).

A côté de l'abeille mellifère *Apis mellifera*, cette étude nous a permis de recenser 15 espèces d'abeilles sauvages assurant la pollinisation des plantations d'amandier au sein du CNDRB (Centre National de Développement des Ressources Biologiques) appartenant à 9 genres et quatre familles : Apidae, Megachilidae, Andrenidae et Halictidae. La famille des Apidae est la plus diversifiée représentée par le genre *Anthophora* avec ses espèces *A. (Lophanthophora) dispar*, *A. ventilabris* et *A. atroalba*, le genre *Bombus* représente l'espèce *B. terrestris africanus*, une espèce non identifiée sous le genre *Nomada*, *Nomada* sp1., et le genre *Eucera* représenté par trois espèces *Eucera (Synhalonia) brachycera*, *Eucera (Synhalonia) sp* et *Eucera* sp.. La famille des Andrenidae est composée uniquement par le genre *Andrena* avec ses trois espèces identifiées *A. flavipes*, *A. thoracica* et *A. pilipes*. La famille des Megachilidae est représentée par le genre *Osmia*, avec une osmie non identifiée *Osmia* sp. La famille des Halictidae est représentée par le genre *Halictus* avec ses espèces *H. scabiosae* et deux *Halictus* sp1 et *Halictus* sp2 non identifiées (Tab.10) (Fig. 53).

**Tableau 10.** Espèces d'abeilles sauvages inventoriées dans le verger d'amandier pendant la période d'étude 2019.

Familles, sous-familles, tribus.	Genres	Espèces, sous-espèce
<b>Apidae/ Apinae /</b>		
<b>1- Bombini</b>	1- <i>Bombus</i> Latreille, 1802	- <i>Bombus terrestris</i> (L., 1758) ssp. <i>africanus</i>
<b>2- Anthophorini</b>	1- <i>Anthophora</i> Latreille, 1803	- <i>Anthophora dispar</i> Lepeletier, 1841. - <i>Anthophora ventilabris</i> Lepeletier, 1841 - <i>Anthophora atroalba</i> Lepeletier,



		1841
<b>3- Eucerini</b>	1- <i>Eucera</i> Scopoli, 1770	- <i>Eucera</i> sp. - <i>Eucera brachycera</i> (Gribodo, 1893)- <i>Eucera</i> sp.
<b>Apidae/ Nomadinae /</b>		
<b>1-Nomadini</b>	1- <i>Nomada</i> Scopoli, 1770	- <i>Nomada</i> sp.
<b>Andrenidae/ Andreninae /</b>		
<b>1- Andrenini</b>	1- <i>Andrena</i> Fabricius, 1775	- <i>Andrena flavipes</i> Panzer, 1799 - <i>Andrena thoracica</i> (Fabricius, 1775) - <i>Andrena pilipes</i> (Fabricius, 1781)
<b>Megachilidae/ Megachilinae /</b>		
<b>1- Osmiini</b>	1- <i>Osmia</i> Panzer, 1806	- <i>Osmia</i> sp.
<b>Halictidae/ Halictinae /</b>		
<b>1-Halictini</b>	1- <i>Halictus</i> Latreille, 1804	- <i>Halictus scabiosae</i> (Rossi, 1790) - <i>Halictus</i> sp1. - <i>Halictus</i> sp2.



*Bombus terrestris africanus*  
femelle



*Anthophora dispar*  
femelle



*Anthophora ventilabri*  
male



*Nomada* sp. 1



*Eucera* sp. mâle



*Eucera brachycera* femelle



*Anthophora atroalba* femelle



*Eucera (Synhalonia)* sp. mâle



*Andrena thoracica* femelle



*Andrena pilipes* femelle



*Andrena flavipes* femelle



*Osmia* sp.



**Figure 53.** Apidofaune associée aux plantations d'amandiers dans la région d'étude.

### III.3.2. Discussion de la contribution à l'étude des apoïdes en milieu agricole

L'amandier (*Prunus dulcis*) est l'une des cultures fruitières les plus importantes au monde. Les amandiers dépendent grandement de la pollinisation par les insectes pour atteindre des rendements élevés et obtenir des fruits de qualité marchande acceptable (KLEIN *et al.*, 2015). Les insectes, tels que les abeilles et les syrphes, étant les pollinisateurs les plus importants dans les vergers d'amandiers, il est essentiel de bien comprendre leur présence et leur activité pour garantir les services de pollinisation dans cet agro-écosystème. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des abeilles pour la pollinisation de l'amandier peut considérablement augmenter le rendement et la qualité des fruits (BRITTAİN *et al.*, 2013 ; ALOMAR *et al.*, 2018 ; SAEZ *et al.*, 2020 ; Khalifa *et al.*, 2021). L'étude des apoïdes butineurs des fleurs d'amandier pendant la floraison en 2019, en région d'Elbayadh à l'ouest de l'Algérie, a montré l'attraction de plusieurs espèces d'abeilles pollinisatrices sauvages : 15 espèces appartenant à 7 genres et 4 familles à savoir ; La famille des Apidae représentée par les quatre genres *Anthophora*, *Bombus*, *Nomada*, et *Eucera* ; la famille des Megachilidae est représentée par le genre *Osmia* ; la famille des Andrenidae représentée par le genre *Andrena* et la famille des Halictidae représenté par le genre *Halictus*.

IQBAL et ses collègues (2016) ont souligné dans leur travail sur la faune d'abeilles sauvages associée aux plantations d'amandiers dans le nord du Pakistan, dix espèces appartenant à sept genres et quatre familles, à savoir ; Apidae, Andrenidae, Halictidae et Megachilidae. La famille des Apidae représente le genre *Anthophora* avec ses espèces *A. fulvitaris* et une *Anthophora* sp. non identifiée, le genre *Bombus* représente l'espèce *B. asiaticus*, l'espèce identifiée sous le genre *Melecta*, *M. luctuosa*, tandis que le genre *Xylocopa* ne représente qu'une seule espèce, *X. collaris*. La famille des Andrenidae représente le genre

*Andrena* avec ses deux espèces non identifiées. Cependant, le genre *Lassioglossum* représente la famille des Halictidae avec une *Lassioglossum* sp. non identifiée. La famille des Megachilidae représente le genre *Osmia* avec son espèce *O. cornifrons* et une *Osmia* sp. non identifiée.

Dans la présente étude, nous avons constaté que malgré les conditions climatiques sévères de la région d'Elbayadh où les températures peuvent descendre jusqu'à  $-17^{\circ}\text{C}$  en hiver, une richesse importante d'abeilles sauvages a contribué à la pollinisation d'amandiers complétant alors le déficit due à la faible activité de l'abeille mellifère sachant que cette dernière s'active seulement durant le beau temps. Une étude de BRITAIN *et al.*, (2013) a montré que le taux de visite d'*A. mellifera* était plus faible dans les vergers d'amandiers sans les abeilles non-*Apis*. Cependant, l'efficacité de la pollinisation par *A. mellifera* était plus grande et la nouaison plus importante lorsque des abeilles non-*Apis* étaient présentes. Les abeilles mellifères ont augmenté leur proportion de déplacement entre les rangées d'arbres lorsque des abeilles non-*Apis* étaient présentes, améliorant ainsi l'efficacité de la pollinisation. Dans les champs de colza, DELBRASSINNE et RASMONT (1988) ont constaté qu'il semble y avoir une certaine complémentarité entre l'activité de butinage des abeilles mellifères et des bourdons. Ils butinent à différents moments de la journée et quand ils sont présents ensemble dans le champ, ils ont tendance à butiner sur des inflorescences différentes. L'étude de BRITAIN *et al.* (2013) a révélé que la plus grande proportion de mouvements entre les rangs par les individus d'*A. mellifera* a très probablement entraîné le dépôt d'un plus grand nombre de pollen compatible, puisque le pollen d'une même variété ne donne généralement pas de fruits. Cet effet synergique de la présence d'abeilles non-*Apis* suggère que le maintien de la biodiversité dans les écosystèmes agricoles pourrait apporter des avantages méconnus, et il offre des possibilités intéressantes pour l'intégration de systèmes de pollinisation plus diversifiés afin d'améliorer la durabilité à long terme de la production d'amandes et de cultures similaires. ALOMAR *et al* (2018) ont mis en évidence l'effet positif de la communauté florale herbacée sur la production d'amandes, à la fois directement et indirectement en augmentant la diversité des pollinisateurs sauvages. La diversité des espèces de pollinisateurs a directement augmenté la production de fruits. Les chercheurs ont conclu que les stratégies de gestion visant à améliorer la production d'amandes pourraient consister à favoriser les pollinisateurs sauvages par l'entretien des habitats naturels entourant les champs de culture, et à préserver la communauté d'herbes à fleurs qui se trouve spontanément dans la couverture végétale des champs d'amandes dans les régions méditerranéennes.

Dans notre région d'étude, en raison du mauvais temps, l'activité d'*A. mellifera* a été sévèrement limitée. Par contre, les abeilles sauvages se sont révélées capables de s'adapter à des conditions climatiques difficiles et de visiter activement les fleurs des amandiers. Par conséquent, les abeilles sauvages sont des pollinisateurs clés de l'amande dans les lieux de haute altitude, et des études supplémentaires devraient être menées pour explorer leur capacité de pollinisation en examinant leur bio-écologie et leur diversité, et pour prendre les mesures nécessaires pour leur conservation.

*CONCLUSION  
GENERALE  
ET PERSPECTIVES*

## Conclusion Générale et Perspectives

---

Le but de ma thèse est de contribuer à la connaissance de la faune des pollinisateurs de notre pays à travers l'étude de la bioécologie de la faune apicole dans une partie de l'ouest algérien. Pour ce faire, trois aspects sont abordés, à savoir : l'inventaire, la diversité et la distribution des abeilles sauvages (Hymenoptera : Apoidea ; Anthophila) à travers les Monts de Tlemcen dans le nord-ouest de l'Algérie, l'étude écologique de la nidification de l'abeille maçonne *Osmia latreillei* et l'étude des abeilles sauvages comme pollinisateurs potentiels des plantations de l'amandier.

L'étude de l'inventaire, la diversité et la distribution des abeilles sauvages (Hymenoptera : Apoidea ; Anthophila) à travers les Monts de Tlemcen dans le nord-ouest de l'Algérie nous a permis de recenser 155 taxons, 21 genres et cinq familles. L'étude des indices écologiques et les traitements statistiques appliqués aux résultats ont permis de mettre en évidence la composition de cette faune, sa dépendance vis-à-vis des ressources florales et sa répartition spatio-temporelle dans la région. Les résultats obtenus révèlent une grande richesse en Apoïdes avec une richesse spécifique de 36 morphospecies à Lalla Setti, 62 à Ain Beni Aad, et 121 à Moutas. L'indice de Shannon est le plus élevé dans le site de Moutas et le plus faible dans le site de Lalla Setti. L'indice de Hurlbert montre que le nombre espéré d'espèces dans un tirage aléatoire de 100 spécimens est 27 espèces pour le site de Lalla Setti, 36 espèces pour le site Ain Beni Aad et 45 espèces pour le site de Moutas ce qui signifie que ce dernier site est nettement plus diversifié. Les familles botaniques les plus visitées dans notre région d'étude sont les Asteraceae, les Cistaceae, les Euphorbiaceae, les Apiaceae, les Convolvulaceae, les Fabaceae, les Lamiaceae et les Boraginaceae. La conservation de cette apidofaune est nécessaire pour l'avenir car elle joue un rôle clé dans la pollinisation des plantes et leur diversité au sein des écosystèmes naturels et agricoles.

Dans la deuxième partie, sont mises en évidence les plantes hôtes (ressources alimentaires) et l'écologie de nidification de l'abeille maçonne *Osmia latreillei* dans des nids artificiels au niveau du Centre National de Développement des Ressources Biologiques, en région d'El Bayadh, dans l'ouest de l'Algérie. La dissection de 15 nids choisis aléatoirement nous a permis d'étudier l'architecture du nid de l'abeille ainsi que d'analyser au microscope des échantillons de pollen afin d'identifier les sources florales utilisées par cette abeille. Cette étude a conduit à conclure qu'*Osmia latreillei* est une espèce spécialiste qui ne visite que des plantes de la famille des Asteraceae telles que *Centaurea pubescens*, *Onopordon acanthium*, *Onopordon* sp., *Scorzonera hispanica*, *Sonchus* sp. et *Taraxacum officinale*, avec une préférence plus marquée pour les deux espèces *Sonchus* sp. et *Taraxacum officinale*. Dans le dernier aspect, la

## Conclusion Générale et Perspectives

---

liste des abeilles essentielles pour la pollinisation de l'amandier au niveau du Centre National de Développement des Ressources Biologiques à El Bayadh dans l'ouest Algérien est établie, afin de sensibiliser les agriculteurs de la région de mieux préserver et mobiliser ces bestioles, pour améliorer le rendement de leurs vergers. L'étude a permis de recenser 15 espèces d'abeilles assurant la pollinisation de l'amandier dans la région appartenant à 9 genres sous quatre familles : Apidae, Megachilidae, Andrenidae et Halictidae. Ce travail nous conduit à conclure que malgré les conditions climatiques difficiles de la zone d'étude, une importante diversité d'abeilles sauvages était présente pendant la période de floraison des amandiers.

Les abeilles fournissent une série de services écosystémiques qui contribuent au bien-être des êtres humains tout en maintenant les systèmes de soutien de la vie sur la planète. La pollinisation par les abeilles est essentielle pour les cultures vivrières, et l'on craint de plus en plus une catastrophe mondiale, car la demande de services de pollinisation continue de dépasser l'offre, ce qui entraîne une augmentation des systèmes agricoles moins variés et dépendants des pollinisateurs. Outre l'augmentation du rendement des cultures, la pollinisation par les abeilles améliore la valeur nutritionnelle, la qualité et la durée de conservation de nombreux fruits et légumes, réduisant ainsi potentiellement le gaspillage alimentaire dû à des défauts esthétiques.

Sur la base des résultats exposés ci-dessus, nous recommandons les points suivants comme étant prioritaires pour les futurs travaux et études en Algérie:

- L'identification des abeilles pollinisatrices clés et des caractéristiques des pollinisateurs dans une série de cultures représentatives ;
- L'étude de la bio-écologie des espèces ayant un potentiel pollinisateur élevé ;
- Étude des caractéristiques comportementales et morphologiques qui favorisent la substitution et la synergie dans les communautés d'abeilles ;
- Évaluation des avantages non marchands des services de pollinisation fournis par les abeilles ;
- La domestication des espèces sauvages telles que les bourdons et les osmies.



*REFERENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

Aghababaeyan, E., Pakravan, M., & Ghahremaninejad, F. (2014). Anatomical study and pollen micromorphology of *Onopordum* L. in Iran. *Notulae Scientia Biologicae*, 6(1), 66–76.

Aguib, S., Benachour, K., Maghni, N., & Louadi, K. (2017). Nesting behaviour of *Osmia tingitana* Benoist (1969) (Hymenoptera: Megachilidae), endemic species of North Africa with first observation of its parasite *Chrysura barbata* Lucas (1849) (Hymenoptera: Chrysididae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5, 1181-1186.

Aleixo, K. P., de Faria, L. B., Groppo, M., do Nascimento Castro, M. M., & da Silva, C. I. (2014). Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(4), 689-696.

Alfken, J.D. (1914) Beitrag zur Kenntnis der Bienenfauna von Algerien. *Mémoires de la Société Entomologique de Belgique*, 22, 185–237.

Alford, D., V. (1975). *Bumblebees*. Ed. Davis-Poynter, London, XII +, 352 p.

Alomar, D., González-Estévez, M. A., Traveset, A., & Lázaro, A. (2018). The intertwined effects of natural vegetation, local flower community, and pollinator diversity on the production of almond trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, 34-43.

Aouar-Sadli, M (2009). *Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) et leurs relations avec la culture de la fève (Vicia faba L.) sur le terrain dans la région de Tizi Ouzou*. Thèse Doctorat, Sci., Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 241 p.

Archer, M. E. (2008). The wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) of the sand dunes of Bamburgh, Northumbria and sandscale haws, Cumbria. *Entomologist's Monthly Magazine*, 144(1730), 131.

Avarguès-Weber, A., Mota, T., & Giurfa, M. (2012). New vistas on honey bee vision. *Apidologie*, 43(3), 244-268.

Baldock, D., Wood, T. J., Cross, I., & Smit, J. (2018). The bees of Portugal (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). *Entomofauna*, Supplement, 22, 1–164.

Barone, R., (1999). *Evaluation faunistique et floristique de la Grande Bruyère de Bleton (Belgique, Hainaut)*. Mémoire de Licence, Université de Mons-Hainaut, 72 p.

Batra S.W.T., 1984 - Les abeilles solitaires. *Pour la Science*, 78:58-67.

Belsky, J., & Joshi, N. K. (2019). Impact of biotic and abiotic stressors on managed and feral bees. *Insects*, 10(8), 233.

Bendifallah, L., Doumandji, S., Louadi, K., & Iserbytt, S. (2012). Geographical variation in diversity of pollinator bees at natural ecosystem (Algeria). *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2(11), 26-31.

Bendifallah, L., Louadi, K., & Doumandji, S. (2008). Abeilles sauvages et leur diversité dans le Nord d'Algérie. *Symposium internati. rech. entomol. écosystèmes for. méditer. 5 – 9 mai 2008, Univ. Org. Prot. Plantes, Estoril, Univ. Orléans*. 124 p.

Bendifallah, L., Louadi, K., & Doumandji, S. (2010). Apoidea et leur Diversité au Nord d'Algérie. *Silva Lusitana*, 18(1), 85-102.

Bendifallah, L., Louadi, K., & Doumandji, S. (2013). Bee fauna potential visitors of coriander flowers *Coriandrum sativum* L.(Apiaceae) in the Mitidja area (Algeria). *Journal of Apicultural Science*, 57(2), 59.

Bendifallah, L. (2002). *Biosystématique des Apoidea (abeilles domestiques et sauvages) dans quelques stations de la région orientale de la Mitidja*. Mémoire Magistère, Inst. nati. Agro. El Harrach, 208 p.

Bendifallah, L., & Ortiz-Sánchez, F. J. (2018). Flowering plants preferred by native wild bees (hymenoptera, apoidea, apiformes) in the Algerian Littoral Region. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(2), 172–190.

Bosch, J., & Blas, M. (1994). Foraging behaviour and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on almond (Hymenoptera, Megachilidae and Apidae). *Applied Entomology and Zoology*, 29(1), 1-9.

Bosch, J., & Kemp, W. P. (2002). Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*, 92(1), 3–16.

Bosch, J., Maeta, Y., & Rust, R. W. (2001). A phylogenetic analysis of nesting behavior in the genus *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 94(4), 617–627.

Bradbear, N. (2009). *Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products*. Non-wood Forest Products, 194 p.

Brittain, C., Williams, N., Kremen, C., & Klein, A. M. (2013). Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1754), 20122767.

Carreck, N., & Williams, I. (1998). The economic value of bees in the UK. *Bee world*, 79(3), 115-123.

Chadwick, F., Fitzmaurice, B., Alton, S., & Earl, J. (2016). *The Bee Book: The Wonder of Bees—How to Protect them—Beekeeping Know-how*. Dorling Kindersley Ltd.

Chan, D. S. W., Prosser, R. S., Rodríguez-Gil, J. L., & Raine, N. E. (2019). Assessment of risk to hoary squash bees (*Peponapis pruinosa*) and other ground-nesting bees from systemic insecticides in agricultural soil. *Scientific Reports*, 9(1), 1-13.

Cherair, E. H. (2016). *Étude éco--éthologique du peuplement d'apoïdes (Hymen optera, Aculeata) en milieu steppique (Région de Djelfa)*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 171p.

Cordier, J. (2018). *Clé de détermination des Asteracées (ou composées) du Centre-Val de Loire*. Compilation & Adaptation: MNHN/CBNBP, Version 1.

Dag, A., Zipori, I., & Pleser, Y. (2006). Using bumblebees to improve almond pollination by the honeybee. *Journal of Apicultural Research*, 45(4), 215-216.

Danforth, B. N., Fang, J., & Sipes, S. (2006). Analysis of family-level relationships in bees (Hymenoptera: Apiformes) using 28S and two previously unexplored nuclear genes: CAD and RNA polymerase II. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(2), 358-372.

Danforth, B. (2007). Bees. *Current biology*, 17(5), R156-R161.

Danforth, B. N., Minckley, R. L., Neff, J. L., & Fawcett, F. (2019). *The solitary bees: biology, evolution, conservation*. Princeton University Press.

Dauti, A., Kapidani, G., Pupuleku, B., Kallajxhiu, N., & Jance, A. (2014). The palynomorphological characteristics of Anthemis in Albania. *The Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 95–99.

Delaplane, K. S., Mayer, D. R., & Mayer, D. F. (2000). *Crop pollination by bees*. Cabi.

Delbrassinne, S., & Rasmont, P. (1988). Contribution à l'étude de la pollinisation du colza, *Brassica napus* L. var. oleifera (MOENCH) DELILE, en Belgique. *Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux*, 23(2), 123-152.

Dermane, A. E. K. (2016). *Bioécologie de la faune d'apoides (Hymenoptera, Apoidea associée à la plante médicinale Asphodelus microcarpus (Liliacées) dans le parc national de Théniet el Had (Tissemsilt)*. Mémoire de Magistère, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie, 195 p.

Dermane, A., Bendifallah, L., Michez, D., & Wood, T. J. (2021). *Andrena* species (Hymenoptera: Apoidea: Andrenidae) from Western Algeria, with a preliminary assessment of their pollen preferences. *Annales de la Société entomologique de France (NS)* (Vol. 57, No. 2, pp. 149-164). Taylor & Francis.

Edmund, S. T. R. (1978). *Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations*. Chapman & Hall, 535 p.

Ellis, J. (2007). Colony collapse disorder (CCD) in honey bees. *EDIS*, 2007(15).

Engel, M. S. (2011). Systematic melittology: where to from here?. *Systematic Entomology*, 36(1), 2-15.

Engel, M. S., Rasmussen, C., & Gonzalez, V. H. (2020). *Bees*. In C. Starr (Ed.), *Encyclopedia of social insects*. Springer, Cham.

Erkara, I. P., Köse, Y. B., Osoydan, K., & Yücel, E. (2012). Pollen morphology of some endemic Turkish *Centaurea* L. (Asteraceae, section Phaloletis) and their taxonomic value. *Plant Systematics and Evolution*, 298(6), 1111–1117.

Evans, J. D., & Schwarz, R. S. (2011). Bees brought to their knees: microbes affecting honey bee health. *Trends in microbiology*, 19(12), 614-620.

Evreinoff, V. A. (1952). Quelques observations biologiques sur l'amandier. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 32(359), 442-459.

Faux, C. M. (2021). Honey Bee Anatomy. *Honey Bee Medicine for the Veterinary Practitioner*, 33-40.

Gallai N., Salles J.M., Settele J., Vaissiere B.E., 2009 - Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810-821.

Garratt, M. P., Breeze, T. D., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J. C., & Potts, S. G. (2014). Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, ecosystems & environment*, 184, 34-40.

GEOSYSTEM Consult. (2015). Etude de classement et d'aménagement de l'aire protégée des monts des ksour Wilaya d'el Bayadh et de Naâma, rapport n° 1: étude générale de l'aire [Classification and development study of the protected area of the mountains of ksour, Wilaya of el Bayadh and Naâma, report no. 1: general study of the area]. Société d'ingénierie et d'études techniques (Georessources-environnement- Géomantique).

Giannini, T. C., Cordeiro, G. D., Freitas, B. M., Saraiva, A. M., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2015). The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of economic entomology*, 108(3), 849-857.

Gonçalves, L., da Silva, C. I., & Buschini, M. L. T. (2012). Collection of pollen grains by *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Apidae: Centridini): Is *C. tarsata* an oligolectic or polylectic species? *Zoological Studies*, 51(2), 195–203.

González, J. A., Torres, F., & Gayubo, S. F. (1999). Estudio de biodiversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en un biotopo arenoso de la Submeseta Norte (España). *Zoologica baetica*, 10, 63-86.

Gonzalez, V. H., Gustafson, G. T., & Engel, M. S. (2019). Morphological phylogeny of Megachilini and the evolution of leaf-cutter behavior in bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Melittology*, 85, 1–123.

Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M., & Frosch-Radivo, A. (2018). *Illustrated pollen terminology*. (2nd ed.). Springer, 501 p.

Hartman, C. G., Hartman, P., Hartman, P., & Rettenmeyer, C. (1944). Notes on the habits of *Osmia georgica* Cresson as ascertained by the glass-tube method. *Psyche: A Journal of Entomology*, 51(3-4), 162–165.

Heinrich, B. (2004). *Bumblebee economics*. Harvard University Press, p.246.

Houston, T. (2018). *A guide to native bees of Australia*. CSIRO PUBLISHING, 280p.

IPBES (Intergov. Sci.-Policy Platf. Biodivers. Ecosys. Serv.). 2016. *Summary for Policymakers of the Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination, and Food Production*, ed. Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T.D., pp. 1–28. Bonn, Germany: IPBES.

Iqbal, Z., Rafi, M. A., Shehzad, A., Haq, A., Bhatti, A. Z. A. R., & Shah, S. W. (2016). Wild bees fauna associated with almond plantation in northern Pakistan. *The Entomological Society Of Karachi, Pakistan* (1971), 31(1), 117-125.

Iserbyt, S., Durieux, E. A., & Rasmont, P. (2008, January). The remarkable diversity of bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) in the Eyne Valley (France, Pyrénées-Orientales). *Annales de la Société entomologique de France* (Vol. 44, No. 2, pp. 211-241). Taylor & Francis Group.

Jacob-Remacle, A. (1989a). Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 20 (4): 271-285.

Jacob-Remacle, A. (1989b). Relation plantes–abeilles solitaires en milieu urbain: l'exemple de la ville de Liège. *Comptes rendus du Symposium «Invertébrés» de Belgique* (pp. 387-394).

Jacob-Remacle A., (1990). *Abeilles sauvages et pollinisation*. Unité de Zoologie Générale et Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 40 p.

Karunaratne, W. A. I. P., Edirisinghe, J. P., & Gunatilleke, C. S. (2005). Floral relationships of bees in selected areas of Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science*, 34, 27-45.

Kaya, Y., Pinar, M., Emre Erez, M., & Fidan, M. (2013). An expert classification system of pollen of *Onopordum* using a rough set approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 189, 50–56.

Kellal, D. (2010). *Biosystématique des Apoïdea (abeilles domestiques et sauvages) dans quelques stations de la Mitidja*. Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 171 p.

Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., ... & El-Seedi, H. R. (2021). Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. *Insects*, 12(8), 688.

Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Carvalheiro, L. G., Henry, M., Isaacs, R., Klein, A.-M., Kremen, C., M'Gonigle, L. K., Rader, R., Ricketts, T. H., Williams, N. M., Lee Adamson, N., Ascher, J. S., Báldi, A., Batáry, P., Benjamin, F., Biesmeijer, J. C., Blitzer, E. J., ... Potts, S. G. (2015). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications*, 6, 7414.

Kleinert, A. D. M. P., & Giannini, T. C. (2012). Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. *Psyche*, 2012.

Koh, I., Lonsdorf, E. V., Williams, N. M., Brittain, C., Isaacs, R., Gibbs, J., & Ricketts, T. H. (2016). Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 140–145.

Koh, I., Lonsdorf, E. V., Artz, D. R., Pitts-Singer, T. L., & Ricketts, T. H. (2018). Ecology and economics of using native managed bees for almond pollination. *Journal of economic entomology*, 111(1), 16-25.

Kratschmer, S., Petrović, B., Curto, M., Meimberg, H., & Pachinger, B. (2020). Pollen availability for the Horned mason bee (*Osmia cornuta*) in regions of different land use and landscape structures. *Ecological Entomology*, 45(3), 525–537.

Krenn, H. W., Plant, J. D., & Szucsich, N. U. (2005). Mouthparts of flower-visiting insects. *Arthropod Structure & Development*, 34(1), 1-40.

Lachaud, A., & Mahe, G. (2008). Contribution à la connaissance de la diversité des abeilles sauvages de Loire-Atlantique. *Bretagne vivante*, SEPNEB.

Ladurner, E., Bosch, J., Kemp, W. P., & Maini, S. (2008). Foraging and nesting behavior of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the presence of fungicides: Cage studies. *Journal of Economic Entomology*, 101(3), 647–653.

Lawrence, T. (2015). Pollination and protecting bees and other pollinators. (Scientific report) *Washington State University Extension FS174E*. Washington State University.

Legendre, P., & Legendre, L. (1984). *Ecologie numérique. 1- Le traitement multiple des données écologiques*. Ed. Masson, Paris, Presses de l'Université du Québec, Québec, 260 p.

Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*. Elsevier.

Leppik, E. E. (1966). Floral evolution and pollination in the Leguminosae. *Annales Botanici Fennici*, 3, 299–308.

Levin, M. D., & Haydak, M. H. (1957). Comparative value of different pollens in the nutrition of *Osmia lignaria*. *Bee World*, 38(9), 221–226.

Lhomme, P., Michez, D., Christmann, S., Scheuchl, E., El Abdouni, I., Hamroud, L., ... & Rasmont, P. (2020). The wild bees (Hymenoptera: Apoidea) of Morocco. *Zootaxa*, 4892(1), 1-159.

Lloyd, D. G., Barrett, S. C., & Barrett, S. (Eds.). (1996). *Floral biology: studies on floral evolution in animal-pollinated plants*. Springer Science & Business Media.

Louadi, K., & Doumandji, S. (1998). Diversité et activité de butinage des abeilles (Hymenoptera Apoidea) dans une pelouse à thérophytes de Constantine (Algérie). *The Canadian Entomologist*, 130(5), 691-702.

Louadi, K., Terzo, M., Benachour, K., Berchi, S., Aguib, S., Maghni, N., & Benarfa, N. (2008). Les Hyménoptères Apoidea de l'Algérie orientale avec une liste d'espèces et comparaison avec les faunes ouest-paléarctiques. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 113(4), 459-472.

Louadi, K., Benachour, K., & Berchi, S. (2007). Floral visitation patterns of bees during spring in Constantine, Algeria. *African Entomology*, 15(1), 209-213.

Louadi, K. (1999). *Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera, Apoidea) et leurs relations avec l'agrocénose dans la région de Constantine*. Thèse Doctorat Etat, sci.natu., Univ. Mentouri, Constantine, 202 p.

Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157.

Maccagnani, B., Burgio, G., Stanisavljeviae, L. Z., & Maini, S. (2007). *Osmia cornuta* management in pear orchards. *Bulletin of Insectology*, 60, 77–82.

MacIvor, J. S., & Moore, A. E. (2013). Bees collect polyurethane and polyethylene plastics as novel nest materials. *Ecosphere*, 4(12), 1-6.

MacIvor, J. S., Cabral, J. M., & Packer, L. (2014). Pollen specialization by solitary bees in an urban landscape. *Urban Ecosystems*, 17(1), 139–147.

Mader, E., Spivak, M., & Evans, E. (2010). *Managing alternative pollinators: a handbook for beekeepers, growers and conservationists*. SARE handbook: 11. NRAES.

Maghni N. (2006). *Contribution à la connaissance des abeilles sauvages (Hymenoptera ; Apoidea) dans les milieux naturels et cultivés de la région de Khenchela*. Mémoire Magistère, sci.natu., Univ. Mentouri, Constantine, 149 p.



- Majewski, J. (2014). Economic Value of Pollination of Major Crops in Poland. *Economic Science for Rural Development*, 34, 14-21.
- Mayer, C., & Kuhlmann, M. (2004). Synchrony of pollinators and plants in the winter rainfall area of South Africa – Observations from a drought year. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 59(2),
- Michener, C. D. (1979). Biogeography of the bees. *Annals of the Missouri botanical Garden*, 277-347.
- Michener, C. D., (2000). *The Bees of the World*. Ed. The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 913 p.
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. Ed. The Johns Hopkins Univ. Press. Baltimore, 943 p.
- Michez, D. (2007). *Monographic revision of the Melittidae s.l. (Hymenoptera: Apoidea: Dasypodaidae, Meganomiidae, Melittidae)*. Thèse de doctorat, Univ, Mons-Hainaut, 50 p.
- Michez, D., Rasmont, P., Terzo, M., & Vereecken, N., (2019). *Abeilles d'Europe*. Verrières-le-Buisson: NAP éditions. 547 p.
- Minckley, R. L., Wcislo, W. T., Yanega, D., & Buchmann, S. L. (1994). Behavior and phenology of a specialist bee (*Dieunomia*) and sunflower (*Helianthus*) pollen availability. *Ecology*, 75(5), 1406-1419.
- Moisset, B., & Buchanan, S. (2010). *Bee basics: an introduction to our native bees*. USDA, Forest Service.
- Monsevičius, V. (2004). Comparison of three methods of sampling wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Čepkeliai Nature Reserve (South Lithuania). *ekologija*, 4, 32-39.
- Muller Y. (1985). *L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du Nord. Sa place dans le context médio-européen*. Thèse Doct Sci., Univ.Dijon, 318 p.
- Müller, A., & Bansac, N. (2004). A specialized pollen-harvesting device in western palearctic bees of the genus *Megachile* (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Apidologie*, 35(3), 329–337.
- Nadimi, A., Talebi, A. A., & Fathipour, Y. (2013). The tribe *Osmiini* (Hymenoptera: Megachilidae) in the north of Iran: New records and distributional data. *Entomofauna*, 17, 205–220.
- Özbek, H. (2013). Distribution of the tribe Osmiini bees (Hymenoptera: Megachilidae) of Turkey Part I: The genera *Heriades*, *Stenoheriades*, *Hofferia* and *Hoplitis*. *Entomofauna*, 44(1), 1–20.

- Vitale, N., & Vázquez, D. P. (2017). Ecology and nesting biology of the wood-boring bee *Trichothurgus laticeps* (Hymenoptera: Megachilidae) in a Monte desert reserve in mid-western Argentina. *Apidologie*, 48(1), 31–40.
- Oertli, S., Müller, A., & Dorn, S. (2005). Ecological and seasonal patterns in the diversity of a species-rich bee assemblage (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *European Journal of Entomology*, 102(1), 53-63.
- Oldroyd, B. P. (2007). What's killing American honey bees?. *PLoS biology*, 5(6), e168.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Ollerton, J. (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 48(1), 353-376.
- Ouahab, Y. (2015). *Distribution spatio-temporelle des abeilles sauvages (Hyménoptera ; Apoidea) à travers les Monts de Tlemcen*. Memoire de Magistere, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie, 137 p.
- Ouahab, Y., Bendifallah, L., Rasmont, P., & Ait Hammou, M. (2021). Nesting Ecology and Foraging Biology of the Mason Bee *Osmia (Helicosmia) latreillei* Spinola, 1806 (Hymenoptera: Megachilidae) in Western Algeria. *Bee World*, 98(3), 94-99.
- O'Toole, C., & Raw, A. (1991). *Bees of the World*. Blandford Press, 192 p.
- Özler, H., Kaya, Z., & Pehlivan, S. (2009). Pollen morphology of some *Centaurea* L. *Psephellus* Cass. and *Cyans* Miller taxa. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 51(2), 53–66.
- Patiny, S. (Ed.). (2011). *Evolution of plant-pollinator relationships* (Vol. 81). Cambridge University Press.
- Pauly, A. (2014). Clé provisoire pour l'identification des *Halictus* Latreille, 1804 et *Lasioglossum* Curtis, 1833 de Belgique (Hymenoptera Apoidea Halictidae). *Document de Travail d'Atlas Hymenoptera*, 30, 2014.
- Peeters, T. M., & Reemer, M. (2001). Bijenfauna en beheer van zeven terreinen van Natuurmonumenten. Ed. *Stichting European Invertebrate Survey*, Leiden, 76 p.
- Pekkarinen, A. (1997). Oligolectic bee species in northern Europe (Hymenoptera, Apoidea). *Entomologica Fennica*, 8(4), 205-214.
- Pellmyr, O. (2002). Pollination by animals. *Plant–animal interactions, an evolutionary approach*, 157-184.
- Pesson P. et Louveaux J. (1984). *Pollinisation et production végétale*. Ed. Institut national recherche agronomique, Paris, 637 p.

- Pinar, N. M., Coskunçelebi, K., Simsek, D., Okur, S. E. D. A., Makbul, S., & Acar, A. (2016). Pollen morphology of *Scorzonera* (Asteraceae) in Turkey. *Phytotaxa*, 252(4), 233–262.
- Pinilla-Gallego, M. S., & Isaacs, R. (2018). Pollen use by *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in highbush blueberry fields. *Annals of the Entomological Society of America*, 111(6), 335–340.
- Pitkänen, M., & Tiainen, J. (2001). Biodiversity of agricultural landscapes in Finland. *Birdlife Finland Conservation*, 3: 13-32.
- Plateaux-Quenu C., 1972 - *La biologie des abeilles primitives*. Ed. Masson et Cie, Paris, 200 p.
- Potts, S., & Willmer, P. A. T. (1997). Abiotic and biotic factors influencing nest-site selection by *Halictus rubicundus*, a ground-nesting halictine bee. *Ecological Entomology*, 22(3), 319-328.
- Potts, S. G., Roberts, S. P., Dean, R., Marris, G., Brown, M. A., Jones, R., ... & Settele, J. (2010a). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of apicultural research*, 49(1), 15-22.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010b). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Pouvreau, A. (1984). *Biologie et écologie des bourdons*. 595 – 630, in Pesson P. et Louveaux J. Pollinisation et production végétale. Ed. Institut national de la recherche agronomique, Paris, 637 p.
- Praz, C. J., Müller, A., & Dorn, S. (2008). Specialized bees fail to develop on non-host pollen: Do plants chemically protect their pollen? *Ecology*, 89(3), 795–804.
- Quezel, P. & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS, Paris, Tome 1: 11-12.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelles Flores d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales* [New Floras of Algeria and the Southern Desert Regions] (Vol. 2). CNRS.
- Quicke, D. L. (2009). Hymenoptera: Ants, bees, wasps. In *Encyclopedia of insects* (pp. 473-484). Academic Press.
- Qureshi, S. J., Awan, A. G., Khan, M. A., & Bano, S. (2002). Palynological study of the genus *Sonchus* from Pakistan. *Online Journal of Biological Sciences*, 2(2), 98–105.
- Ramade F. (1984). *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.

Rasmont, P., Ebmer, P. A., Banaszak, J., & Van Der Zanden, G. (1995). Hymenoptera Apoidea Gallica. Liste taxonomique des abeilles de France, de Belgique, de Suisse et du Grand-duché de Luxembourg. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 100.

Rasmont, P., Coppée, A., Michez, D., & De Meulemeester, T. (2008). An overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae). *Annales de la Société entomologique de France* (Vol. 44, No. 2, pp. 243-250). Taylor & Francis Group.

Rasmont P. & Terzo M., 2017, Catalogue et clé des sous-genres et espèces du genre *Bombus* de Belgique et du nord de la France (Hymenoptera, Apoidea). 2e édition, Laboratoire de Zoologie, Université de Mons, 26 p.

Rasmussen, C., Engel, M. S., & Vereecken, N. J. (2020). A primer of host-plant specialization in bees. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(1), 7–17.

Raw, A. (2009). The biology of the solitary bee *Osmia rufa* L. (Megachilidae). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 124(3), 213–229.

Regan, E. C., Santini, L., Ingwall-King, L., Hoffmann, M., Rondinini, C., Symes, A., ... & Butchart, S. H. (2015). Global trends in the status of bird and mammal pollinators. *Conservation Letters*, 8(6), 397-403.

Roth, P. (1923). Contribution à la connaissance des Hyménoptères Aculeata de l'Afrique du Nord. Description de *Bombex handirschella* Ferton. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 14(5), 189-191.

Roubik, D. W. (1992). *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press.

Roubik, R. W., Sakai, S., & Hamid, A. A. (2005). *Pollination ecology and the rainforest: Sarawak studies*. Springer, New York, USA.

Sáez, A., Aizen, M. A., Medici, S., Viel, M., Villalobos, E., & Negri, P. (2020). Bees increase crop yield in an alleged pollinator-independent almond variety. *Scientific reports*, 10(1), 1-7.

Sanders, H. L. (1968). Marine benthic diversity: a comparative study. *The American Naturalist*, 102(925), 243-282.

Saunders, E. (1901). Hymenoptera Aculeata collected in Algeria. Part I—Heterogyna and Fossores to the end of Pompilidae. *Transactions of the Entomological Society of London*, 4, 515-525.

Saunders, E. (1908). Hymenoptera Aculeata collected in Algeria. Part III. Anthophila. *Transactions of the Entomological Society of London*, 2, 177-273.

Scheuchl E. (2000). Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs Band I: ANTHOPHORIDAE - Gattungen (pp. 9-21). Amélioré par le groupe des nouveaux spécialistes des abeilles - février 2009.

Schulthess, A. D. (1924). Contribution à la connaissance de la faune des Hyménoptères de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 15(6), 293-320.

Sedivy, C., & Dorn, S. (2014). Towards a sustainable management of bees of the subgenus *Osmia* (Megachilidae; *Osmia*) as fruit tree pollinators. *Apidologie*, 45(1), 88–105.

Seidelmann, K. (1999). The function of the vestibulum in nests of a solitary stem-nesting bee, *Osmia rufa* (L.). *Apidologie*, 30(1), 19–29.

Seidelmann, K., Bienasch, A., & Pröhl, F. (2016). The impact of nest tube dimensions on reproduction parameters in a cavity nesting solitary bee, *Osmia bicornis* (Hymenoptera: Megachilidae). *Apidologie*, 47(1), 114–122.

Shabestari, E. S. B., Attar, F., Riahi, H., & Sheidai, M. (2013). Pollen morphology of *Centaurea* L. (Asteraceae) in Iran. *Acta Botanica Brasilica*, 27(4), 669–679.

Shebl, M. A., Hassan, H. A., Kamel, S. M., Osman, M. A., & Engel, M. S. (2018). Biology of the mason bee *Osmia latreillei* (Hymenoptera: Megachilidae) under artificial nesting conditions in Egypt. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(3), 754-759.

Sonet, M., & Jacob-Remacle, A. (1987). Pollinisation de la légumineuse fourragère *Hedysarum coronarium* L. en Tunisie. *Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux*, 22(1), 19-32.

Spear, D. M., Silverman, S., & Forrest, J. R. K. (2016). Asteraceae pollen provisions protect *Osmia* mason bees (Hymenoptera: Megachilidae) from brood parasitism. *The American Naturalist*, 187(6), 797–803.

Stallegger, P., & Livory, A. (2008). Inventaire et analyse du peuplement d'abeilles sauvages (Hymenoptera: Apidae) de l'Espace Naturel Sensible «Rives de Seine Sud», Berville-sur-Mer, Fatouville-Grestain, Fiquefleur-Equainville. *Espac. Natu. sensibil., Rap. Rech., Conseil gén. Eure, Evreux*, 65.

Suárez-Cervera, M., Marquez, J., Bosch, J., & Seoane-Camba, J. (1994). An ultrastructural study of pollen grains consumed by larvae of *Osmia* bees (Hymenoptera, Megachilidae). *Grana*, 33(4-5), 191–204.

Svitlana, Z., Oksana, F., Igor, O., Rahmans, I. U., Khan, W., & Ali, K. (2018). Palyno morphological study of the genus *Sonchus* L. (Asteraceae) species of the flora of Ukraine. *International Journal of Biosciences*, 12(4), 134–144.

Tasei, J.-N., & Picart, M. (1972). Observations préliminaires sur la biologie d'*Osmia* (*Chalcosmia*) *coerulescens* L., (Hymenoptera Megachilidae), pollinisatrice de la luzerne (*Medicago sativa* L.) [Preliminary observations on the biology of *Osmia* (*Chalcosmia*) *coerulescens* L., (Hymenoptera Megachilidae), alfalfa's pollinator (*Medicago sativa* L.)]. *Apidologie*, 3(2), 149–165.

Teper, D., & Bilinski, M. (2009). Red mason bee (*Osmia rufa* L.) as a pollinator of rape plantations. *Journal of Apicultural Science*, 53, 115–120.

Terzo, M., & P. Rasmont. 2007. MALVAS (Méthodes Agroenvironnementales Liées à la Valorisation des Abeilles Sauvages) Suivi, étude et vulgarisation sur l'interaction entre les MAE et les abeilles sauvages. Final Report. Université de Mons-Hainaut Laboratoire de Zoologie, Mons, Belgium.

Vanderplanck, M., Gilles, H., Nonclercq, D., Duez, P., & Gerbaux, P. (2020). Asteraceae paradox: Chemical and mechanical protection of Taraxacum pollen. *Insects*, 11(5), 304.

Van der Steen, J., & De Ruijter, A. (1991). The management of *Osmia rufa* L. for pollination of seed crops in greenhouses. *In Proceedings of Experimental and Applied Entomology* (Vol. 2, No. 1, pp. 137-141).

Villanueva-Gutiérrez, R., Roubik, D. W., & Porter-Bolland, L. (2015). Bee–plant interactions: competition and phenology of flowers visited by bees. *In Biodiversity and conservation of the Yucatán Peninsula* (pp. 131-152). Springer, Cham.

Walker, T. (2020). *Pollination: The Enduring Relationship Between Plant and Pollinator*. Princeton University Press.

Wang, H., Wu, Z., Zhao, J., & Wu, J. (2021). Nectar Feeding by a Honey Bee's Hairy Tongue: Morphology, Dynamics, and Energy-Saving Strategies. *Insects*, 12(9), 762.

Weiss, K., & Vergara, C. H. (2002). *The little book of bees*. Copernicus Books.

Westrich, P. (1989). Die Wildbienen Baden-Württembergs, 1: Allgemeiner Teil: Lebensräume. *Verhalten, Ökologie und Schutz*.

Westrich, P. (1990). *Die Wildbienen Baden-Württembergs*. Spezieller Teil : Die Gattungen und Arten, Ed. Eugen Ulmer, Stuttgart., 972 p.

Wexler, P. (2014). *Encyclopedia of toxicology*. Elsevier/Academic Press.

Williams, N. M., & Tepedino, V. J. (2003). Consistent mixing of near and distant resources in foraging bouts by the solitary mason bee *Osmia lignaria*. *Behavioral Ecology*, 14(1), 141–149.

Williams, N., & Kremen, C. (2007). Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape. *Ecological Applications*, 17(3), 910–921.

Wilson-Rich, N. (2014). *The Bee, A Natural History*. Princeton University Press.

Wortley, A. H., Blackmore, S., Chissoe, W. F., & Skvarla, J. J. (2012). Recent advances in Compositae (Asteraceae) palynology, with emphasis on previously unstudied and unplaced taxa. *Grana*, 51(2), 158–179.

### Sites internet

Rasmont P. Roberts S.P.M., Michez D., Schweiger O., Franzen M., De Meulemeester T., Tomozei B. & Radchenko V. 2013. *Atlas of the European Bees: genus Andrena*. 1st Edition. STEP Project, Atlas Hymenoptera, Mons, Gembloux. Disponible sur <http://www.atlashymenoptera.net/page.aspx?ID=243> (consulté en Octobre 2021)

Statistics, F. A. O. (2021). Food and Agriculture organization of the United Nations. Disponible sur <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (consulté en Octobre 2021).

Müller, A. (2014). *Palaeartic osmiine bees. Systematics and biology of a fascinating group of solitary bees*. ETH Zürich. Disponible sur <https://blogs.ethz.ch/osmiini/palaeartic-species/osmia/helicosmia/>

Nonomay2018 (2019). Abeille coucou de Dordogne. Disponible sur <https://www.insecte.org/forum/viewtopic.php?t=194582> (consulté en Octobre 2021).

Ullmann, K., Vaughan, M., Kremen, C., Shih, T., & Shepherd, M. (2010). Citizen Scientist Pollinator Monitoring Guide. *The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, Oregon*. Disponible sur [http://www.xerces.org/wpcontent/uploads/2010/06/CA\\_CSM\\_guide.pdf](http://www.xerces.org/wpcontent/uploads/2010/06/CA_CSM_guide.pdf) (consulté en juin 2019).

# *ANNEXES*



# *RESUMES*

# Approche Bioécologique des Apoïdes dans la région nord-ouest de L'Algérie.

## Résumé

Cette thèse a comme objectifs : La contribution à la connaissance des Apoidea sauvages en milieu naturel à travers quelques localités de l'ouest d'Algérie, en l'occurrence les monts de Tlemcen, l'étude des ressources alimentaires et de l'écologie de nidification de l'abeille maçonne *Osmia (Helicosmia) latreillei* Spinola, 1806 (Hymenoptera: Megachilidae) dans l'ouest de l'Algérie et l'étude de l'apidofoane associée aux plantations d'amandier dans le nord-ouest de l'Algérie. L'étude de l'inventaire, la diversité et la distribution des abeilles sauvages (Hymenoptera : Apoidea ; Anthophila) à travers les Monts de Tlemcen dans le nord-ouest de l'Algérie nous a permis de recenser 155 taxons, 21 genres et cinq familles. Concernant l'étude bioécologique des plantes hôtes et le mode de nidification chez *Osmia latreillei*, la dissection de 15 nids choisis aléatoirement a permis d'étudier l'architecture du nid de l'abeille ainsi que d'analyser au microscope des échantillons de pollen afin d'identifier les sources florales utilisées par cette abeille. Ce travail a conduit à conclure qu'*Osmia latreillei* est une espèce spécialiste qui ne visite que des plantes de la famille des Asteraceae telles que *Centaurea pubescens*, *Onopordon acanthium*, *Onopordon* sp., *Scorzonera hispanica*, *Sonchus* sp. et *Taraxacum officinale*, avec une préférence plus marquée pour les deux espèces *Sonchus* sp. et *Taraxacum officinale*. L'étude de l'apidofoane associée aux plantations d'amandier dans le nord-ouest de l'Algérie, a permis de recenser 15 espèces d'abeilles assurant la pollinisation de l'amandier dans la région appartenant à 9 genres sous quatre familles : Apidae, Megachilidae, Andrenidae et Halictidae. L'Algérie présente une grande diversité d'abeilles sauvages qui nécessitent d'autres études afin de mieux connaître cette faune et de bien l'utiliser à des fins économiques et environnementales.

**Mots Clés :** Apoidea, nord-ouest de l'Algérie, Bioécologie, *Osmia latreillei*, Nidification, Plantes Hôtes, Amandier, Pollinisation.

## Bioecological approach of Apoidea in the northwest region of

### Algeria.

#### Abstract

The objectives of this thesis are: i) to contribute to the knowledge of wild Apoidea in natural environment through some localities of the West of Algeria, in this case the mountains of Tlemcen, ii) to study the foraging resources and the nesting ecology of the mason bee *Osmia (Helicosmia) latreillei* Spinola, 1806 (Hymenoptera: Megachilidae) in western Algeria, and iii) the study of the apidofauna associated with almond plantations in northwestern Algeria. The study of the inventory, diversity and distribution of wild bees (Hymenoptera: Apoidea; Anthophila) across the Tlemcen Mountains in northwestern Algeria allowed us to identify 155 taxa, 21 genera and five families. Concerning the bioecological study of the host plants and the nesting mode of *Osmia latreillei*, the dissection of 15 randomly selected nests allowed us to study the architecture of the nest of the bee as well as to analyze under the microscope pollen samples in order to identify the floral sources used by this bee. This study led to the conclusion that *Osmia latreillei* is a specialist species that visits only plants of the Asteraceae family such as *Centaurea pubescens*, *Onopordon acanthium*, *Onopordon* sp., *Scorzonera hispanica*, *Sonchus* sp., and *Taraxacum officinale* sp., with a stronger preference for the two species *Sonchus* sp. and *Taraxacum officinale* sp.. The study of the apidofauna associated with almond plantations in northwestern Algeria, allowed us to identify 15 species of bees ensuring the pollination of almond trees in the region, belonging to 9 genera under four families: Apidae, Megachilidae, Andrenidae and Halictidae. Algeria presents a great diversity of wild bees and further studies are needed to better understand this fauna and use it for economic and environmental purposes.

**Keywords:** Apoidea, Northwest Algeria, Tlemcen, El Bayadh, Bioecology, *Osmia latreillei*, architecture of the nest, floral sources, Almond plantations, pollination.

## دراسة بيوايكولوجية للنحل البري في المنطقة الشمالية الغربية للجزائر.

### ملخص

تمثل أهداف هذه الأطروحة (في: 1) المساهمة في معرفة النحل البري في البيئة الطبيعية من خلال بعض المناطق في جبال تلمسان في غرب الجزائر (2) دراسة الموارد الغذائية وكذا بيئة التعشيش عند النحل البناء *Osmia (Helicosmia) latreillei* في غرب الجزائر ، و (3) دراسة النحل البري المسؤول عن تلقيح بساتين اللوز بولاية البيض بالغرب الجزائري. سمحت لنا دراسة جرد النحل البري وتنوعه وتوزيعه (Anthophila ؛ Hymenoptera: Apoidea) عبر جبال تلمسان في شمال غرب الجزائر بتحديد 155 صنف و 21 نوعا مقسمة على خمس عائلات و في ما يتعلق بالدراسة البيئية للنباتات المضيفة ونمط التعشيش عند *Osmia (Helicosmia) Latreillei*، سمح لنا تشريح 15 عشا أختيرت عشوائيا بدراسة هندسة أعشاش النحل بالإضافة إلى تحليل عينات غبار الطلع باستعمال المجهر بغية تحديد المصادر الزهرية التي تستخدمها هذه النحلة. وقد خلصت هذه الدراسة إلى أن *Osmia (Helicosmia) Latreillei* هي نوع متخصص لا يزور سوى النباتات التي تنتمي إلى الفصيلة النجمية أو المركبة (Asteraceae)، مثل *Onopordon* و *Onopordon acanthium* و *Centaurea pubescens* و *Scorzonera hispanica* و *Sonchus sp.* و *Taraxacum officinale sp.* ، مع تفضيل أقوى للنوعين *Sonchus sp.* و *Taraxacum officinale sp.* سمحت لنا دراسة النحل البري المسؤول عن تلقيح اللوز في شمال غرب الجزائر بتحديد 15 نوعا من النحل، تنتمي إلى 9 أجناس تحت أربع عائلات: *Halictidae* و *Andrenidae*، *Apidae* *Megachilidae* تزخر الجزائر بتنوع كبير للنحل البري مما يستوجب إجراء المزيد من الدراسات لتحسين فهم هذه الكائنات المفيدة واستخدامها لأغراض اقتصادية وبيئية.

**الكلمات المفتاحية:** Apoidea ، شمال غرب الجزائر ، تلمسان ، البيض ، البيئة الحيوية ، *Osmia*

*latreillei*، نمط التعشيش ، النباتات المضيفة ، بساتين اللوز، التلقيح.