

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**Badji Mokhtar University
- Annaba -**



**Université Badji Mokhtar
- Annaba -**

**Faculté des Sciences
Département de Biologie**

Mémoire de magistère

**En Biologie et Physiologie environnementales
Option : Eco-éthologie**

Thème

**Etude de la Diversité Morphométrique des Populations
Domestiques d'Abeilles du Sud et Comparaison avec
Celles du Nord-est Algérien**

Présenté par : M^{elle}. Bendjedid Hassina

Devant le jury composé de :

Président: M. Tahar Ali, Pr. Univ. Annaba

Examinatrice: Mme. Ayad Loucif W., M.C. Univ. Annaba

Examineur: M. Ouakid M. L., M.C. Univ. Annaba

Directeur de recherches: M. Achou M., M.C. Univ. Annaba

Année : 2009-2010

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire fut une occasion merveilleuse pour remercier toutes les personnes que je ne saurais pas les citer toutes. Je reconnais que chacune a, à des degrés divers, mais avec une égale bienveillance, apporté une contribution positive à sa finalisation. Mes dettes de reconnaissance sont, à ce point de vue, énormes à leur égard.

Je tiens à remercier chaleureusement Monsieur **Tahar Ali**, Professeur à l'université de Annaba, pour son aide précieuse, ses conseils et de m'avoir fait l'honneur d'être président du jury de ce mémoire.

Mes remerciements iront aussi à Madame **Ayad Loucif Wahida**, Maître de conférences à l'université de Annaba, d'avoir pris de son temps et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Comme je tiens à remercier Monsieur **Ouakid Mohamed Laïd**, Maître de conférences à l'université de Annaba, d'avoir pris de son temps malgré ses responsabilités pour examiner ce mémoire.

Je remercie particulièrement Monsieur **Achou Mohamed**, Maître de conférences à l'université de Annaba, mon promoteur, pour la finesse de ses attitudes sur le plan aussi bien humain que scientifique. Ses remarques successives ont permis d'améliorer ce travail. Il a toujours trouvé comme promoteur le juste équilibre entre la liberté qu'il m'a laissée dans le choix des grandes orientations et dans la détermination des pistes à suivre, d'une part, et un soutien total et sans faille dans les moments délicats, d'autre part tant sur le plan théorique qu'expérimental, pour ses conseils précieux, et pour m'avoir fait confiance tout au long de ce travail.

J'attribue ma profonde gratitude à Monsieur **F. Bousouak** pour ses conseils précieux, son accueil chaleureux et son soutien moral.

Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes qui m'ont aidé à prélever des échantillons d'abeilles, principalement Monsieur **M. Hadjadj** (président d'association d'apiculteurs, Laghouat), Monsieur **A. Hamel** (Béchar) et l'ensemble des apiculteurs qui ont participé à l'échantillonnage.

Enfin, j'exprime ma profonde reconnaissance à mes parents, à mes amis, à mes collègues de travail et toutes les personnes qui ont contribuées chacune à sa manière à la réalisation de ce travail.

Liste des Figures

Figures	Titres	Pages
1	Origine des différentes sous-espèces d' <i>Apis mellifera</i> (Louveau, 1966)	07
2	Hypothèse sur l'origine des différentes races géographiques de l'abeille mellifère (D'après Garnery <i>et al.</i> , 1992)	08
3	Aspect morphologique de l'abeille (Leclercq, 2003)	11
4	Situation géographique de la wilaya de Laghouat et Béchar	24
5	Climagramme du quotient pluviothermique "Q" d'Emberger pour le bioclimat méditerranéen, modifié par le Houréou (1995)	26
6	Aile antérieure d'une abeille ouvrière (Ruttner <i>et al.</i> , 1978 et Ruttner, 1988)	33
7	Composantes de l'indice cubital de l'aile antérieure. (Ruttner <i>et al.</i> , 1978; Ruttner, 1988).	33
8	Aile postérieure d'une abeille ouvrière (Ruttner <i>et al.</i> , 1978; Ruttner, 1988)	34
9	Antenne d'une abeille ouvrière (Ruttner <i>et al.</i> , 1978)	34
10	Patte postérieure d'une abeille ouvrière (Ruttner <i>et al.</i> , 1978; Ruttner, 1988)	34
11	Tomentum (Ruttner <i>et al.</i> , 1978)	35
12	Pilosité (Ruttner <i>et al.</i> , 1978; Ruttner, 1988)	35
13	Coloration (Ruttner <i>et al.</i> , 1978; Ruttner, 1988)	35
14	Langue d'une abeille ouvrière (Ruttner <i>et al.</i> , 1978 ; Ruttner, 1988)	36
15	Origine géographique des échantillons du Nord-est algérien (Amoura, 2004)	40
16	Le graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales (axes principaux)	52
17	représentation graphique des 19 variables à l'intérieur du cercle des corrélations du plan factoriel 1-2 (Zone Sud)	56
18	Représentation graphique des points individus (sites) dans le plan factoriel (1-2) (Zone Sud)	59
19	dendrogramme du regroupement des 11 sites échantillonnés, obtenu du lien simple et la distance carrée de Pearson (zone Sud)	61
20	Le graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales (axes principaux).	72
21	représentation graphique des 15 variables à l'intérieur du cercle de corrélation di plan factoriel 1-2 (étude comparative)	74
22	représentation graphique des points individus (sites) dans le plan factoriel 1-2 (étude comparative)	78
23	Dendrogramme de similarité (étude comparative)	79
24	Dendrogramme du regroupement des 15 variables biométriques, obtenu à l'aide du lien simple et de la distance du coefficient de corrélation (étude comparative)	80

Liste des Tableaux

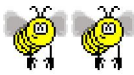
Tableaux	Titres	Pages
1	sites (ruchers), Coordonnées géographiques, nombre d'abeilles ouvrières mesurées par site d'échantillonnage (zone Sud)	22
2	Liste des caractères morphologiques mesurés, appareils et grossissement utilisés (zone Sud)	31
3	Coordonnées géographiques, nombre d'Abeilles ouvrières pour chaque site (zone Sud)	41
4	Liste des caractères morphologiques communs, appareils et Grossissement utilisés (étude comparative)	42
5	Paramètres statistiques de base pour les sites (sites 1 et 2) Nacer Benchohra et Bodj Snousi (Annexe)	100
6	Paramètres statistiques de base pour les sites : 30km du de Laghouat (rucher 1 et rucher 2) (Annexe)	101
7	Paramètres statistiques de base pour les sites : El Assafia (rucher1 et rucher2) (Annexe)	102
8	Paramètres statistiques de base pour les sites : Zbara (rucher1) et Mhidjiba (rucher1) (Annexe)	103
9	Paramètres statistiques de base pour les sites : Mhidjiba (rucher2) et Benziregh (Annexe)	104
10	Paramètres statistiques de base pour le site : Zbara (rucher2) (Annexe)	105
11	Paramètres statistiques des 19 caractères morphologiques pour l'ensemble des sites (ruchers) (zone Sud) (Annexe)	106
12	Comparaison inter-sites de moyennes relatives aux 19 variables biométriques du 11 ruchers d'échantillonnage (ANOVA)	46
13	liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives (zone Sud)	48
14	Matrice des corrélations linéaires des 19 caractéristiques morphométriques prises deux à deux	49
15	Matrice de corrélation des 19 variables du site Nacer Benchohra (site1) (Annexe)	107
16	Matrice de corrélation des 19 variables du site Bordj Snoussi (Site2) (Annexe)	109
17	Matrice de corrélation des 19 variables du site 3 situé à 30km de la commune de Laghouat (rucher 1) (Annexe)	111
18	Matrice de corrélation des 19 variables du site 4 situé à 30km du la commune de Laghouat (rucher 2) (Annexe)	113
19	Matrice de corrélation des 19 variables du site 5 El Assafia (rucher1) (Annexe)	115
20	Matrice de corrélation des 19 variables du site 6 El Assafia (rucher2) (Annexe)	117
21	Matrice de corrélation des 19 variables du site 7 Zbara (rucher 1) (Annexe)	119

22	Matrice de corrélation des 19 variables du site 8 EL Mhidjiba (rucher 1) (Annexe)	121
23	Matrice de corrélation des 19 variables du site 9 EL Mhidjiba (rucher 2)	123
24	Matrice de corrélation des 19 variables du site 10 Benziregh	125
25	Matrice de corrélation des 19 variables du site 11 Zbara (rucher 2)	127
26	comparaison entre sites, des vecteurs de moyennes des 19 différentes variables morphométriques à l'aide de la MANOVA	51
27	valeurs propres et aux pourcentages de variation totale expliquée par Les cinq composantes principales et pourcentages cumulés	52
28	valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les 5 premières composantes principales et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1 et 2.	54
29	Valeurs des 5 premiers axes, valeurs des cosinus carrés correspondants en % et valeurs des cosinus carrés du premier plan factoriel 1-2	58
30	paramètres statistiques des données biométriques des abeilles du Sud (Bendjedid, 2010) et du Nord-est (Achou, 2007)	62
31	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre sites, des moyennes de chacune des 15 variables, des deux régions Sud et Nord-est	63
32	Matrice des corrélations linéaires des 15 caractéristiques morphométriques prises deux à deux pour les 11 sites du Sud (Bendjedid 2010)	65
33	Matrice des corrélations linéaires des 15 caractéristiques morphométriques prises deux à deux pour les 10 sites du Nord-est (Achou 2007)	66
34	liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour les 10 sites du Nord-est (Achou 2007)	68
35	liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour les 11 sites du Sud (Bendjedid 2010)	69
36	comparaison entre 11 sites (Zone Sud), des vecteurs de moyennes des 15 variables morphométriques à l'aide de la MANOVA	70
37	comparaison entre 10 sites (Zone Nord-est), des vecteurs de moyennes des 15 variables morphométriques à l'aide de la MANOVA.	70
38	valeurs propres et pourcentages de variation totale expliquée par Les deux composantes principales et pourcentages cumulés	71
39	valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables les 2 premières composantes principales, et information prise en compte par le plan factoriel représenté par les axes 1 et 2	73
40	Valeurs des 2 premiers axes, valeurs des cosinus carrés correspondants en % et valeurs des cosinus carrés du premier plan factoriel 1-2	76

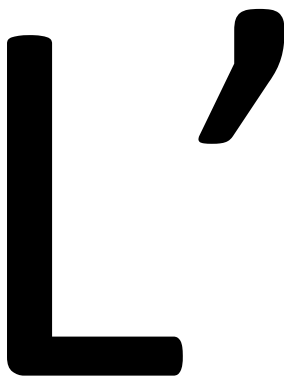
SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Partie théorique	3
1.1. Origine et histoire de l'évolution de l'abeille	3
1.2. Dynamique des populations d'abeilles	6
1.3. Morphologie externe de l'abeille	7
1.4. Biométrie des abeilles	11
1.5. Comportement complexe des abeilles	12
1.5.1. Le cycle de vie d'une abeille	13
1.5.2. La recherche de nourriture chez les abeilles	14
1.5.3. La recherche des fleurs par les abeilles	15
1.5.4. La navigation chez les abeilles	15
1.5.5. La communication chez les abeilles	16
1.5.6. Le comportement de l'abeille algérienne	17
CHAPITRE II : Matériels et Méthodes	18
2.1. Présentation de modèle biologique	18
2.1.1 Systématique des abeilles	18
2.2. Présentation de la zone d'étude	19
2.2.1. Wilaya de Laghouat	21
2.2.2. Wilaya de Béchar	26
2.3. Stratégie d'échantillonnage et collecte des données	28
2.4. Analyse morphométrique	28
2.4.1 Critères morphologiques étudiés	28

2.4.2. Méthode de mensuration	34
2.5. Analyses statistiques	35
2.5.1. Analyses statistiques univariées	35
2.5.2. Analyse statistique bivariée	36
2.5.3. Analyses statistiques multivariées	36
2.6. Etude comparative entre les abeilles de Sud et du Nord-est algérien	37
2.6.1. Stations du Nord-est algérien concernées par l'étude comparative	38
2.6.2. Critères morphologiques choisis	40
2.6.3. Analyses statistiques	40
CHAPITRE III : Résultats	41
3.1. Résultats biométriques de l'abeille du Sud	41
3.1.1. Méthodes statistiques univariées	41
3.1.2. Corrélations simples	45
3.1.3. Analyses statistiques multivariées	49
3.2. Résultats biométriques de l'étude comparative	60
3.2.1. Analyses statistiques univariées	60
3.2.2. Analyse statistique bivariée	62
3.2.3. Analyses statistiques multivariées	68
CHAPITRE IV : Discussion	79
Conclusions et perspectives	84
Résumés	86
Références bibliographiques	89
Annexes	101



Introduction



Abeille domestique (*Apis mellifera*) est, depuis les temps les plus reculés, exploitée par l'homme amateur de sa gelée royale, de son miel, de sa cire, voire de son pollen. Non seulement les Abeilles nous procurent les produits de la ruche, mais elles pollinisent aussi une bonne partie de nos récoltes, comme les arbres fruitiers, les semences oléagineuses, les petits fruits et les récoltes fourragères (Winston, 1993).

L'abeille a un impact économique majeur en augmentant la qualité et la quantité des productions agricoles par son activité pollinisatrice lors du butinage. L'influence de l'abeille domestique sur son environnement a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques portant sur les mécanismes de coévolution entre les abeilles et les plantes mellifères (Bergström, 1978). La domestication de l'abeille par l'homme a engendré un ensemble d'études portant sur l'amélioration des techniques d'apiculture, comme les méthodes d'élevage, la sélection génétique des abeilles ou la lutte contre les pathologies (Louveau, 1980 in Decourtye, 2002).

Il existe pour l'instant 11 familles d'abeilles (Michener 1974, Michener et Greenberg 1980) avec environ 700 genres (Malyshev, 1968) et 20.000 espèces vivantes (Michener 1969). Celles ci peuvent être divisées en deux principaux groupes, les abeilles à langue courte utilisant probablement les caractéristiques de fleurs soucoupes des premiers angiospermes et les abeilles avec de plus grandes pièces buccales plus longues lorsque les angiospermes développèrent de plus grandes fleurs tubulaires. Ces adaptations permirent aux abeilles à langue longue de tirer avantage de la complexité croissante des fleurs angiospermes évoluées.

Au total 26 races ont été décrites jusqu'à présent sur la base de caractères morphologiques, génétiques, écologiques et comportementaux.

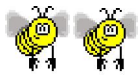
En Algérie, 02 races ont été identifiées, la première décrite a été *Apis mellifera intermissa* (Abeilles telliennes) par Buttel-Reepen (1906) (in Ruttner, 1968) C'est une race du nord de l'Afrique trouvée au nord du Sahara algérien et de la Libye jusqu'au Maroc (Frère Adam, 1953). La deuxième race a été décrite successivement par Baldensperger (1924) et par Haccour (1960) : *Apis mellifera sahariensis*. On la trouve au sud du Maroc et de l'Algérie.

La biométrie est une science qui mesure les caractères morphologiques afin de définir et de discriminer les races d'abeilles. Plusieurs travaux sur la biométrie ont été réalisés (Vecchi et Giavarini, 1938 et 1950 ; Giavarini, 1954 et 1956 ; Mackensen, 1954 à 1963 ; Goetze, 1940 à 1964 ; DuPraw, 1965 ; Louis et *al.*, 1968 ; Louis et Lefevre, 1971 ; Tomassone et Fresnaye, 1971 ; Grissa et *al.*, 1990 ; Padilla et *al.*, 1992b, 1998, 2001 ; Oldroyd et *al.*, 1995a ; Sheppard et *al.*, 1997 ; Diniz-Filho et *al.*, 1999, 2000 ; Neilsen et *al.*, 1999 ; Hepburn et *al.*, 2000 ; Tilde et *al.*, 2000 ; Kandemir et *al.*, 2000).

Plus récemment, la biologie moléculaire a permis de progresser dans la connaissance des populations locales (Smith *et al.*, 1991; Garnery *et al.*, 1992, 1998 a, 1998b; De la Rúa, 1999). Chaque population locale (écotype) réunit donc un ensemble d'adaptations tout à fait spécifiques à son environnement.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'abeille du Nord-est algérien parmi eux on note ceux de Loucif (1993), Barour (2003), Amoura (2004) et Achou (2007) qui ont chacun de sa part démontré les différences intra et interraciales au sein d'*Apis mellifera intermissa*.

Dans notre travail nous avons dans une première partie procéder à la caractérisation morphologique des abeilles de deux localités du sud algérien : Laghouat et Béchar, évaluer leur diversité, et dans une deuxième partie nous les avons comparé aux abeilles du nord est.



Chapitre I : Partie théorique

1.1 Origine et histoire de l'évolution de l'abeille :

On pense que l'Abeille a évolué au départ d'une guêpe ancestrale, probablement un sphécide avec des pièces buccales capables d'absorber du nectar, qui commença à récolter du pollen pour nourrir son couvain au lieu de tuer des proies. Bien que l'Abeille ait divergé des guêpes dans beaucoup de caractéristiques (Michener, 1974), les plus grandes différences morphologiques comprennent les spécialisations pour la récolte du pollen. Toutes les Abeilles ont au moins quelques poils plumeux et des pattes postérieures élargies, ces deux adaptations leur permettent de récolter du pollen et le ramener au nid. A cause de leurs structures distinctes de récolte de pollen et leurs habitudes, les Abeilles sont classifiées dans leur propre superfamille, les Apidés, ordre des Hyménoptères (Culliney, 1983) ; alors que Michener avait proposé de retourner à un système plus ancien qui incluait les guêpes sphécides dans la même super famille de l'Abeille (Winston, 1993).

Il a été trouvé une trace des premiers hommes cueilleurs de miel sur une peinture rupestre, dans la grotte de l'araignée (Cueva de la Arana), près de Valence en Espagne. Elle daterait d'environ 10.000 ans avant J.C. Elle représente un homme suspendu à 03 lianes qui récolte du miel entouré de quelques abeilles stylisées.

Les premières abeilles doivent provenir de l'intérieur du xérique du paléocontinent Gondwana, qui est probablement la zone d'origine des plantes angiospermes (Raven et Axelrod, 1974). Bien que les fossiles d'abeilles soient loin d'être complets on pense qu'ils ont divergé des guêpes sphécides vers le milieu de la période du Crétacé, il y a environ 100 millions d'années (Michener, 1974) coïncidant avec l'apparition des angiospermes comme végétation dominante (Winston, 1993).

Certaines abeilles de cette époque ont été retrouvées emprisonnées dans des morceaux d'ambre de la Baltique et dans les dépôts de l'ère Eocène datant approximativement de 40 millions d'années et ces antiques Apinés, éteints maintenant, ont été classés dans leur propre genre *Electrapis* (Manning 1960, Zeuner et Manning 1976, Culliney 1983). L'ambre est de la résine fossilisée. Dans un même morceau d'ambre, 6 individus ont été retrouvés. Ce qui laisse supposer que l'abeille était déjà un insecte social (Winston, 1993).

On pense qu'*A. mellifera* est originaire des tropiques ou des subtropiques africains dans la période tertiaire, puis migra vers l'Asie de l'ouest et les climats européens plus froids un peu plus tard. Jusqu'aux temps modernes, *Apis* n'était pas trouvé n'importe où dans l'hémisphère ouest, l'Australie ou le Pacifique, à l'exception de certaines îles comme le Japon, les Philippines et l'Indonésie (Michener, 1974). Mais les déplacements d'abeilles dans le but d'apiculture, par les colons européens eurent pour résultat qu'*Apis mellifera* a maintenant une distribution mondiale et quelques-unes des autres espèces furent plus dispersées en Asie.

L'habitat naturel de l'abeille *A. mellifera* s'étend depuis la pointe sud de l'Afrique à travers la savane, la forêt humide, le désert et le climat doux de la Méditerranée avant d'atteindre la limite de son expansion en Europe du nord et en Scandinavie du sud. Avec telle variété d'habitat, de conditions climatiques et de flores, il n'est pas surprenant de trouver de nombreuses sous-espèces (races) d'abeilles, chacune avec ses caractéristiques adaptées à chaque région (Louveaux, 1966). (fig. 1)

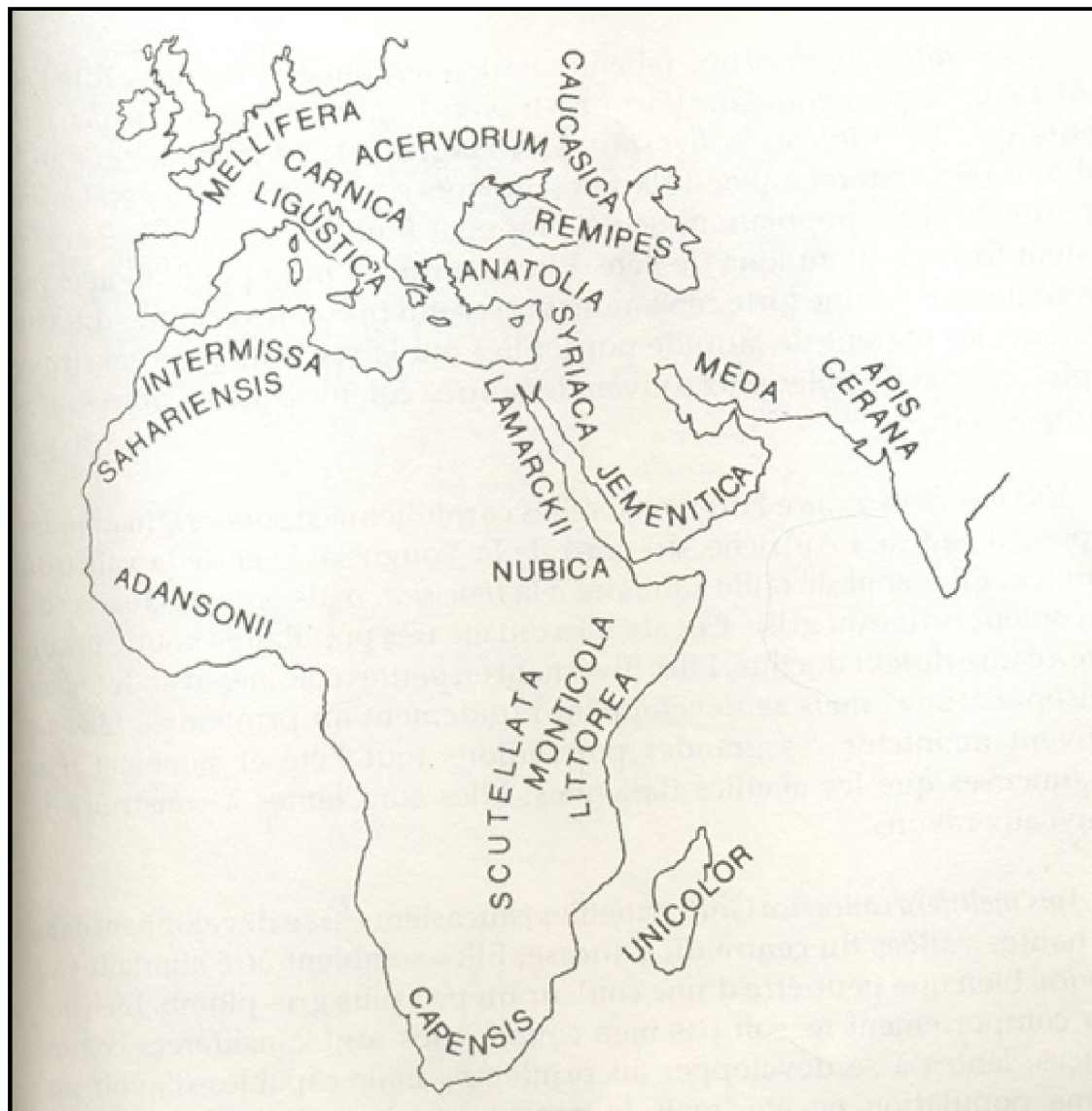


Figure 1 : Origine des différentes sous-espèces d'*Apis mellifera* (Louveaux, 1966)

Quelques conclusions générales ont surgi à propos des caractéristiques et des lieux d'origine pour beaucoup de races d'abeilles, elles ont été résumés par Ruttner (1975b ; Ruttner, Tassencourt et Louveaux 1978). Il divise les races d'abeilles en trois groupes distincts, les européennes, les orientales (Proche-Orient) et les Africaines. De cette division seraient parties 3 grandes lignées (Cornuet et Garnery, 1991b; Garnery et al., 1992), l'une peuplant l'Europe par le Nord du côté Ouest (de l'Espagne à la Scandinavie) lignée M, l'autre longeant le Nord de la méditerranée (au Centre et au Nord de l'Europe) lignée C et la dernière envahissant l'Afrique (lignée A). La lignée O (en Turquie et dans le Caucase) se serait différenciée ultérieurement (fig.2).



Figure 2 : Hypothèse sur l'origine des différentes races géographiques de l'abeille mellifère (D'après Garnery *et al*, 1992)

1.2 Dynamique des populations d'abeilles:

La colonie d'abeille est composée d'individus qui maintiennent dans le nid une structure permettant la survie indéfinie du groupe alors que les individus n'ont qu'une vie éphémère.

Une colonie est composée pendant la saison active de 40 à 60 000 individus. Au printemps, les colonies d'abeilles sortent de leur longue torpeur hivernale et la reine recommence à pondre. Au cours des mois qui suivent, des milliers de jeunes abeilles verront le jour et la force de la colonie ira s'accroissant jusqu'à son point culminant.

Puis débute la période de déclin : le taux de mortalité des abeilles s'élève, tandis que le taux de natalité s'abaisse ; la force de la colonie décroît au fil des jours jusqu'à son niveau d'hivernage en automne. Cette évolution cyclique est due d'une part à des prédispositions héréditaires et d'autre part, à des facteurs environnementaux.

Comme la plupart des phénomènes biologiques, l'évolution d'une colonie dépend des influences tant intrinsèques qu'extrinsèques à la colonie. Concernant les influences intrinsèques nous trouvons : prédispositions héréditaires, physiologie et comportement. En revanche, les influences extrinsèques sont : le climat, végétation, quantité et qualité de nourriture, maladies, apiculteur.

L'évolution de la colonie se caractérise par des variations antagonistes de population : d'une part, des augmentations, qui ont leur origine dans le nombre d'abeilles naissantes (accroissement) – la croissance est fortement dépendante de l'activité de ponte de la reine - d'autre part, des diminutions, qui sont fonction du nombre d'abeilles cessant d'exister (pertes). La décroissance dépend fortement de la durée de vie des abeilles.

En 1976, en plus du couvain ouvert et operculé, Wile et Gerig ont estimé de mai à septembre, parallèlement aux estimations de la force des colonies, le nombre de cellules garnies d'œufs. Il ressort de leurs travaux que toutes les reines ne pondent pas avec la même intensité. Au contraire, chacune d'elle a son rythme, ponctué de phases à forte ou à faible intensité de ponte. Seul point commun, le début de l'activité de ponte en début d'année, déclenché par l'élévation de la température extérieure (Leibig, 1996). Puisque chaque reine a son rythme de ponte, il devient évident que la dynamique de la population diffère sensiblement d'une colonie à l'autre.

Or, selon la période, l'activité de ponte dépendra de la place à disposition de la reine pour la ponte des œufs. Si par exemple tous les cadres contiennent de la nourriture et du miel en excès, elle ne pourra déposer aucun œuf.

Il arrive régulièrement que les mauvaises conditions météorologiques au printemps et les basses températures persistantes empêchent les abeilles de récolter du pollen et du nectar. Selon les réserves de pollen encore disponibles, la colonie se trouvera plus ou moins rapidement en situation de manque.

1.3 Morphologie externe de l'abeille :

Au niveau de l'individu, l'Abeille n'est pas un, mais trois types de membres de la colonie : les reines, les mâles et les ouvrières (Bertrand, 1977 ; Winston, 1993 ; Biri, 1999), chacun avec ses propres spécialisations et sa place dans la société des abeilles. La bien nommée « **reine** », règne sur le nid, entourée par des courtisanes et nourrie d'une alimentation riche dont elle a besoins pour accomplir ses quelques tâches, mais combien cruciales dans la colonie. Ses lignes élancées cachent d'immenses ovaires qui font d'elle une extraordinaire machine à pondre, capable de produire des milliers d'œufs par jour (K. von Frish, 1967 ; Winston, 1993 ; Biri, 1999 ; Lecleclerq, 2003), et son comportement calme masque ses puissantes phéromones, ces signaux chimiques captés par les ouvrières et qui contrôlent beaucoup de leurs comportements, et apportent une partie cette glu sociale qui maintient la vie de l'Abeille (Winston, 1993).

Les autres membres sexués de la colonie, **les mâles** sont des individus dont la particularité est d'être issue d'un œuf non fécondé (parthénogénèse). Ils sont soignés et nourris par les ouvrières bien qu'ils n'accomplissent qu'une seule fonction, la plus importante de toutes, la fécondation de la reine, après quoi, ils meurent (Louveaux, 1980 ; Biri, 1986 et 1997 ; Winston, 1993 ; Leclercq, 2003).

L'abeille **ouvrière** est un insecte femelle aux organes reproducteurs atrophiés. Les ouvrières accomplissent des tâches diverses et sans fin à l'intérieur du nid, parfois mourant d'avoir piqué un ennemi de la colonie et se reproduisant rarement. A tout moment, les ouvrières peuvent être trouvées marchant sur la surface des rayons, peut être s'occupant de couvain, enlevant les débris du nid, operculant les cellules, mûrissant ou emmagasinant le miel, arrangeant le pollen pour le stockage près du couvain, nourrissant ou pansant la reine, ou exécutant une des milliers d'autres activités (Louveaux, 1980 ; Winston, 1993 ; leclercq, 2003).

L'abeille est couverte d'une peau protectrice appelée *exosquelette*, pourvue de soies et de poils robustes ; l'exosquelette est formée de trois couches : la cuticule, l'épiderme et la membrane basale. Ces trois couches donnent à l'abeille souplesse et robustesse (Caillas, 1974 ; Louveaux, 1980 ; Maechenay, 1984 ; Biri, 1999). L'exosquelette confère à l'insecte sa rigidité et permet l'ancrage des muscles (Biri, 1999). Il la protège des intempéries et des prédateurs.

Du point de vue morphologique, le corps de l'abeille se divise en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (fig.3).

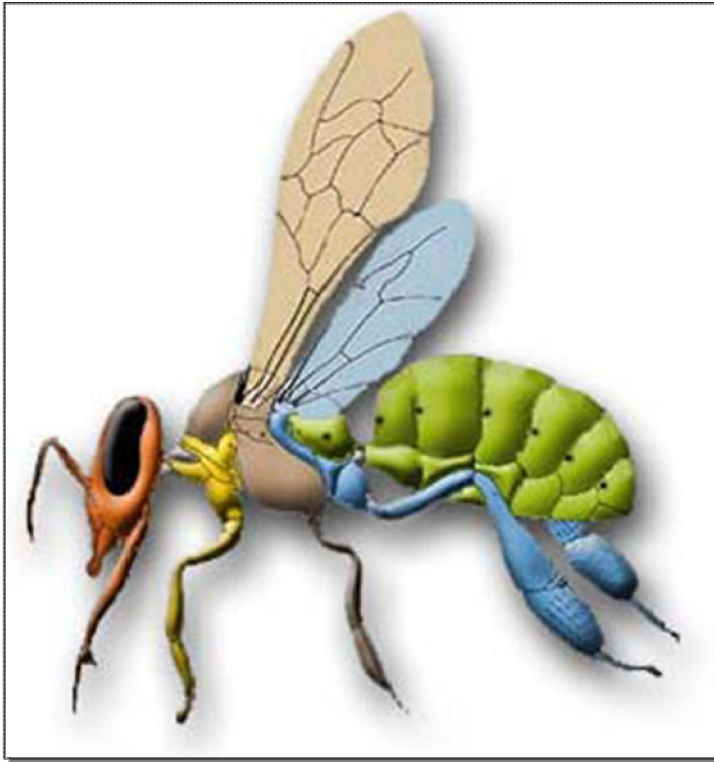


Figure 3 : Aspect morphologique de l'abeille (Leclercq, 2003)

■ Tête ■ Thorax ■ Abdomen

■ Tête

La tête est de forme ovoïde chez la reine, plus ou moins triangulaire ou sub-pyramidale chez l'ouvrière et arrondie chez le mâle (Biri, 1999). Elle comporte les pièces buccales, les yeux, les antennes et les poils sensitifs.

Les yeux : sur les deux coté, on distingue une paire d'yeux énormes ; chacun d'eux est constitué d'une juxtaposition d'une très grande quantité d'yeux élémentaires appelés facettes ou ommatidies. Au sommet de la tête, on peut remarquer trois ocelles (yeux simples) disposés en triangle (Biri, 1999 ; Leclercq, 2003).

Les antennes : entre les yeux se dresse une paire d'antennes segmentées. Les antennes sont le nez de l'abeille. Chacune d'entre elles est constituée d'un flagellum comprenant 13 articles (mâles) ou 10 articles (reine et ouvrière) attachés à un scape par le pédicelle de la base. Le rôle olfactif des antennes fut démontré par Karl Von Frish en 1967 (Winston, 1993 ; Biri, 1999 ; Leclercq, 2003).

La bouche : elle est située vers le bas de la tête et est munie de nombreux appendices : une paire de puissantes pinces (mandibules) ainsi que deux paires de mâchoires (maxilles) sur lesquelles viennent s'accrocher des ramifications articulées appelées palpes. La langue (proboscis), constituée d'un tube capillaire et d'une ventouse, sert à butiner. Elle pompe le nectar dans le calice des fleurs (Leclercq, 2003).

Thorax

Le thorax est constitué de trois segments et demi. Le premier segment appelé **prothorax** porte la première paire de pattes (pattes antérieures) et très réduit. Le deuxième appelé **mésothorax** porte la deuxième paire de pattes (pattes médianes) et la première paire d'ailes (ailes antérieures appelées mésothoraciques). Le mésothorax est le segment thoracique le plus développé et le plus puissant : il contient les muscles alaires destinés à faire vibrer les ailes antérieures. **Le métathorax** porte la troisième paire de pattes (pattes postérieures) ou métathoraciques ; ce dernier est réduit ainsi que la paire d'ailes qu'il porte (Marchenay, 1984 ; Snodgrass, 1956 et Dade, 1977 in Winston, 1993 ; Biri, 1999 ; Leclercq, 2003).

Les pattes : les six pattes se trouvent sur le thorax, une paire par segment thoracique, chaque patte ayant la même construction de base. Elles sont très mobiles, se composent de cinq articles, dans l'ordre : 1- la hanche ou coxa ; 2- le trochanter ou cuisse ; 3- le fémur ; 4- le tibia et 5- le tarse (Snodgrass, 1956 et Dade, 1977 in Winston, 1993 ; Biri, 1999 ; Leclercq, 2003).

Les ailes : les ailes des abeilles comme tous les insectes ne sont pas des appendices vrais comme les pattes, mais sont de fines excroissances du squelette qui ont été substantiellement modifiées pour le vol (Winston, 1993 ; Leclercq, 2003). En vol, la vitesse moyenne d'une abeille est d'environ 24km/h. la charge emportée (miel, pollen ou propolis) peut faire chuter cette moyenne dans des proportions appréciables.

Abdomen

C'est le corps de l'abeille. Il est formé de 7 segments visibles contenant les organes viscéraux (Bertrand, 1977 ; Prost, 1987 ; Biri, 1999 ; Leclercq, 2003). Sur les cotés de chaque segment se trouvent deux orifices trachéens ou stigmates, qui servent à la respiration (Biri, 1993 ; Leclercq, 2003). La coloration du troisième segment « deuxième anneau visible » de l'abdomen, ainsi que la longueur des poils du sixième segment « cinquième anneau visible » sont utilisées comme caractères à distinguer les races et les sous races (écotypes) d'abeilles (Prost, 1987). Le dernier anneau de l'abdomen, sauf

chez les faux bourdons, possède un aiguillon qui est une arme de défense et d'attaque (Winston, 1993 ; Biri, 1999 ; Leclercq, 2003).

1.4 Biométrie de l'abeille

La biométrie (au niveau des abeilles) est l'étude des différents caractères physiques afin de déterminer la race de l'abeille. Cette étude n'aurait pas été nécessaire il y a quelques siècles, les différentes races d'abeilles étant réparties géographiquement, mais l'hybridation volontaire ou non, due à la pratique de l'apiculture en tant qu'élevage a perturbé cette répartition.






Les abeilles étaient parmi les premiers insectes qui ont été étudiées morphométriquement. Les premières mesures exactes des parties de l'exosquelette d'abeille ont été enregistrées par Koshevinkov en 1900 (Alpatov, 1929). Des études semblables ont suivi, comme celles de Martynov (1901) et de Kulagin (1906) traitant les problèmes de variation chez l'abeille (Alpatov, 1929).

L'étude des races d'abeilles basées sur des méthodes modernes de biométrie est un besoin urgent car dans plusieurs régions, les abeilles locales sont devenues irréversiblement hybrides par de grandes importations d'autres races (Ruttner et al., 1978).

La morphométrie a été pendant longtemps le seul moyen de décrire la diversité génétique des abeilles, pas seulement pour la distinction des sous-espèces et des branches mais aussi des écotypes (Louveau, 1969). La biométrie, correspond à la mesure du vivant. Certaines dimensions de l'organisme sont caractéristiques d'une race, ce qui permet de les différencier. Pour une bonne différenciation, notons qu'il est nécessaire :

- 🐝 d'obtenir ces mesures à partir d'un échantillon d'abeilles (en nombre suffisant pour réaliser une moyenne permettant de mettre en évidence une différence significative statistiquement, entre deux races: de 50 à 100 abeilles prélevées).
- 🐝 de mesurer avec précision, à l'aide d'instrumentations spécifiques (loupe binoculaire, microscope,...)
- 🐝 de suivre un protocole de mesures, appliqué à l'identique pour chaque mesure.
- 🐝 d'utiliser des abeilles jeunes et saines, non déformées par l'usure de l'âge ou par des malformations (génétiques ou liées aux maladies).

Les principaux critères (ou caractères) pour distinguer les races d'ordre morphologique (Fresnaye, 1965; Ruttner, 1968; Tomassone et Fresnaye, 1971; Cornuet *et al.*, 1975; Cornuet et Fresnaye, 1989; Gadbin *et al.*, 1979; Fresnaye, 1981; Leporati *et al.*, 1983) sont :

-  **PILOSITE**
-  la largeur de la **BANDE PILEUSE**
-  La **COLORATION** de l'abdomen
-  **L'INDEX CUBITAL** au niveau de l'aile.
-  La longueur de la **LANGUE**

D'autres critères plus précis font appels à des techniques modernes de la biologie moléculaire (notamment les différences génétiques).

1.5 Comportement complexe des abeilles :

D'après Gould (1982) "Le réservoir d'informations et d'instructions est l'instinct; ceux qui l'étudient dans le but de saisir tous ses rouages sont les éthologues. « L'éthologie, dans cette première formulation, est donc l'étude de l'instinct »

On voit que cette définition paraît restrictive: les comportements instinctifs étant ceux qui ne nécessitent aucun apprentissage (donc transmis génétiquement), on semble écarter du champ d'investigation ceux des comportements qui sont liés à l'apprentissage. En fait, pour les éthologues, l'apprentissage aussi ressort de l'instinct (c'est-à-dire que les mécanismes d'apprentissage eux-mêmes sont instinctifs!).

La définition actuelle de l'éthologie est **l'étude biologique du comportement.**

L'étude scientifique du comportement animal peut se faire par toute une variété d'approches. On peut expliquer le comportement par l'historique de son évolution, en fonction des avantages qu'il apporte à l'animal, en termes de mécanismes psychologiques ou de mécanismes physiologiques. L'approche que l'on choisit dépend de ce que l'on veut connaître du comportement animal (McFarland, 2001).

Niko Tinbergen, qui fut un des pionniers de l'éthologie, distinguait quatre types de réponses aux questions suivantes concernant le comportement animal (McFarland, 2001).

- 🐝 Pourquoi les animaux répondent-ils d'une façon particulière aux stimuli de l'environnement ?
- 🐝 Pourquoi les animaux répondent-ils de façon particulière aux stimuli internes ?
- 🐝 Pourquoi certains animaux répondent-ils d'une façon et d'autres animaux d'une autre façon à la même situation ?
- 🐝 Pourquoi les animaux d'une certaine espèce ou d'un certain groupe se comportent-ils de façon particulière dans des situations particulières ?

Les réponses à ces questions mettent l'accent sur les différents aspects du contexte biologique dans lequel le comportement animal s'exprime (McFarland, 2001).

Les abeilles ont fait l'objet de recherches scientifiques considérables, et on connaît beaucoup de choses sur leur comportement. Comme ce sont des insectes, nous avons tendance à les voir comme de simples automates. Pourtant, leur comportement est étonnamment complexe. En étudiant la nature de cette complexité, nous espérons mieux comprendre l'organisation d'un comportement complexe en général (McFarland, 2001).

1.5.1. Le cycle de vie d'une abeille

Au printemps, lorsque la nourriture devient abondante, la reine des abeilles pond des milliers d'œufs. Elle reçoit les soins constants des jeunes femelles ouvrières qui la nettoient et la nourrissent. Celles-ci sont attirées par une phéromone spéciale et tout en soignant la reine, elles ingèrent des substances chimiques qui inhibent certaines activités et les empêchent de devenir des rivales potentielles pour la reine (Lindauer, 1961 ; Dyer, 1994). La reine pond quelques œufs dans des alvéoles spécialement grandes préparées par les ouvrières. Les larves de ces alvéoles reçoivent une nourriture spéciale et deviennent des reines fertiles ou des ouvrières stériles. Une de ces reines vierges va devenir la nouvelle reine de la ruche, mais avant cela, la vieille reine prépare son départ.

Quand l'ancienne reine est partie, les nouvelles sortent de leurs alvéoles. La première qui sort tue d'habitude celles qui sont à l'intérieur. S'il en a deux qui sortent en même temps, elles se bătent jusqu'à la mort d'une des deux. Avant que la vieille reine ne quitte la ruche avec la moitié de sa population, des abeilles qu'on appelle les éclaireuses s'envolent et cherchent des sites possibles pour une nouvelle colonie. Elles reviennent et dessinent une danse à la surface verticale de l'essaim. Cette danse donne des indications sur la direction, la distance et la qualité du nouveau site de la ruche.

Au milieu de l'été, les abeilles commencent à se préparer pour l'hiver. La taille de la colonie augmente lentement, et si les ouvrières consacrent un peu de temps à élever les jeunes, elles mettent la plus grande partie de leur temps et de leur énergie à récolter et à stocker de la nourriture pour l'hiver. Chaque ouvrière accomplit de nombreuses tâches.

1.5.2. La recherche de nourriture chez les abeilles

L'abeille qui cherche à manger, qui part en éclaireuse, se trouve devant une tâche formidable. Elle doit quitter la ruche et chercher à manger. Elle doit reconnaître les bonnes sources de nourriture. Elle doit alors enregistrer sa position par rapport à la ruche et accomplir le chemin du retour. En arrivant, elle doit faire part de ses découvertes aux autres ouvrières et les persuader de s'envoler et de récolter de la nourriture à la nouvelle source. Ceci doit être fait de la façon la plus économique possible, en tenant compte de la qualité de la nourriture et de sa distance par rapport à la ruche (Dyer, F.C. 1994).

Les abeilles mangent d'abord sur les fleurs qui produisent beaucoup de pollen et secrètent un nectar sucré. De nombreuses espèces de plantes portent des fleurs conçues pour attirer les abeilles et les autres insectes, qui servent à transporter le pollen d'une fleur à l'autre et assurent la pollinisation croisée des plantes. Certaines fleurs ne sont ouvertes qu'à certains moments de la journée, ce qui fait que les abeilles doivent apprendre non seulement quelles sortes de fleurs produisent du nectar mais aussi à quelle heure et à quel endroit. La première question qui se pose est alors : « comment les abeilles reconnaissent-elles les bonnes fleurs ? »

Lorsqu'une abeille qui cherche à manger trouve une source de nourriture, cela peut être loin (jusqu'à dix kilomètres) de la ruche. Elle doit retourner à la ruche pour informer les autres ouvrières de sa découverte. Pour cela, elle doit utiliser les informations sur la direction de la ruche même si, pour arriver où elle est, elle a fait tout un circuit. La deuxième question est la suivante : « comment se fait la navigation chez les abeilles ? »

En arrivant à la ruche, l'abeille doit communiquer aux autres ouvrières la direction et la distance de la source de nourriture, et elle doit donner certaines indications sur sa qualité. Elle doit donc attirer l'attention des autres ouvrières, qui peuvent déjà être occupées à autre chose ou avoir reçu des messages d'autres abeilles. Notre troisième question est alors : « comment les abeilles communiquent-elles ? »

1.5.3. Reconnaissance des fleurs par les abeilles

En 1912, Karl von Frisch commençait ses expériences sur les abeilles. Allant à l'encontre de l'opinion populaire, il disait que les abeilles voyaient probablement les couleurs. Sinon, pourquoi les fleurs seraient-elles si colorées ? Il a découvert que les abeilles apprenaient très vite à visiter une assiette de solution sucrée placée près de la ruche. Elles récoltaient un peu de nourriture et l'emportaient dans la ruche. Puis von Frisch a posé l'assiette sur un morceau de papiers coloré. Après de nombreuses visites, il disposa plusieurs morceaux de papier, certains colorés, certains dans différents tons de gris. Les abeilles cherchaient la nourriture uniquement sur les papiers qui étaient de la bonne couleur, montrant par là qu'elles étaient capables de distinguer du gris. Von Frisch découvrit aussi que les abeilles ne distinguaient pas le rouge du gris, mais qu'elles faisaient la distinction entre les papiers gris provenant de différentes manufactures. Des recherches plus poussées lui ont appris que certains papiers reflétaient plus la lumière ultraviolette que d'autres, et que les abeilles y étaient sensibles.

Nous savons maintenant que les abeilles ont une vision en couleurs bien développée, qui diffère de la notre parce qu'elle est insensible au rouge et parce qu'elle s'étend dans les ultraviolets auxquels les hommes ne sont pas du tout sensibles. Von Frisch remarqua que de nombreuses fleurs avaient des marques bien développées, appelées indicateurs, dont certaines n'étaient visibles que dans la lumière ultraviolette. Ces marques sont donc normalement invisibles pour les hommes, mais visibles pour les abeilles. Des expériences sur les indicateurs montrent que de petits détails du pattern de la fleur peuvent influencer le comportement des abeilles (Manning, 1956). Dans un groupe d'orchidées, les ophrys, chaque espèce imite l'odeur et l'apparence d'une espèce d'abeilles différente. Le mâle féconde la fleur en essayant de s'accoupler avec elle (Baerends, 1950).

1.5.4. La navigation chez les abeilles

Lorsqu'une abeille s'envole de la ruche pour chercher une nouvelle source de nourriture, elle parcourt tout un circuit pour visiter tous les endroits possibles. Elle rentre à la ruche en ligne droite, sans refaire tout le chemin parcouru. On a suggéré que les abeilles gardaient une trace de chaque partie du trajet en mesurant la distance en termes d'énergie dépensée, et la direction en fonction de l'angle formé avec des points de repère, ou avec le soleil (McFarland, 2001).

En faisant aller des abeilles vers une source de nourriture le long d'une galerie, Martin Lindauer (1963) a pu manipuler la distance du vol de retour. Il a découvert que les abeilles mesuraient exactement l'énergie dépensée lors du vol aller, que les vols retour

aient été longs ou courts. Von Frisch a montré que des abeilles chargées d'un poids de 55 mg de plomb ou équipées de parcelles de papier argent qui en augmentaient la résistance, surestimaient les distances à cause de l'énergie supplémentaire qu'elles avaient dépensé. Les points de repères sont importants pour la navigation des insectes, spécialement pour corriger les erreurs cumulées au cours de l'intégration du chemin (Wehner, 1997). Les abeilles et les fourmis reconnaissent leurs points de repère grâce à un mécanisme qui s'apparente à la photographie instantanée et qui permet à l'animal d'identifier une série de repères lorsqu'il progresse le long d'un chemin familier. En cherchant l'importance des points de repère, von Frisch et Lindauer (1954) ont montré que les points de repère sont plus efficaces lorsqu'ils sont linéaires et mènent directement à la nourriture. Dès que l'éclaireuse a trouvé une source de nourriture, elle vole directement vers la ruche en se servant du soleil comme une boussole. L'abeille se retrouve souvent à un endroit où il n'y a pas de points de repères utiles, quand le soleil est caché par des nuages. Dans ces conditions, elles peuvent encore rentrer à la ruche, ce qui montre qu'elles sont capables de se servir d'autres indices de navigation.

1.5.5. La communication entre les abeilles

Von Frisch a construit une ruche avec une paroi en verre par laquelle il pouvait observer le comportement des abeilles à l'intérieur. Il remarqua qu'en revenant après avoir cherché à manger, les abeilles exécutaient des danses qui attiraient l'attention des autres. Il identifia deux types de danse, une danse en rond et une danse frétillante. Au début, il pensait que la danse en rond indiquait du nectar, et la danse frétillante, du pollen. Puis il découvrit que ce n'était pas ça. Il découvrit que les abeilles revenaient de sources de nourriture dont la distance et la direction différaient exécutaient des danses frétillantes dont les détails étaient différents.

Les différentes races géographiques d'abeilles ont des dialectes dansés différents. Les abeilles tropicales plus primitives dansent sur la surface horizontale du dessus du rayon. L'axe de la danse indique directement la direction de la nourriture. C'est ce qui arrive aussi lorsque les abeilles des régions tempérées sont obligées de danser sur une surface horizontale.

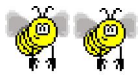
L'éclaireuse qui est de retour attire les autres ouvrières par une manifestation où elle bat des ailes en libérant une phéromone de recrutement. Elle ne le fait que si la source de nourriture en vaut la peine. Au printemps et au début de l'été, lorsqu'il a profusion de nourriture, une source doit vraiment être très sucrée pour déclencher le recrutement (appel). À la fin de l'été et en automne, lorsque la nourriture se raréfie, même une nourriture de moindre qualité déclenchera le recrutement.

On ne comprend pas parfaitement comment les autres ouvrières tirent des informations de la danse frétilante. Certains ont suggéré que la danse n'était pas importante pour le recrutement des abeilles qui vont chercher à manger, et que les principaux indices étaient **olfactifs**, comme chez les autres insectes sociaux. Une grande partie des données expérimentales de von Frisch s'accordent à cette interprétation mais, bien que dans certains circonstances les abeilles se fient à l'odeur pour localiser la nourriture, les expériences les plus récentes de von Frisch et d'autres (Gould, 1976) donnent des preuves convaincantes du fait que la danse est le système premier utilisé pour communiquer l'emplacement de la nourriture.

1.5.6 Le comportement de l'abeille algérienne

D'après Frère Adam (1953), **l'abeille tellienne**, tant reines qu'ouvrières sont vite en mouvement et capables de nervosité extrême lors des manipulations. De fait, quand on ouvre une ruche, les abeilles ont tendance à entrer en ébullition et à faire le carrousel de façon inquiétante dans la chambre à couvain. Mais calmées après quelques minutes de paix, elles se soumettront aux manipulations aussi docilement que toute abeille commune d'Europe septentrionale. Elles peuvent avoir mauvais caractère, mais pas plus que les abeilles noires du midi de la France. Tout en étant tombé sur des lignées extrêmement coriaces au cours de nos recherches, nous avons découvert ailleurs quelques lignées maniables au plus haut degré.

Concernant **l'abeille saharienne**, se distingue par son extrême douceur qui permet aux apiculteurs de travailler les ruches sans aucune protection particulière.



Chapitre II : Matériel et méthodes

2.1 Présentation du modèle biologique

2.1.1 Systématique des abeilles

Les abeilles sont classées dans la famille des Apidés, et leurs proches parents comprennent les abeilles orchidées (Euglossidés), les bourdons (Bombidés) et les abeilles sans dard (Méliponidés) (Winston et Michener 1977, Kimsey, 1984). Tous les Apidés sont caractérisés par la présence de corbeilles à pollen sur les pattes postérieures, au niveau de la face externe de chaque tibia, chez les ouvrières et cette structure est utilisée pour transporter le pollen et les matériaux de construction.

Les abeilles (Apidés : Apini) sont toutes classées dans un seul genre *APIS*, qui comprend cinq espèces : l'abeille commune (*Apis mellifera*), les abeilles géantes (*A. dorsata* et *A. laboriosa*), l'abeille indienne (*A. cerana*) et l'abeille naine (*A. florea*).

En Algérie on trouve deux races d'abeilles :

Apis mellifera intermissa : C'est une petite abeille noire qui a la réputation d'être agressive et d'essaimer fréquemment, élevant plus de 100 reines à chaque période d'essaimage. Pendant les sécheresses plus de 80% des colonies meurent, mais grâce à l'essaimage intensif, le nombre de colonies se rétablit lorsque les conditions redeviennent favorables (Louveau, cité par Ruttner 1975 b).

Apis mellifera sahariensis : Sa mise au rang de race a été contesté par Ruttner (1968) qui la considérait à l'époque comme une forme transition entre *Apis mellifera intermissa* et *adansonii*. Toutefois, dans un article plus récent (Ruttner et al., 1978), *Apis mellifica sahariensis* est considérée comme une race à part entière.

Position systématique

Embranchement	: Arthropodes
Sous embranchement	: Mandibulates
Classes	: Insectes
Sous classe	: Ptérygotes
Ordre	: Hyménoptères
Sous ordre	: Apocrites
Section	: Aculéates (Néoptères)
Famille	: Apidea
Genre	: <i>Apis</i> (Linné, 1758)
Espèces	: <i>Apis mellifera intermissa</i> (Buttel-Reepens, 1906) <i>Apis mellifera sahariensis</i> (Baldenspenger, 1924)

2.2 Présentation de la zone d'étude :

Les stations échantillonnées ont été sélectionnées en fonction des étages et sous-étages bioclimatiques. Chaque étage bioclimatique est caractérisé par un type de végétation (flore) et par des conditions climatiques différentes (Greininger, 1982). Les stations ainsi que les différents sites d'échantillonnage qui ont fait l'objet de cette étude sont présentés dans le tableau (Tab. 1)

Tableau 1 : sites (ruchers), Coordonnées géographiques, nombre d'Abeilles ouvrières mesurées par site d'échantillonnage (zone Sud)

Sites : ruchers	Coordonnées géographiques	Effectif
1. Laghouat		
Laghouat	33° 47'N 2° 52'E	
• Nacer Benchohra	33° 47'N 2° 52'E	50
• Bordj Snoussi	33° 47'N 2° 52'E	45
• 30 km du nord de Laghouat (rucher 1)	33° 47'N 2° 52'E	50
• 30 km du nord de Laghouat (rucher 2)	33° 47'N 2° 52'E	50
El Assafia	/	
• El Assafia (rucher 1)	/	60
• El Assafia (rucher 2)	/	50
2. Béchar		
Moughel	32°01'09"N 08°13'12"O	
• Zbara (rucher 1)	32°01'09"N 08°13'12"O	52
Sfissifa	31°55'29"N 02°13'44"O	
• Mhidjiba (rucher 1)	31°55'29"N 02°13'44"O	50
• Mhidjiba (rucher 2)	31°55'29"N 02°13'44"O	50
Béchar	31° 37'N 2°13'O	
• Benziregh (50km de Béchar)	31° 37'N 2°13'O	60
Moughel	32°01'09"N 08°13'12"O	
• Zbara (rucher 2)	32°01'09"N 08°13'12"O	50
Total : 11 sites		567

2.2.1 Wilaya de Laghouat :

A - Situation géographique et géomorphologique :

Située au cœur du pays à 400 km au Sud de la capitale Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25 057 km². Région pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique avec une réserve estimée à plusieurs milliards de mètres cubes.

Elle est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Tiaret,
- A l'Est, par la wilaya de Djelfa,
- Au Sud, par la wilaya de Ghardaïa,
- A l'ouest, par la wilaya d'El Bayadh.

B - Climatologie:

- **Zones climatiques**: La wilaya de Laghouat est caractérisée par un climat aride, on distingue deux zones :
 - La zone de l'Atlas Saharien caractérisée par des altitudes allant de 1.000 à 1.700m avec des pentes de 12,5 à 25 %.
 - La zone des Hauts Plateaux et de Plateaux Sahariens caractérisée par des sommets qui dépassent les 2000 mètres "Djebel AMOUR 2200 mètres" et des pentes de 0 à 3 %.



Figure 4 : Situation géographique de la wilaya de Laghouat et Béchar

- **La pluviosité :**

La wilaya de Laghouat est située dans la région aride du pays, les précipitations sont de l'ordre de 100 à 200 mm/an.

- **Les températures :**

La wilaya de Laghouat: a un climat continental aride avec des moyennes de températures -5° l'hiver et de plus de 40° l'été.

C - Bioclimat et végétation :

Le bioclimat de la région méditerranéenne a été étudié par Emberger (1955), c'est par l'utilisation de son coefficient « Q » dit d'Emberger modifié par Le Houérou (1995) que les différents étages bioclimatiques ont été délimités. Où $Q = 2000 P / (M^2 - m^2)$ et :

- « P » la moyenne des précipitations annuelles
- « M » est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimées en degré Kelvin
- « m » est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimées en degré Kelvin
- « M – m » est l'amplitude thermique.

Les valeurs de « Q » des différents stations ont permis d'établir un climagramme qui délimite les étages bioclimatiques de la végétation influencés par les conditions climatiques (hiver froid, frais, tempéré ...).

Ce climagramme qui a pour abscisse « m » et pour ordonnée « Q » montre que la wilaya de Laghouat se place dans l'étage bioclimatique aride et la wilaya de Béchar se situe dans l'étage bioclimatique saharien (fig. 4).

❖ **L'étage bioclimatique aride :**

Cet étage est limité au Nord par les chaines telliennes (Hauts plateaux) et au Sud par les vastes espaces sahariens. Il se caractérise par une grande partie d'aire des steppes algériennes (figure 4).

❖ la végétation de l'étage aride :

Les steppes sont des formations herbacées ouvertes caractérisées par une dominance de graminées, plus au moins xérophiles à enracinement intensif mais ne couvrant pas le sol en totalité. De nombreux travaux relatifs à l'étude de la végétation ont permis de faire ressortir les potentialités pastorales des steppes algériennes qui sont dominées par 4 grands types de formations végétales (DJEBAÏLI, 1978 ; NEDJRAOUI, 1981 ; AIDOUD, 1989 ; LE HOUEROU, 1998, 2000 ...).

- **Les steppes à alfa** (*Stipa tenacissima*) dont l'aire potentielle était de 4 millions d'hectares présentent une forte amplitude écologique. On les retrouve en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude.

- **Les steppes à armoise blanche** (*Artemisia herba alba*) recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions et sur les glacis encroûtés avec une pellicule de glaçage en surface. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse. Le type de faciès dégradé correspond à celui de *Peganum harmala*.

- **Les steppes à sparte** (*Lygeum spartum*) représentent 2 millions d'hectares, rarement homogènes, occupant les glacis d'érosion encroûtés recouverts d'un voile éolien sur sols bruns calcaires, halomorphes dans la zone des chotts. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides, supérieurs et moyens à hivers froids et frais. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces.

- **Les steppes à remt** (*Arthrophytum scoparium*) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5%. Les mauvaises conditions de milieu, xérophilie (20-200 mm/an), thermophilie, variantes chaude à fraîche, des sols pauvres, bruns calcaires à dalles ou sierozems encroûtés font de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral.

- **Les steppes à psamophytes** sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Ces formations sont inégalement réparties et occupent une surface estimée à 200.000 hectares. Elles suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions constituées par les chotts. Elles sont plus fréquentes en zones aride et présaharienne. Ces formations psamophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama raetam*.

- **Les steppes à halophytes** Ces steppes couvrent environ 1 million d'hectares. La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile très appréciée autour des dépressions salées. Les espèces les plus répandues dans ces formations sont : *Atriplex Halimus*, *Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa*, *Frankenia thymifolia*, *Salsola sieberi* et *Salsola vermiculata*.

2.2.2 Wilaya de Béchar :

A - Situation géographique et géomorphologique :

Béchar capitale de sud Oued Algérien est une des anciennes villes d'Algérie, elle se situe dans une zone stratégique du Sud Ouest Algérien. La ville est située à 950km au Sud Ouest d'Alger la capitale, d'une superficie de plus de 162 200 km² (figure 4).

Elle est limitée au :

- Nord: wilaya de Naâma
- Est: wilaya d'El-Bayadh
- Sud: wilayas d'Adrar et de Tindouf
- Ouest: Royaume du Maroc

B – Climatologie

- **Zones climatiques** : La wilaya de Bechar est caractérisée par un climat de type désertique, continental. On distingue deux zones :
 - La zone de transition délimitée entre Béni Ounif, au Nord, et la parallèle d'Igli au Sud : très chaude en été (+ 45°), et froide, en hiver (2°C à 3°C). Les précipitations sont de l'ordre de 100 mm/an. Les vents de sable sont fréquents, et souvent violents (100 km/h).
 - La désertique s'étend au-delà de Beni Abbès. Les précipitations sont de l'ordre de 40 mm/an. Les vents de sable sont très fréquents. La région est réputée, comme tout le Sud, par ses vents de sable.
- **La pluviosité** :

La wilaya de Béchar a un climat de type désertique continental et enregistre des précipitations de l'ordre de 40 mm/an.

- **Les températures :**

La Wilaya de Béchar est caractérisée par un climat désertique continental, la température moyenne est de 5,4° l'hiver et plus de 40° l'été.

C - Bioclimat et végétation :

❖ **L'étage bioclimatique saharien :**

Le Sahara forme une large barrière qui sépare le domaine méditerranéen au Nord du domaine tropical au Sud. Il se caractérise par une flore qui apparaît très pauvre, le total des espèces de plantes vasculaires ne dépasse pas le chiffre de 1200. En ce qui concerne les cryptogames, la pauvreté de la flore saharienne est encore plus sensible (figure 5).

❖ **Végétation de l'étage saharien** : les différents types de milieux biologiques ont une végétation propre.

- **Les Ergs et autres sols sableux** : la végétation est caractérisée par la dominance du « drinn », *Aristida pungens* qui est une graminée à rhizome traçant. Lorsque le groupement d'erg est bien développé, il comprend à côté du drinn une végétation arbustive formé par : *Ephedra alata*, *Retama retam*, *Genista saharae*. Ce groupement constitue en été le seul pâturage important.

- **Les Regs et substrats caillouteux ou argileux**: il s'y développe un groupement très diffus dominé par *Heloxylon scoparium* : chénopodiacées arbustives. C'est un groupement pauvre en espèces. Les *Aristida* apparaissent pauvres lorsque le Reg est ensablé superficiellement et y constituent un tapis dense formé surtout d'*Aristida plumosa*.

- **Hamadas et sols rocheux**: ces milieux sont caractérisés essentiellement par la présence de *Fagonia glutinosa* (feuilles trifoliés agglutinant un revêtement de sable). Après les pluies se développe une surprenante floraison de plantes annuelles telles que : *Erodium*, *Convolvulus* et des géophytes bulbeuses ex : *Urginea*. Au niveau des pentes et des falaises, la végétation relativement riche comprenant une forte proportion d'espèces rares ou endémiques telles que *Fagonia zilloides*, *Plantago akkensis*, *Mesembryanthemum*, *Trichodesma calcaratum*, etc.

- **Les lits d'oueds et vallées**: ce sont les seuls milieux où l'on rencontre véritablement des arbres ; les vallées sèches hébergent une formation à *Acacia* et à *Panicum turgidum*. Lorsque la vallée bénéficie d'une alimentation en eau assez régulière, il s'établit alors, une autre formation arborée caractérisée par le *Tamarix articulata*.

2.3. Stratégie d'échantillonnage et collecte des données :

Les prélèvements des échantillons d'abeilles d'ouvrières, d'âge inconnus ont été effectués de février à avril 2009 (Leporati *et al.*, 1984; Cornuet *et al.*, 1988) et (Cornuet et Fresnaye, 1989) en raison de l'augmentation de la quantité de couvains pendant cette saison et des conditions climatologiques plutôt favorables.

Dans le cas de notre travail, nous avons pris en considération 02 stations avec 11 sites (ruchers) de prélèvement. Sur chaque site, on a échantillonné aléatoirement entre 45 et 60 d'abeilles, ce qui représente un total de 567 individus. Les abeilles résidaient toutes dans des ruches de type «LANGSTROTH». Il a été vérifié qu'elles ne faisaient pas l'objet de transhumances et de maladies comme dans le cas des travaux de Cornuet *et al.*, (1988) et de Leporati *et al.*, (1984).

Les abeilles ont été prélevées à l'aide d'une pince souple, et placées dans des flacons contenant de l'éthanol absolu (95%) (Cornuet *et al.*, 1988).

2.4 Analyse morphométrique

2.4.1 Critères morphologiques étudiés

Il existe plus de cinquante caractères morphologiques qui sont utilisés pour étudier la biométrie de l'abeille (Kshirsagar et Renade, 1981).

Certains auteurs prennent en considération uniquement six caractères morphologiques (Fresnaye, 1965; Ruttner, 1968; Tomassone et Fresnaye, 1971; Cornuet *et al.*, 1975; Cornuet et Fresnaye, 1989; Gadbin *et al.*, 1979; Fresnaye, 1981; Leporati *et al.*, 1983). D'autres auteurs utilisent un nombre intermédiaire de caractères morphologiques (Dutton *et al.*, 1981; Mattu et Verma, 1983; 1984a et b; Marletto *et al.*, 1984).

En ce qui concerne notre travail, 19 caractères morphologiques ont été sélectionnés en fonction de leur pouvoir discriminant et de leur signification biologique, ces caractères en question contribuent beaucoup dans la production du miel et de la cire (Tableau 2).

Tableau 2 : Liste des caractères morphologiques mesurés,
appareils et grossissement utilisés (zone Sud)

Variables	Caractères morphologiques	N° de figures	Appareils, grossissement utilisés
x1	Longueur de l'aile antérieure	Fig. 6	Binoculaire Zeiss (x16)
x2	Largeur de l'aile antérieure	Fig. 6	Binoculaire Zeiss (× 25)
x3	Longueur de la veine A	Fig. 7	Binoculaire Zeiss (× 32)
x4	Longueur de la veine B	Fig. 7	Binoculaire Zeiss (× 32)
x5	Longueur de l'aile postérieure	Fig. 8	Binoculaire Zeiss (× 20)
X6	Largeur de l'aile postérieure	Fig. 8	Binoculaire Zeiss (×32)
x7	Longueur du fémur	Fig. 10	Binoculaire Zeiss (×32)
x8	Longueur du tibia	Fig. 10	Binoculaire Zeiss (× 32)
x9	Longueur de métatarse	Fig. 10	Binoculaire Zeiss (× 32)
x10	Largeur de métatarse	Fig. 10	Binoculaire Zeiss (× 32)
x11	Longueur totale de la patte	-	-
x12	Longueur du flagelle antennaire	Fig. 9	Binoculaire Zeiss (× 32)
x13	Tomentum	Fig. 11	Microscope Olympus (× 04)
x14	Pilosité	Fig. 12	Microscope Olympus (× 10)
x15	Coloration	Fig. 13	Binoculaire Zeiss (× 32)
x16	Longueur de la langue	Fig. 14	Binoculaire Zeiss (× 32)
x17	Indice cubital	-	-
x18	Aile antérieure longueur/largeur	-	-
x19	Métatarse longueur/largeur	-	-

- **Longueur et largeur de l'aile antérieure et postérieure:** Les caractères morphologiques alaires (longueur et largeur de l'aile antérieure droite et de l'aile postérieure droite) (Fig. 6 et 8) sont importants dans la classification des différentes races et sous-races. La taille alaire influence, d'une part, le vol des abeilles et, d'autre part la quantité du pollen qui peut être récoltée (Abdellatif *et al.*, 1977; Buco *et al.*, 1987; Diniz-Filho *et al.*, 1999; Ftayeh *et al.*, 1994; Kandemir *et al.*, 2000; Leporati *et al.*, 1984; Meixner *et al.*, 1989; Moritz, 1991; Neilsen *et al.*, 1999; Oldroyd *et al.*, 1991, 1992, 1995a; Paddilla *et al.*, 1992a, 1998, 2001; Rinderer *et al.*, 1990, 1995; Ruttner *et al.*, 2000; Sheppard *et al.*, 1997; Tilde *et al.*, 2000).
- La mesure de l'**indice cubital** (Fig.7) permet de définir une race ou son taux d'hybridation. Cet indice est déterminé par le rapport entre la longueur de deux **segments (A et B)** de la troisième cellule cubitale de l'aile antérieure (Abdellatif *et al.*, 1977; Fresnaye, 1981; Leporati *et al.*, 1984; Moritz *et al.*, 1991; Padilla *et al.*, 1992a et b; Rinderer *et al.*, 1995; Sheppard *et al.*, 1997; Smith *et al.*, 1997 a et b; Tilde *et al.*, 2000; Leclercq, 2003). Cette méthode faisant partie de la biométrie est la plus fiable (Leclercq, 2003).
- Les longueurs du **tibia, le fémur et du métatarse**, la longueur et largeur du **métatarse** de la patte postérieure (Fig.10) ont été mesurées par un grand nombre d'auteurs (Abdellatif *et al.*, 1977; Akahira et Sakagami, 1959 a et b; Buco *et al.*, 1987; Diniz-Filho *et al.*, 1999; Kandemir *et al.*, 2000; Neilsen *et al.*, 1999; Oldroyd *et al.*, 1991, 1992, 1995 a; Padilla *et al.*, 1992b, 1998, 2001; Rinderer *et al.*, 1990, 1995; Tilde *et al.*, 2000).
- La taille de la **patte postérieure** affecte la capacité de récolte du pollen (Mattu et verma, 1984). De même, la production du miel est positivement corrélée avec la longueur de la patte postérieure et plus particulièrement avec la longueur de la corbeille au niveau du tibia (Szaro et Lefkovitch, 1988).
- **la longueur des flagelles antennaires** (Fig.9) des ouvrières a été mesurées par un grand nombre d'auteurs (Abdellatif *et al.*, 1977; Akahira et Sakagami, 1959 a et b; Buco *et al.*, 1987; Diniz-Filho *et al.*, 1999; Kandemir *et al.*, 2000; Neilsen *et al.*, 1999; Oldroyd *et al.*, 1991, 1992, 1995 a; Padilla *et al.*, 1992b, 1998, 2001; Rinderer *et al.*, 1990, 1995; Tilde *et al.*, 2000).
- La mesure du **tomentum** (Fig.11) consiste à déterminer la largeur de la zone pileuse au centre du quatrième segment abdominal dorsal, sa mesure est réalisée sous microscope (GR : x4) (Cornuet *et al.*, 1975, 1978, 1982, 1988; Fresnaye, 1981; Cornuet et Fresnaye, 1989; Tilde *et al.*, 2000).

- **La pilosité** (Fig.12) c'est la longueur des poils situés au centre du 5^{ème} tergite, sa mesure est réalisée sous microscope (GR : x10). Cette mesure est d'un grand intérêt du point de vue systématique de l'abeille (Cornuet *et al.*, 1975, 1978, 1982, 1988; Fresnaye, 1981; Cornuet et Fresnaye, 1989; Crewe *et al.*, 1994; Diniz-Filho *et al.*, 1999, 2000; Tilde *et al.*, 2000).

- **La coloration** (largeur de la bande jaune sur le deuxième tergite abdominal) (Fig.13) peut être selon les races, soit totalement jaune, soit totalement noire et entre les deux extrêmes, on trouve tous les intermédiaires possibles (Cornuet *et al.*, 1975, 1978, 1982, 1988; Gadbin *et al.*, 1979; Fresnaye, 1981; Cornuet et Fresnaye, 1989; Tilde *et al.*, 2000).

- **La longueur de la langue** (Fig.14) La longueur de la langue est un bon caractère racial qu'il faut mesurer correctement. (Abdellatif *et al.*, 1977 ; Gadbin *et al.*, 1979 ; Cornuet *et al.*, 1975, 1978, 1982, 1988 ; Cornuet & Fresnaye, 1989 ; Crewe *et al.*, 1994 ; Diniz-Filho *et al.*, 1999, 2000 ; Ftayeh *et al.*, 1994 ; Grissa *et al.*, 1990 ; Hepburn *et al.*, 2000 ; Hepburn et Radloff, 1996, 1997 ; Meixner *et al.*, 1989 ; Padilla *et al.*, 1992b, 1998 ; Radloff *et al.*, 1996; Radloff & Hepburn 1997a, 1997b ; Radloff, 1996 ; Rinderer *et al.*, 1995 ; Sheppard *et al.*, 1997 ; Tilde *et al.*, 2000).

Les autres indices calculés (**longueur/largeur de l'aile antérieure et du métatarse**) ont été préconisés et utilisés pour mieux exploiter les données biométriques, mais ils restent moins importants que l'indice cubital (Ftayeh *et al.*, 1994; Tilde *et al.*, 2000).

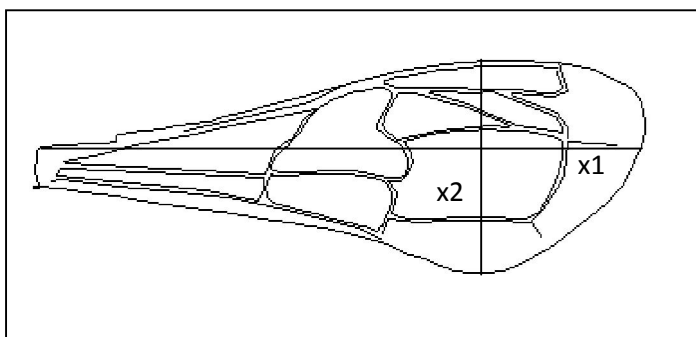


Figure 6: Aile antérieure d'une abeille ouvrière (Ruttner *et al.*, 1978 et Ruttner, 1988).

[x1] : longueur de l'aile antérieure.

[x2] : largeur de l'aile antérieure.

Figure 7: Composantes de l'indice cubital de l'aile antérieure (Ruttner *et al.*, 1978; Ruttner, 1988).

[x3] : longueur de la nervure A.

[x4] : longueur de la nervure B.

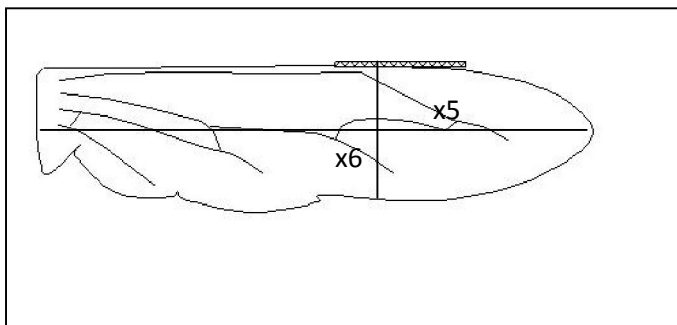
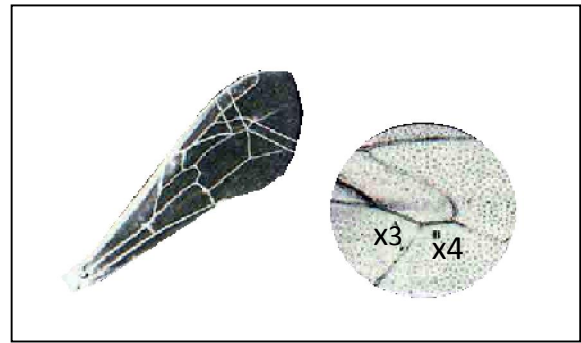


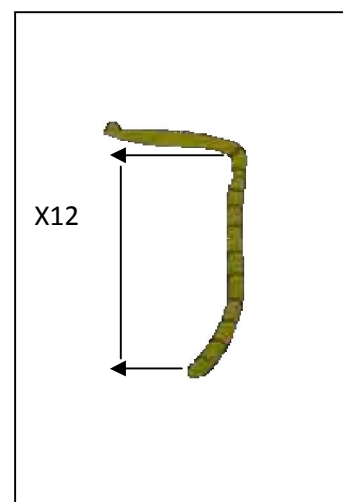
Figure 8: Aile postérieure d'une abeille ouvrière (Ruttner *et al.*, 1978; Ruttner, 1988).

[x5] : longueur de l'aile postérieure.

[x6] : largeur de l'aile postérieure.

Figure 9: Antenne d'une abeille ouvrière (Ruttner *et al.*, 1978).

[x12] : longueur du flagelle antennaire.



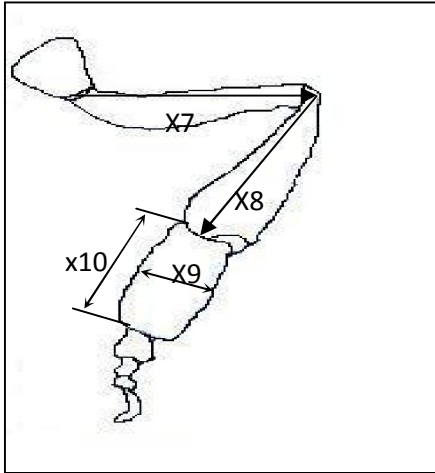


Figure 10: Patte postérieure d'une abeille ouvrière (Ruttner *et al.*, 1978; Ruttner, 1988).

[x7]: longueur du fémur.

[x8]: longueur du tibia.

[x9]: longueur du métatarse

[x10] : largeur du métatarse

Figure 11: Tomentum (Ruttner *et al.*, 1978).

[x13] : largeur de la bande pileuse au niveau du 4^{ème} tergite abdominal.

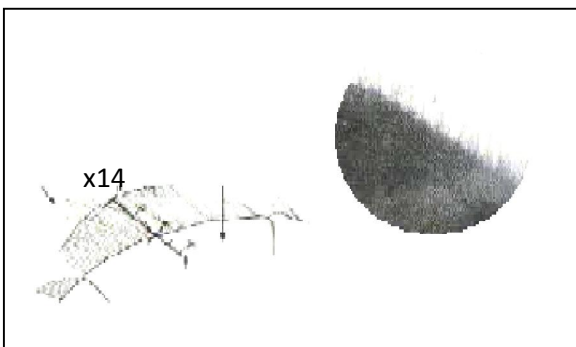
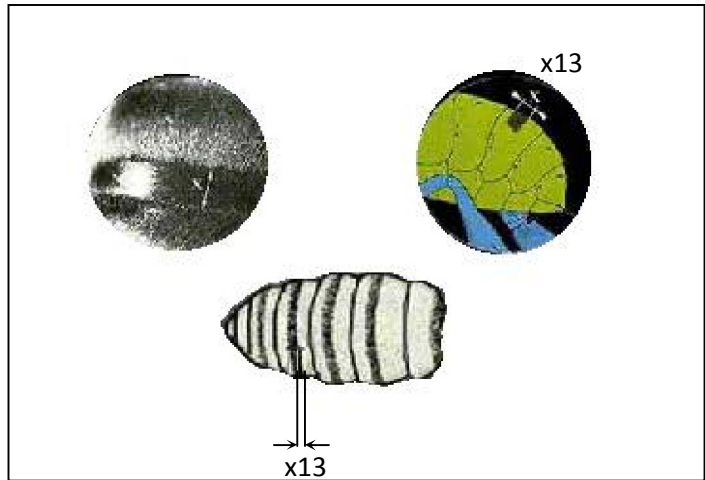


Figure 12: Pilosité (Ruttner *et al.*, 1978; Ruttner, 1988).

[x14] : longueur de la pilosité au niveau du 5^{ème} tergite abdominal.

Figure 13: Coloration (Ruttner *et al.*, 1978; Ruttner, 1988).

[x15] : largeur de la bande jaune au niveau du 2^{ème} tergite abdominal.

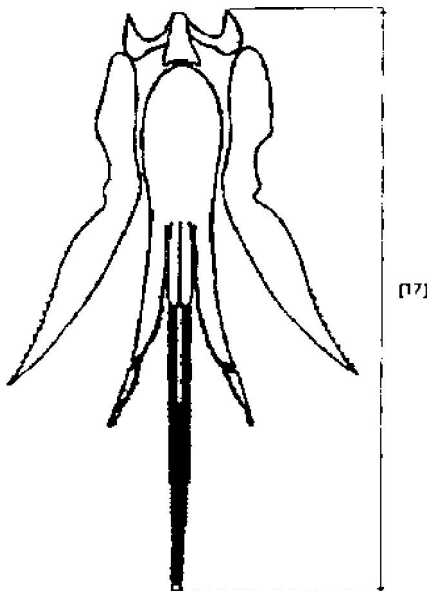
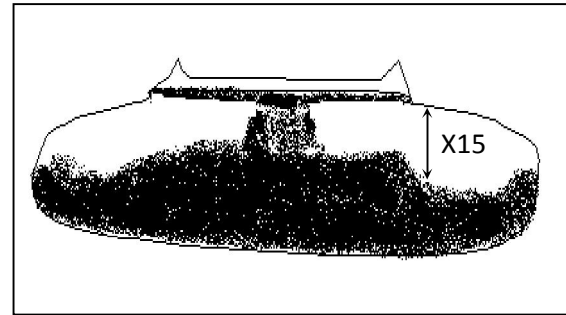


Figure 14: Langue d'une abeille ouvrière (Ruttner *et al.*, 1978 ; Ruttner, 1988)

[x16] : longueur de la langue

2.4.2 Méthode de mensuration

Les abeilles ainsi choisies au hasard sont disséquées une par une à l'aide de matériel de dissection. Les ailes droites antérieures et postérieures, l'antenne, la patte postérieure droite, ainsi que les tergites abdominaux (2^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème}) sont prélevés et montés entre lame et lamelle dans quelques gouttes d'un milieu de montage (gel de glycérine) (Hassanein et El Banby, 1956; El Banby et Aboukorah, 1976).

Tous les caractères biométriques ont fait l'objet de mesures précises réalisées sous une loupe binoculaire (Zeiss) et un microscope (Olympus) équipés d'un micromètre oculaire étalonné avec tous les jeux d'objectifs de ces derniers. Approximativement 10773 mesures morphométriques ont été prises sur un échantillon de 567 Abeilles pour cette étude (Tab. 2).

2.5 Analyses statistiques :

2.5.1 Analyses statistiques univariées

Toute étude statistique peut être décomposée en deux étapes au moins : la collecte des données, d'une part, et leur analyse ou leur interprétation, d'autre part. Concernant la collecte des données, cette étape a été traitée au paragraphe (2.3) précédent.

- Description des données :

Pour mieux décrire les différentes caractéristiques morphométriques des abeilles récoltées, nous avons calculés certains paramétriques statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{X}), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (X_{\min}) et maximales (X_{\max}) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données et enfin l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées. Les calculs ont été réalisés sur 11 sites à l'aide du logiciel MINITAB d'analyse et de traitement statistique des données (X, 2005).

- Comparaison des moyennes entre sites : test de l'analyse de la variance : ANOVA

Pour comparer, entre les onze sites, de chacune des 19 caractéristiques (variables), nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification modèle fixe. Ce test consiste à comparer les moyennes de plusieurs populations à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnélie, 1986 et 1999).

La réalisation du test se fait, soit en comparant la valeur de F_{obs} avec la valeur théorique $F_{1-\alpha}$ correspondante, extraite à partir de la table de F de Fisher pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$ ou $0,01$ ou $0,001$ et k_1 et k_2 degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs $\alpha = 5\%$ ou 1% ou $0,1\%$.

Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha = 0,05$, $0,01$ ou $0,001$, on dit conventionnellement que l'écart observé entre les moyennes est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'un ou deux ou trois astérisque (Dagnélie, 1986, 1999).

Les calculs sont réalisés à l'aide de logiciel Minitab (X, 2005) pour chacune des 19 variables de 02 stations.

2.5.2 Analyses statistiques bivariées

- **Corrélation entre caractéristique morphométriques :**

La méthode statistique bivariée utilisée consiste essentiellement à calculer le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson entre les variables prises deux à deux. Il mesure l'intensité du lien qui existe entre deux caractéristiques ou variables quantitatives quelconques, pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire (Dagnélie, 1999).

Il est compris entre +1 et -1. Il est positif quand les deux variables augmentent en même temps ou diminuent en même temps, et il est négatif quand l'une augmente et l'autre diminue et vice-versa.

Le logiciel Minitab fournit chaque fois la valeur du coefficient de corrélation et la valeur de la probabilité p correspondante afin de tester la signification de la corrélation en question.

2.5.3 Analyses statistiques multivariées

- **Comparaison des vecteurs de moyennes entre sites : MANOVA**

La comparaison des 11 sites, entre eux, pour l'ensemble des 19 variables étudiées, a été réalisée à l'aide de l'analyse de la variance multivariée en utilisant trois tests statistiques qui sont : Wilk's Lambda, Lawly-Hotteling et Pillai's Trace. Cependant aucun de ces tests n'est considéré comme étant le plus puissant et aucun ne peut être recommandé de manière préférentielle (Dagnélie, 1986). Selon Huberty (1994) le test de Wilk's est le plus populaire. Cette méthode d'analyse est une extension de l'analyse univariée, quand on a plusieurs variables qui ont été observées simultanément sur les mêmes individus (sites).

- **Analyses en composantes principales (ACP):**

Analyses en composantes principales (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive (Dagnélie, 1986 ; Palm, 1998)

Elle est utilisée pour interpréter une matrice de données sans structure particulière ne comportant, à priori, aucune distinction, ni entre les variables, ni entre les individus. Elle a pour but de remplacer les p variables initiales fortement corrélées entre elles en p variables appelées composantes principales ou axes principaux synthétiques non corrélés entre elles, et de variance progressivement décroissante.

Les premières composantes pouvant éventuellement faire l'objet d'une interprétation particulière et les dernières pouvant généralement être négligées (Dagnélie, 1986).

Cette méthode a été appliquée à la matrice de données globales de dimensions (n x p), avec n=11 sites et p= 19 variables afin d'étudier la structure des colonies d'Abeilles.

- **Analyse hiérarchique :**

Elle a pour but de fournir des classes. Pour qu'elle soit bonne elle doit satisfaire à deux conditions :

- La cohésion, c'est à dire une homogénéité à l'intérieur des classes.
- L'isolement soit, une hétérogénéité entre les classes.

Ainsi les individus d'une même classe doivent se ressembler, par contre ceux de deux classes différentes doivent être les plus différents possibles. Donc on aura un certain nombre de classes qui sont-elles même à nouveau divisées en un nombre fini de classes. Cette hiérarchie est représentée graphiquement par un arbre ou dendrogramme. Chaque individu représente une feuille de l'arbre dont le tronc est l'ensemble de tous les individus. Le principal problème des méthodes de classification hiérarchique consiste à définir le critère de regroupement de deux classes afin de les fusionner, on les fusionne jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'une seule classe (Bouroche & Saporata, 1980).

C'est une méthode hiérarchique agglomérative qui utilise la procédure du lien simple et la distance carré de Pearson (X, 2003) pour classifier les 11 sites en classes aussi homogènes que possibles. Elle a été appliquée sur la matrice de données de dimension 11x19, avec n=11 vecteurs lignes (sites) et p=19 vecteurs moyennes colonnes représentant les 19 variables biométriques mesurées dans les 11 sites.

2.6 Etude comparative entre les abeilles du Sud et du Nord-est algérien

Cette étude concerne une comparaison des populations d'abeilles domestiques le long d'un transect partant du Nord-est et allant jusqu'au sud étudiées préalablement par Achou (2007) (figure 15) avec nos deux stations étudiées.

2.6.1 Stations du Nord-est algérien concernées par l'étude comparative

Concernant le Nord-est algérien, dix stations ont fait l'objet de la comparaison avec les deux stations du Sud (Figure 15).

Nous avons choisi un site de chaque station du Nord-est. Les stations ainsi que les sites choisis avec les coordonnées relatives à la latitude et les effectifs sont représentés dans le Tableau 3.



ech. 1/5000000

Figure 15 : Origine géographique des échantillons du Nord-est algérien (Amoura, 2004)

Tableau 3 : Coordonnées géographiques, nombre d'Abeilles ouvrières pour chaque site (zone Nord-est)

Sites : ruchers	Coordonnées géographiques	Effectif
1- Annaba		
Oued el Aneb	36°54'N 7° E	60
2- El Tarf		
Aïn el Assel	36° 47'N 8°22'E	60
3- SoukAhras		
SoukAhras	36° 16'N 7°57'E	60
4- Guelma		
Sellaoua	36° 23'N 7°15'E	60
5- Skikda		
Skikda Djendel	36°52'N 6°54'E	60
6- Jijel		
Beni Metrane	36°49'N 5°45'E	60
7- Constantine		
Khroub	36°15'N 6°41'E	60
8- Sétif		
Sétif	36°11'N 5°24'E	80
9- Bordj BouArredj		
Bordj BouArredj	36°03'N 4°37'E	80
10- Tebessa		
Chréa	35°16'N 7°44'E	60
Total : 10 sites		640

2.6.2 Critères morphologiques choisis

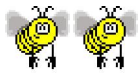
Nous avons choisi 15 variables biométriques communes entre les deux études celle du Sud et du Nord-est algérien qui sont cités dans le tableau 4.

Tableau 4: Liste des caractères morphologiques communs, appareils et Grossissement utilisés.

Variables	Caractères morphologiques	Appareils, grossissement utilisés
x1	Longueur de l'aile antérieure	Binoculaire Zeiss (x16)
x2	Largeur de l'aile antérieure	Binoculaire Zeiss (× 25)
x3	Longueur de la veine A	Binoculaire Zeiss (× 32)
x4	Longueur de la veine B	Binoculaire Zeiss (× 32)
x5	Longueur de l'aile postérieure	Binoculaire Zeiss (× 20)
X6	Largeur de l'aile postérieure	Binoculaire Zeiss (×32)
x7	Longueur du fémur	Binoculaire Zeiss (×32)
x8	Longueur du tibia	Binoculaire Zeiss (× 32)
x9	Longueur de métatarse	Binoculaire Zeiss (× 32)
x10	Largeur de métatarse	Binoculaire Zeiss (× 32)
x11	Longueur totale de la patte	-
x12	Longueur du flagelle antennaire	Binoculaire Zeiss (× 32)
x13	Tomentum	Microscope Olympus (× 04)
x14	Pilosité	Microscope Olympus (× 10)
x15	Coloration	Binoculaire Zeiss (× 32)

2.6.3 Analyses statistiques

Concernant l'analyse statistique pour l'étude comparative nous avons fait les mêmes analyses statistiques citées dans la partie «analyses statistiques, pages 35-37».



Chapitre III : Résultats

3.1 Résultats des sites du Sud algérien

3.1.1 Méthodes statistiques univariées

A- Description des données :

Nous avons calculé, par site d'échantillonnage et pour l'ensemble des 11 sites, la moyenne arithmétique (\bar{X}) qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (\min) et maximales (\max) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et enfin l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées (Dagnelie, 1999).

Les résultats relatifs à cette analyse sont mentionnés en annexe dans les tableaux (tab. 5 à 11).

L'examen de ces tableaux révèle que les moyennes de **la longueur de l'aile antérieure (variable x_1)** varient entre 7,127mm et 7,361mm avec une amplitude de 0,234mm. La longueur moyenne pour l'ensemble des 11 sites (ruchers) étudiés est de 7,241mm et les écarts types varient de 0,091 (site 11) à 0,214 (site 9). La valeur maximale et la valeur minimale des longueurs des ailes antérieures sont respectivement de 7,976mm et 7,80mm donnant une amplitude de 0,176mm.

En ce qui concerne **la largeur de l'aile antérieure (x_2)**, les moyennes se situent entre 2,299mm et 2,496mm donnant une amplitude de 0,197mm et la moyenne pour l'ensemble des sites est de 2,398mm. Les écarts types sont entre 0,040 et 0,238, avec une amplitude de 0,198. La valeur maximale et la minimale sont de 2,94mm et 2,11mm.

Les longueurs moyennes de nervures A (x_3) se situent entre 0,376 et 0,44mm donnant une amplitude de 0,067mm. La longueur minimale de la nervure A est de 0,28mm et la valeur maximale est de 0,584mm. Les écarts types se situent entre 0,022 et 0,044 avec une amplitude 0,0219. En revanche, **les longueurs moyennes de nervure B (x_4)** se situent entre 0,158mm et 0,197mm avec une amplitude de 0,039mm. Par contre, les écarts types de ce paramètre sont entre 0,013 et 0,032. Les valeurs maximale et minimale sont comme suit : 0,372mm et 0,10mm donnant une étendue de 0,272mm.

Quand aux **longueurs et les largeurs moyennes de l'aile postérieure (x_6 et x_7)** présentant respectivement des moyennes situées entre 4,737mm et 5,043mm et entre 1,37mm et 1,450mm, avec une amplitude de 0,306mm pour la longueur et 0,075mm pour la largeur. Pour la longueur maximale est de 5,28mm et la longueur minimale de l'aile postérieure est de 4,32mm avec une amplitude de 0,96mm. Celle de la largeur maximale est de 1,68mm et la largeur minimale est de 1,22mm donnant une étendue

entre les deux valeurs extrêmes pour l'ensemble des 567 largeurs de l'aile postérieure est de 0,46mm. Les écarts types variant de 0,097 et 0,153 pour la longueur de l'aile postérieure et entre 0,031 et 0,051 pour la largeur de l'aile postérieure, donnant respectivement des amplitudes de : 0,14 et 0,02.

Pour les 11 sites échantillonnés, la valeur maximale de **la longueur du fémur (x7)** est de 2,38mm et la valeur minimale est de 1,96mm avec une étendue de 0,42mm. Les longueurs moyennes de cette variable variant entre 2,096mm et 2,213mm. Concernant les écarts types ces derniers se situent entre 0,0367 (site 10) et 0,0982 (site 3).

En ce qui concerne, la variable **(x8)** représentant **la longueur du tibia**, les valeurs moyennes sont comprises entre 2,48mm et 2,64mm. Par contre les deux valeurs extrêmes, minimale et maximale sont 2,24mm et 2,76mm avec une étendue de 0,48mm. Quand aux écarts types extrêmes sont 0,0956 et 0,0443.

Pour les 567 abeilles disséquées, les valeurs maximales et minimales de **la longueur et la largeur du métatarse (x9 et x10)** sont respectivement : entre 2,00mm et 1,36mm et entre 1,04mm et 0,80mm avec une amplitude de 0,64mm pour la longueur et 0,24mm pour la largeur du métatarse. Quand aux écarts types sont entre 0,034 et 0,0829 pour la longueur et entre 0,021 et 0,067 pour la largeur de métatarse. En revanche, les moyennes de la variable (x9) et de la variable (x10) sont respectivement de: 1,593 à 1,682 et 0,901 à 0,966 donnant une étendue de 0,0893mm pour (x9) et 0,065mm pour (x10).

Au niveau des 11 ruchers, les moyennes de **la longueur totale de la patte postérieure (x11)** sont comprises entre 6,165mm et 6,485mm avec une étendue de 0,319mm. Le maximum des longueurs des pattes postérieures est de 6,78mm et avec un minimum de 5,50mm, donc, l'amplitude entre ces deux valeurs est de 1,28mm. Quand aux valeurs extrêmes des écarts types sont de 0,083 dans le site10 et de 0,191mm dans le site1.

Par ailleurs, pour **la longueur du flagelle antennaire (x12)**, les moyennes de cette variable variant entre 2,254mm et 2,388mm. La valeur maximale est égale à 2,52mm et la minimale est égale à 2,00mm soit une étendue de 0,52mm. Les écarts types se situent entre 0,057 et 0,104 donnant une amplitude de 0,047.

Quand au **tolementum (x13)**, largeur de la bande pileuse, les moyennes sont comprises entre 1,738mm et 1,811mm et l'écart entre ces deux valeurs extrêmes est de 0,103mm. La valeur maximale et la valeur minimale sont respectivement de 2,014mm et de 1,142mm. Enfin, les écarts types de cette variable varient entre 0,0467 et 0,105 avec une étendue de 0,059.

La pilosité (x14), ces moyennes se situent entre 0,373mm et 0,491mm, quand aux écarts types se situent entre 0,071 (site5) et 0,043 (site 1) donnant respectivement une amplitude de 0,118mm et 0,028. Pour l'ensemble des 567 abeilles, la valeur maximale de la pilosité est de 0,610mm et la valeur minimale est de 0,213mm avec une étendue de 0,397mm.

Concernant la **coloration (x15)** présente des moyennes comprises entre 0,163mm et 0,849mm. Les valeurs maximale et minimale de la largeur de la bande jaune sur le 2^{ème} tergite sont respectivement 1,16mm et 0,12mm soit une amplitude de 1,04mm. Les écarts types de ce paramètre varient entre 0,032 et 0,326 avec une étendue de 0,294.

Pour les 567 abeilles, les moyennes de **longueur de la langue (x16)**, varient entre 3,775mm et 4,283mm soit l'écart entre ces deux valeurs extrêmes de 0,508mm. Pour l'ensemble de 567 langues mesurées la longueur maximale est de 5,40mm et la longueur minimale est de 2,87mm donc nous avons une amplitude de 2,53mm. Quand aux écarts types, les deux valeurs extrêmes sont entre 0,233 et 0,433.

Finalement, les moyennes représentant les indice calculés : **indices cubital (x17)**, **longueur/largeur de l'aile antérieure (x18)** et **longueur/largeur du métatarse (x19)** se situent respectivement entre : 2,099 et 2,813 avec une étendue de 0,714 ; 2,811 et 3,057 donnant une étendue de 0,246; 1,686 et 1,823 avec une amplitude de 0,137. Pour les valeurs maximales et minimales de ces indices sont 1,021 à 4,33 pour l'indice cubital, 2,029 à 3,374 pour l'indice de l'aile antérieure et 1,21 à 3,727 pour l'indice du métatarse. Les amplitudes des différents indices concernant la valeur minimale et maximale sont respectivement : 3,309, 1,345 et 2,517. Les valeurs extrêmes des écarts types de chacun de ces indices sont : 0,321 à 0,518 pour l'indice cubital, 0,046 à 0,366 pour l'indice de l'aile antérieure et 0,059 à 0,253 pour l'indice de métatarse.

B- Comparaison, entre site des caractéristiques moyennes : test d'analyse de la variance (ANOVA) :

Les résultats du test d'analyse de la variance univariée modèle fixe appliqué à chacune des 19 variables mesurées, pour l'ensemble des 11 sites échantillonnés figurent dans le tableau 12. L'examen de ce tableau montre qu'il existe entre les 11 ruchers des différences très hautement significatives pour les moyennes de toutes les variables biométriques.

Tableau 12: Comparaison intersites de moyennes relatives aux 19 variables biométriques des 11 ruchers d'échantillonnage (ANOVA)

Caractères morphologiques	ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Longueur aile antérieure	10	3,957	0,396	3,86	0,000 ***
Largeur aile antérieure	10	1,181455	0,18146	22,93	0,000 ***
Longueur nervure A	10	0,23084	0,02308	21,75	0,000 ***
Longueur nervure B	10	0,072273	0,007227	13,57	0,000 ***
Longueur aile postérieure	10	4,8580	0,48580	11,32	0,000 ***
Largeur aile postérieure	10	0,3218	0,03218	16,81	0,000 ***
Longueur fémur	10	0,95546	0,09555	26,28	0,000 ***
Longueur tibia	10	1,146360	0,11464	25,33	0,000 ***
Longueur métatarse	10	0,38546	0,03855	15,57	0,000 ***
Largeur métatarse	10	0,20520	0,02052	13,36	0,000 ***
Longueur totale de la patte	10	4,9415	0,4942	23,26	0,000 ***
Longueur du flagelle antennaire	10	0,77693	0,07769	14,21	0,000 ***
Tomentum	10	0,58475	0,05848	14,33	0,000 ***
Pilosité	10	0,64947	0,06495	21,66	0,000 ***
Coloration	10	21,9454	2,1945	82,54	0,000 ***
Longueur de la langue	10	12,831	1,283	7,92	0,000 ***
Indice cubital	10	27,676	2,768	16,69	0,000 ***
Aile antérieure longueur/largeur	10	2,4539	0,2454	8,98	0,000 ***
Métatarse longueur/largeur	10	1,0430	0,1043	8,02	0,000 ***

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différence très hautement significative

ddl : degrés de libertés

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

F_{obs} : valeur F de Fisher.

3.1.2 Corrélations simples :

Nous avons calculé les coefficients de corrélation linéaire entre les 19 variables prises deux à deux ainsi que les valeurs des probabilités p correspondantes pour l'ensemble des 11 ruchers (sites). La liste des corrélations significatives, hautement significatives et très hautement significatives ainsi que la matrice de corrélation globale sont données par les tableaux 13 et 14. Par ailleurs, les matrices de corrélation des différents sites sont données en annexes (tableaux 15 à 23).

L'examen de la matrice de corrélation de tableau 13 montre qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. Parmi ces corrélations, on observe des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives. Le tableau 13 synthétise l'essentiel des corrélations obtenues entre les 19 variables.

L'analyse de la matrice globale permet de constater que l'indice cubital (X17) est bien corrélé positivement ($r = 0,637$) avec la longueur de la nervure A (X3), et négativement avec la longueur de la nervure B (X4) ($r = -0,814$). Ceci est logique dans la mesure où l'indice cubital est le rapport des deux variables $X3/X4$. La même chose pour les deux autres indices où nous remarquons aussi une corrélation négative ($r = -0,616$) entre la largeur de l'aile antérieure (X2) et son indice (long. / larg.) (X18) et une corrélation négative ($r = -0,441$) entre la largeur de métatarse (X9) et son indice (long. / larg.) (X19).

Il existe aussi une corrélation positive ($r = 0,341$) entre la longueur (X1) et la largeur (X2) de l'aile antérieure qui augmentent ou diminuent en même temps.

On constate dans cette matrice également, des corrélations positives d'une part, entre la longueur de l'aile antérieure (X1) et la longueur de l'aile postérieure (X5) et la largeur de l'aile postérieure (X6) ($r = 0,684$ et $r = 0,477$), et d'autre part, entre la largeur de l'aile antérieure (X2) et la longueur de l'aile postérieure (X5) et la largeur de l'aile postérieure (X6) ($r = 0,335$ et $r = 0,386$); ceci montre que la taille des ailes antérieures et postérieures augmentent ou diminuent en même temps.

En plus, il existe une corrélation positive ($r = 0,318$) entre la longueur et la largeur du métatarse qui montre que ces deux derniers augmentent ou diminuent en même temps. Enfin, les deux variables, la longueur du fémur et du tibia présentent une corrélation positive ($r = 0,532$).

Après l'examen des tableaux des matrices de corrélation des 11 sites donnés en annexes, on remarque que les couples des variables suivantes : l'indice cubital et la longueur de la veine A (X17-X3), l'indice cubital et la longueur de la veine B (X17-X4), la longueur du fémur et la longueur du tibia (X7-X8), la longueur du tibia et la longueur du métatarse (X8-X9), la longueur et la largeur de l'aile antérieure (X1-X2), la longueur de l'aile antérieure et la longueur de l'aile postérieure (X1-X5), la largeur de l'aile antérieure et la largeur de l'aile postérieure (X2-X6) sont les plus constamment corrélées.

Tableau 13 : liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives (zone Sud)

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
X1 et X16 X2 et X17 X3 et X13 X9 et X14 X15 et X19	X1 et X14 X2 et X14 X3 et X14 X4 et X12 X6 et X16 X11 et X14 X11 et X19 X13 et X14 X17 et X19	X1 et X2, X1 et X3 X1 et X4, X1 et X5 X1 et X6, X1 et X7 X1 et X8, X1 et X9 X1 et X11, X1 et X13 X1 et X15, X1 et X18 X2 et X3, X2 et X5 X2 et X6, X2 et X7 X2 et X8, X2 et X9 X2 et X12, X2 et X13 X3 et X5, X3 et X6 X3 et X7, X3 et X8 X3 et X9, X3 et X10 X3 et X11, X3 et X12 X3 et X17, X4 et X5 X4 et X10, X4 et X18 X5 et X6, X5 et X7 X5 et X8, X5 et X9 X5 et X10, X5 et X11 X5 et X12, X5 et X13 X5 et X14, X5 et X18 X6 et X7, X6 et X8 X6 et X9, X6 et X10 X6 et X11, X6 et X12 X6 et X13, X6 et X14 X7 et X8, X7 et X9 X7 et X10, X7 et X11 X7 et X12, X7 et X13 X8 et X9, X8 et X10 X8 et X11, X8 et X12 X8 et X13, X8 et X14 X8 et X16, X9 et X10 X9 et X11, X9 et X12 X9 et X13, X9 et X16 X9 et X19, X10 et X11 X10 et X12, X10 et X13 X11 et X12, X11 et X13 X11 et X16, X12 et X13 X12 et X14, X15 et X17	X5 et X17 X10 et X15	X1 et X17 X2 et X15 X3 et X19 X7 et X15 X8 et X15 X9 et X15 X13 et X17 X13 et X19 X17 et X18	X1 et X15 X2 et X18 X3 et X4 X4 et X15 X4 et X17 X5 et X15 X10 et X15 X10 et X19 X12 et X15 X13 et X15

Tableau 14: Matrice des corrélations linéaires des 19 caractéristiques morphométriques prises deux à deux

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]	[X7]
[X2]	0,341*** (0,000)						
[X3]	0,240*** (0,000)	0,184*** (0,000)					
[X4]	0,293*** (0,000)	-0,004 (0,932)	-0,223*** (0,000)				
[X5]	0,684*** (0,000)	0,335*** (0,000)	0,207*** (0,000)	0,210*** (0,000)			
[X6]	0,477*** (0,000)	0,386*** (0,000)	0,210*** (0,000)	0,193*** (0,000)	0,358*** (0,000)		
[X7]	0,336*** (0,000)	0,274*** (0,000)	0,156*** (0,000)	0,080 (0,055)	0,377*** (0,000)	0,278*** (0,000)	
[X8]	0,474*** (0,000)	0,318*** (0,000)	0,169*** (0,000)	0,036 (0,392)	0,493*** (0,000)	0,327*** (0,000)	0,532*** (0,000)
[X9]	0,469*** (0,000)	0,346*** (0,000)	0,221*** (0,000)	0,053 (0,205)	0,400*** (0,000)	0,340*** (0,000)	0,374*** (0,000)
[X10]	0,461*** (0,000)	0,281*** (0,000)	0,150*** (0,000)	0,135*** (0,001)	0,424*** (0,000)	0,400*** (0,000)	0,335*** (0,000)
[X11]	0,533*** (0,000)	0,346*** (0,000)	0,184*** (0,000)	0,061 (0,150)	0,543*** (0,000)	0,346*** (0,000)	0,573*** (0,000)
[X12]	0,390*** (0,000)	0,218*** (0,000)	0,133*** (0,001)	0,114** (0,006)	0,386*** (0,000)	0,304*** (0,000)	0,314 (0,000)
[X13]	0,289*** (0,000)	0,137*** 0,001	0,010 (0,807)	0,097* (0,021)	0,348*** (0,000)	0,148*** (0,000)	0,184*** (0,000)
[X14]	0,133** (0,002)	0,094** (0,025)	0,119** (0,004)	-0,023 (0,590)	0,171*** (0,000)	0,062 (0,139)	0,052 (0,216)
[X15]	-0,260*** (0,000)	-0,100** (0,017)	-0,029 (0,484)	-0,220*** (0,000)	-0,345*** (0,000)	-0,031 (0,457)	-0,157*** (0,000)
[X16]	0,097* (0,021)	0,036 (0,391)	0,061 (0,147)	-0,011 (0,797)	0,072 (0,086)	0,112** (0,008)	0,035 (0,404)
[X17]	-0,113** (0,007)	0,088* (0,035)	0,637*** (0,000)	-0,814*** (0,000)	-0,086* (0,041)	-0,041 (0,333)	-0,021 (0,620)
[X18]	0,240*** (0,000)	-0,616*** (0,000)	-0,005 (0,906)	0,149*** (0,000)	0,162*** (0,000)	-0,018 (0,674)	-0,019 (0,647)
[X19]	-0,037 (0,375)	0,022 (0,599)	0,035 (0,409)	-0,108** (0,010)	-0,052 (0,219)	-0,046 (0,271)	-0,005 (0,908)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]	[X13]	[X14]
[X9]	0,556*** (0,000)						
[X10]	0,407*** (0,000)	0,318*** (0,000)					
[X11]	0,837*** (0,000)	0,732*** (0,000)	0,418*** (0,000)				
[X12]	0,361*** (0,000)	0,252*** (0,000)	0,326*** (0,000)	0,377*** (0,000)			
[X13]	0,268*** (0,000)	0,200*** (0,000)	0,277*** (0,000)	0,295*** (0,000)	0,200*** (0,000)		
[X14]	0,139*** (0,001)	0,084* (0,046)	0,068 (0,105)	0,126** (0,003)	0,184*** (0,000)	0,126** (0,003)	
[X15]	-0,213*** (0,000)	-0,129** (0,002)	-0,232*** (0,000)	-0,213*** (0,000)	-0,144*** (0,001)	-0,236*** (0,000)	0,026 (0,544)
[X16]	0,145*** (0,001)	0,182*** (0,000)	0,100* (0,017)	0,162*** (0,000)	0,066 (0,115)	-0,045 (0,281)	0,030 (0,471)
[X17]	0,023 (0,593)	0,064 (0,127)	-0,055 (0,194)	0,021 (0,618)	-0,044 (0,294)	-0,093* (0,026)	0,088* (0,036)
[X18]	-0,004 (0,919)	-0,045 (0,282)	-0,001 (0,975)	0,014 (0,747)	0,057 (0,176)	0,028 (0,507)	0,075 (0,075)
[X19]	0,049 (0,246)	0,305*** (0,000)	-0,441*** (0,000)	0,129** (0,002)	-0,007 (0,860)	-0,096 (0,023)	0,045 (0,283)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X16]	-0,043 (0,305)			
[X17]	0,171*** (0,000)	0,066 (0,117)		
[X18]	-0,028 (0,502)	0,010 (0,815)	-0,120** (0,004)	
[X19]	0,105* (0,012)	0,039 (0,358)	0,131** (0,002)	-0,031 (0,458)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

$p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

$p \leq \alpha = 0,05$: (*) différence juste significative

$p \leq \alpha = 0,01$: (**) différence hautement significative

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différence très hautement significative

3.1.3 Analyses statistiques multivariées

A- Analyse de la variance multivariée : MANOVA

L'analyse de la variance multivariée est une extension naturelle de l'analyse de la variance univariée au cas où plusieurs variables quantitatives ont été observées simultanément sur les mêmes objets. Par rapport à une série d'analyses univariées indépendantes, l'analyse multivariée prend en compte les corrélations qui existent très souvent entre les variables étudiées (Palm, 2000).

Les résultats de l'analyse de la variance multivariée sont indiqués dans le tableau 26. On distingue les valeurs de F_{obs} avec les probabilités associées, et ce pour chacun des tests pour l'égalité des vecteurs des moyennes des caractéristiques des 11 sites échantillonnés.

Tableau 26: comparaison entre sites, des vecteurs de moyennes des 19 différentes variables morphométriques à l'aide de la MANOVA

Tests	Valeurs observées du test	F_{obs}	P
Wilk's	0,02034	13,901	0,000 ***
Lawley-Hotelling	5,7733	16,293	0,000 ***
Pillai's	2,88079	11,65	0,000 ***

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différence très hautement significative

Pour cette comparaison inter-sites, les trois tests (Wilk's Lambda, Hotelling-Lawley et Pilla's Trace) de la MANOVA conduisent au rejet d'égalité des vecteurs de moyennes pour l'ensemble des 11 ruchers avec des différences très hautement significatives. Les tests de la MANOVA confirment totalement les résultats du test des analyses de la variance univariée (ANOVA) entre les 11 ruchers.

B- Structure des populations d'abeilles du Sud Algérien :

Nous avons utilisé l'analyse en composantes principales (ACP) pour représenter les abeilles dans les 11 sites étudiés à l'aide du logiciel Minitab. C'est une technique descriptive permettant d'étudier les relations qui existent entre variables quantitatives, sans tenir compte, à priori, d'une quelconque structure, ni des variables ni des individus (Palm, 1998).

Le tableau 27 donne les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des 05 axes retenus, ainsi que les pourcentages cumulés. On voit bien que le premier axe explique à lui seul 45,2% de la variation totale des variables initiales, les deux premiers axes expliquent ensemble 66,1%, les trois premiers axes expliquent ensemble 74,6%, les quatre premiers axes expliquent ensemble 81,7% et enfin les cinq premiers axes expliquent ensemble 88,2%. Donc, ces cinq axes ou indices synthétiques résument au mieux l'information apportée par les 19 variables biométriques initiales.

Tableau 27 : valeurs propres et pourcentages de variation totale expliquée par Les cinq composantes principales et pourcentages cumulés

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
Valeur propre	8,5849	3,9611	1,6144	1,3513	1,2435
Pourcentage %	45,2	20,9	8,5	7,1	6,5
Pourcentage cumulé %	45,2	66,1	74,6	81,7	88,2

Le logiciel MINITAB fournit, également, en figure 16, le graphique des valeurs propres en fonction du rang de toutes les composantes principales. Ce graphe présente bien l'allure d'un éboulis au pied d'un escarpement, montrant l'existence d'un coude, c'est-à-dire une réduction brutale de la pente du graphique permettant ainsi de négliger toutes les composantes correspondant aux valeurs propres situées après ce coude.

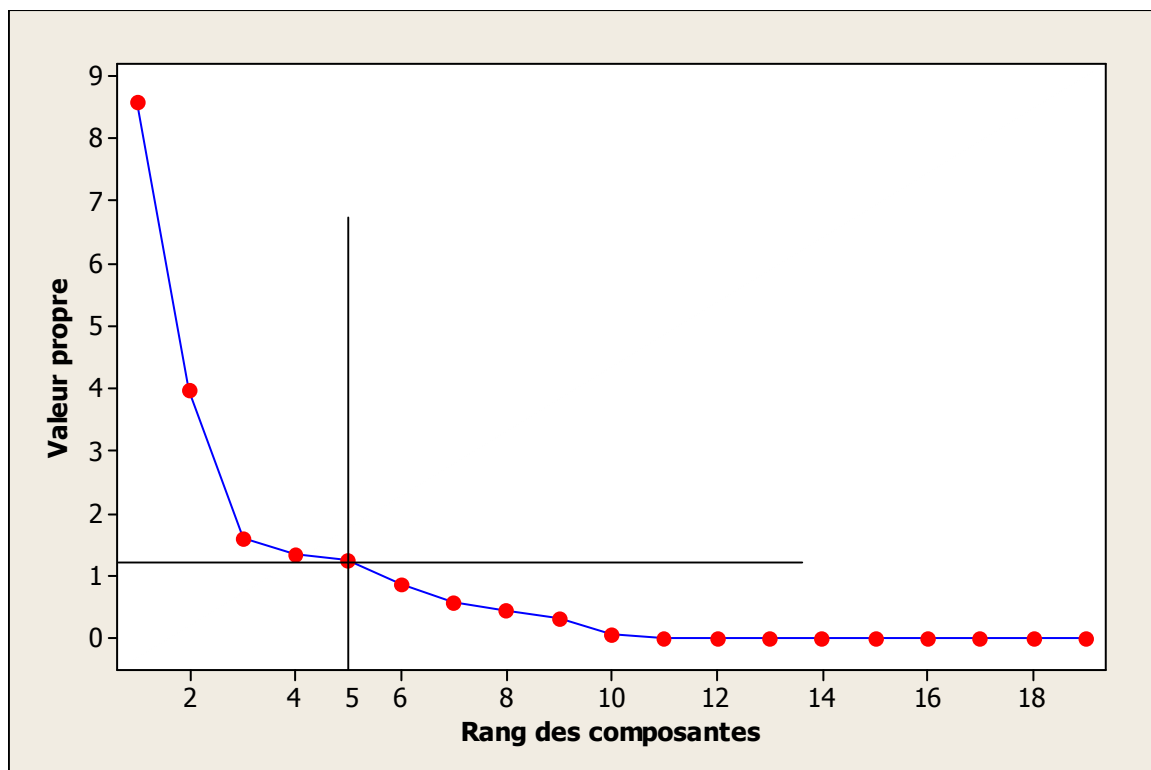


Figure 16 : Le graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales (axes principaux)

Cependant, l'interprétation de ces composantes nécessite le calcul des corrélations entre chacune des composantes principales retenues avec chacune des 19 variables initiales. Ces corrélations sont utiles pour préciser la part de la variance, d'une variable initiale donnée, prise en compte par une composante principale particulière, et seront utilisées pour les représentations graphiques des variables initiales dans les cercles de corrélations.

En effet, la détermination de la part d'information contenue dans une composante quelconque et relative à une variable initiale quelconque, est donnée par le carré du coefficient de corrélation calculé entre les deux variables en question.

Si, d'autre part, on prend en considération les deux premières composantes, l'information prise en compte, pour une variable initiale donnée, est égale à la somme de l'information prise en compte par chacune des deux composantes. En ce qui nous concerne, les corrélations entre les variables initiales et les 5 premières composantes retenues, ainsi que les corrélations carrées correspondantes sont reprises par le tableau 28.

Tableau 28: valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les 5 premières composantes principales et information prise en compte par le premier plan factoriel représenté par les axes 1 et 2

variables	Axe 1		Axe 2		Axe 3		Axe 4		Axe 5		Plan factoriel 1-2
	Corr.	Corr. carré (%)	Corr.	Corr. carré (%)	Corr.	Corr. carré (%)	Corr.	Corr. carré (%)	Corr.	Corr. carré (%)	Corr. carré (%)
X1	0,331	93,8	-0,004	0,0	-0,080	1,0	-0,072	0,7	-0,140	2,4	93,8
X2	0,171	25,2	0,294	34,2	0,263	11,1	-0,344	16,0	0,217	5,9	59,4
X3	0,165	23,3	0,354	49,8	-0,175	4,9	-0,031	0,1	0,266	8,8	73,1
X4	0,187	29,9	-0,382	58,0	-0,032	0,2	0,063	0,5	0,060	0,5	87,9
X5	0,312	83,8	-0,040	0,6	0,117	2,2	-0,018	0,0	-0,044	0,2	84,4
X6	0,200	34,3	-0,045	0,8	-0,440	31,2	-0,269	9,8	0,153	2,9	35,1
X7	0,244	50,9	0,019	0,1	-0,020	0,1	0,374	18,9	0,252	7,9	51,0
X8	0,309	81,7	0,057	1,3	-0,006	0,0	0,164	3,6	0,035	0,2	83,0
X9	0,257	56,8	0,285	32,3	-0,111	2,0	0,195	5,1	-0,119	1,8	89,6
X10	0,276	65,4	-0,145	8,3	-0,091	1,3	-0,234	7,4	0,292	10,6	73,7
X11	0,324	90,0	0,088	3,1	-0,005	0,0	0,174	4,1	-0,034	0,1	93,1
X12	0,302	78,4	-0,107	4,5	0,118	2,2	-0,214	6,2	-0,193	4,6	82,9
X13	0,256	56,2	-0,012	0,1	0,327	17,2	-0,057	0,4	0,002	0,0	56,3
X14	0,171	25,2	0,121	5,8	0,249	10,0	-0,358	17,3	-0,529	34,8	31,0
X15	-0,204	35,7	0,114	5,1	-0,300	14,6	-0,392	20,7	-0,184	4,2	40,8
X16	0,117	11,7	0,132	7,0	-0,552	49,2	0,030	0,1	-0,167	3,5	18,7
X17	-0,055	2,6	0,473	88,9	-0,098	1,5	-0,088	1,0	0,045	0,2	91,5
X18	0,124	13,2	-0,351	48,9	-0,271	11,8	0,100	1,4	-0,388	18,7	62,1
X19	-0,019	0,3	0,347	47,9	0,063	0,6	0,400	21,6	-0,370	17,0	48,2

L'examen du tableau 28, montre que l'axe 1 qui contient en moyenne à lui seul 45,2% de l'information apportée par l'ensemble des variables initiales, est constitué essentiellement par les variables X1, X5, X8, X10, X11, X12 (longueur de l'aile antérieure, longueur de l'aile postérieure, longueur du tibia, largeur du métatarse, longueur totale de la patte, longueur du flagelle antennaire) qui lui sont corrélées positivement. La proportion de la variance prise en considération par l'axe 1 pour chacune de ces 6 variables initiales est d'une façon générale supérieure à 65%.

En ce qui concerne l'axe 2, qui ne contient que 20,9% de l'information est formé par les variables X2, X3, X4, X9, X17, X18, X19 (largeur de l'aile postérieure, longueur nervure A, longueur nervure B, longueur du métatarse, indice cubital, indice de l'aile antérieure, indice du métatarse) et dont la proportion de chacune est supérieure à 32,3%.

Tandis que l'axe 3, qui contient 8,5% d'information est formé par les variables X6, X13, X16 (largeur de l'aile postérieure, tomentum, longueur de la langue) qui lui sont corrélées positivement sauf le tomentum qui est corrélé négativement.

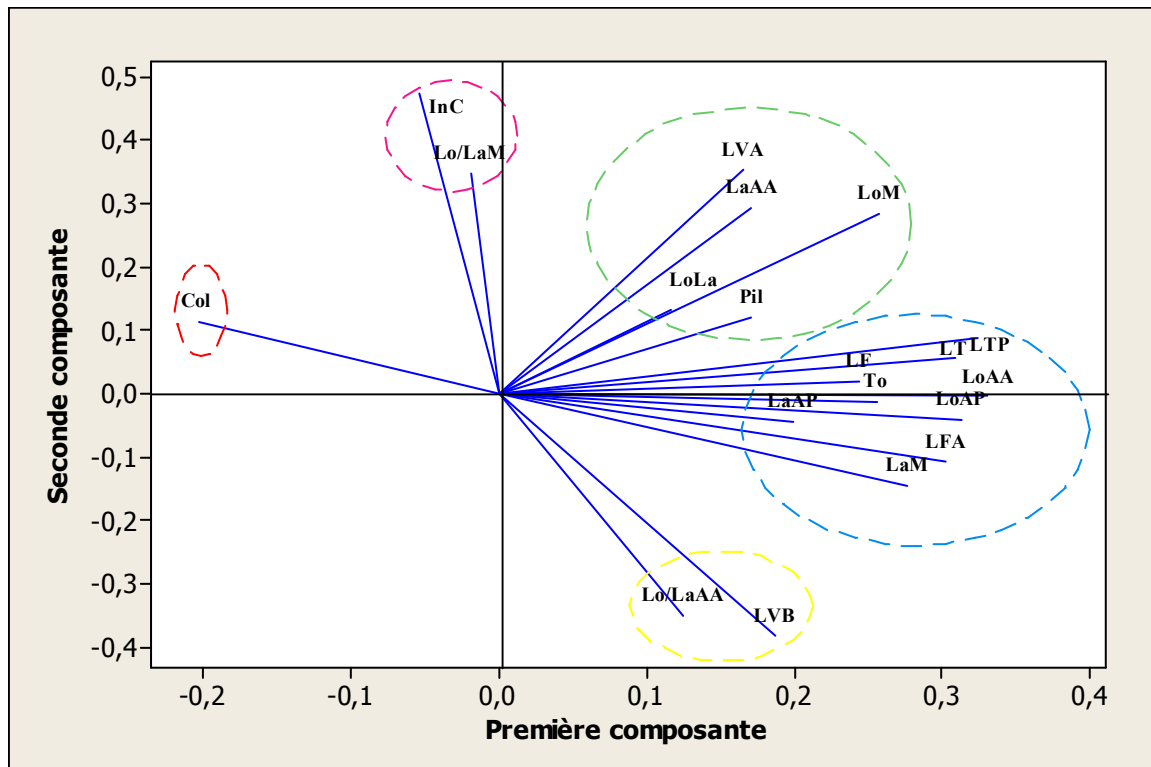
Quant au quatrième qui contient 7,1% d'information est composé par les variables X2, X7, X14, X15, X19 qui sont respectivement la largeur de l'aile antérieure, longueur du fémur, pilosité, coloration, et l'indice du métatarse et dont la proportion est supérieure à 16,0%.

Enfin, le cinquième axe qui ne contient que 6,5% de l'information est formé par les variables X14, X18 et X19 (pilosité, l'indice de l'aile antérieure et l'indice du métatarse) qui sont corrélées positivement et dont les proportions sont respectivement 34,8%, 18,7% et 17,0%.

- **Analyse du nuage de points-variables : cercles des corrélations**

Les cercles des corrélations sont des graphiques visant à représenter géométriquement les variables initiales dans le nouveau système de coordonnées.

Ainsi donc, la représentation des 19 variables initiales dans le plan formé par les axes 1 et 2 et appelé premier plan factoriel est utile, compte tenu de l'importance de ces deux axes dans la reconstitution des variables initiales (soit 66,1% de la variation totale) (figure 17).



[LoAA= X1, LaAA= X2, LVA= X3, LVB= X4, LoAP= X5, LaAP= X6, LF= X7, LT= X8, LoM= X9, LaM=10, LTP= X11, LFA= X12, To= X13, Pil= X14, Col=X15, LoLa= X16, InC= X17, Lo/LaAA= X18, Lo/LaM= X19]

Figure 17 : représentation graphique des 19 variables à l'intérieur du cercle des corrélations du plan factoriel 1-2

Selon la figure 17 les coordonnées des variables initiales sur l'axe 1 sont les corrélations de ces mêmes variables avec l'axe 1, et les coordonnées sur l'axe 2 sont les corrélations de ces variables avec l'axe 2 en question.

L'étude de cette figure représentant les corrélations des 19 variables par rapport aux axes 1 et 2 de l'ACP montre que les variables X1, X5, X6, X7, X8, X10, X11, X12 qui sont respectivement la longueur de l'aile antérieure, la longueur de l'aile postérieure, la largeur de l'aile postérieure, la longueur de fémur, la longueur de tibia, largeur de métatarse, la longueur totale de la patte sont corrélées positivement avec l'axe 1. Par contre, la variable X15 représentant la coloration est corrélée négativement avec le même axe (axe1).

Par ailleurs le groupe de variables X17 et X19 qui sont respectivement l'indice cubital et l'indice de l'aile antérieure sont corrélées positivement avec l'axe 2 et négativement avec l'axe 1. A l'inverse, les variables X4 et X18 (longueur de nervure B et l'indice du métatarse) sont corrélées négativement avec l'axe 2 et positivement avec l'axe 1.

Un groupe est composé des variables X2, X3, X9, X14 et X16 (largueur de l'aile antérieure, longueur de nervure A, longueur de métatarse, la pilosité et la longueur de la langue). Ces variables sont corrélées positivement avec les deux premiers axes. On distingue donc, 05 groupes de variables :

- 🐝 Le premier groupe est composé de X1, X5, X6, X7, X8, X10, X11, X12 (la longueur de l'aile antérieure, la longueur de l'aile postérieure, la largeur de l'aile postérieure, la longueur de fémur, la longueur de tibia, largeur de métatarse, la longueur totale de la patte) ;
- 🐝 Le second groupe est constitué de la coloration X15 ;
- 🐝 Le troisième groupe regroupe de variables X17 et X19 (l'indice cubital et l'indice de l'aile antérieure) ;
- 🐝 Quatrième groupe est formé X4 et X18 (longueur de nervure B et l'indice du métatarse) ;
- 🐝 Enfin, le cinquième groupe comprend les variables X2, X3, X9, X14 et X16 (largueur de l'aile antérieure, longueur de nervure A, longueur de métatarse, la pilosité et la longueur de la langue).

- **Analyse du nuage de point-sites : graphiques des individus**

Sachant que le premier plan factoriel 1-2 explique à lui seul un pourcentage de 66,10% de l'inertie totale, on va donc tout naturellement représenter graphiquement les individus (sites) dans ce plan. Les coordonnées de chaque point site sont les valeurs de l'axe 1 et l'axe 2 (figure 17).

Selon Palm (1998) et Morineau et Aluja-Banet (1998) la qualité de la représentation d'un point dans le plan peut être obtenue en additionnant les cosinus carrés relatifs aux deux axes.




Le tableau 27, donne pour chacun des 5 premiers axes, les valeurs (scores), les cosinus carrés correspondants en % et pour le plan factoriel 1-2 la somme des cosinus carrés des deux premiers axes.

Tableau 29 : Valeurs des 5 premiers axes, valeurs des cosinus carrés correspondants en % et valeurs des cosinus carrés du premier plan factoriel 1-2

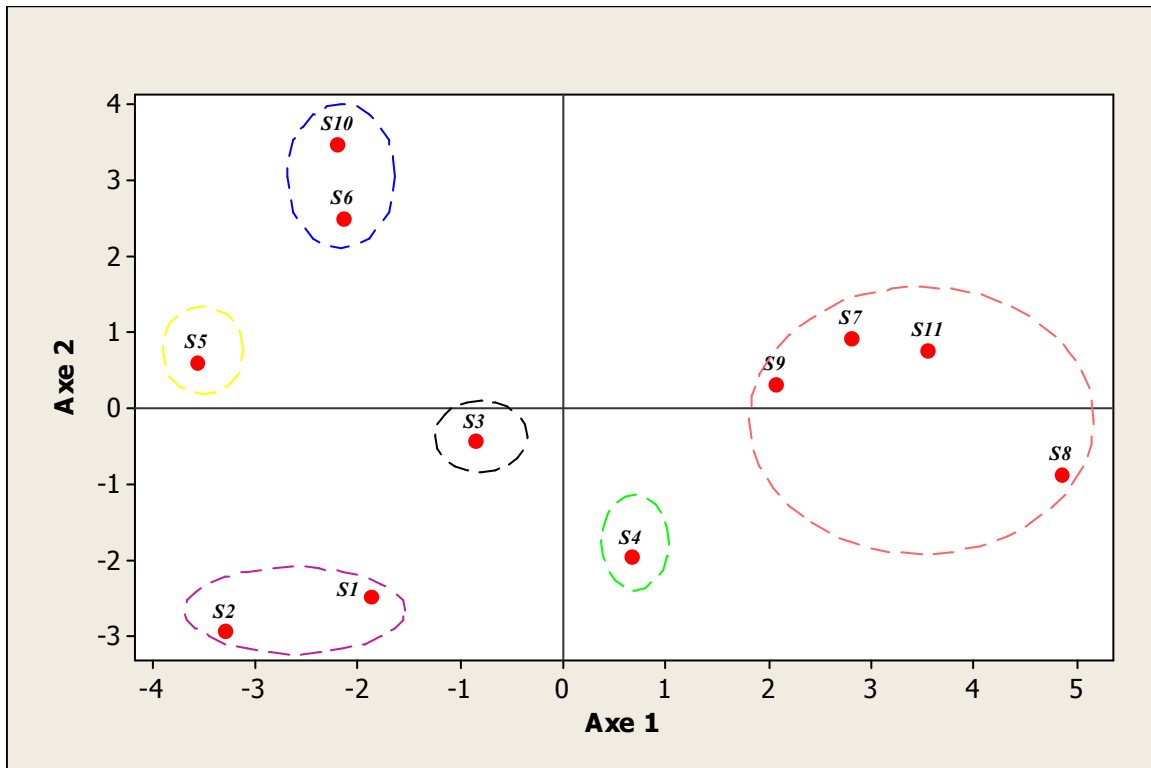
sites	Axe 1		Axe 2		Axe 3		Axe 4		Axe 5		Plan factoriel 1-2
	scores	Cos ² (%)	scores	Cos ² (%)	scores	Cos ² (%)	scores	Cos ² (%)	scores	Cos ² (%)	Cos ² (%)
Site 1	-1,962	20,2	-2,591	35,2	-2,122	23,6	1,020	5,5	1,235	8,0	55,4
Site 2	-3,454	47,7	-3,070	37,7	0,019	0,00	-0,759	2,3	0,399	0,6	85,4
Site 3	-0,894	7,7	-0,444	1,9	0,603	3,5	1,503	21,7	-1,881	34,0	9,6
Site 4	0,695	3,7	-2,041	31,7	1,162	10,3	-2,276	39,4	-0,122	0,1	35,4
Site 5	-3,748	58,6	0,642	1,7	2,013	16,9	1,437	8,6	-0,143	0,1	60,3
Site 6	-2,243	22,4	2,627	30,7	-2,371	25,0	-1,059	5,0	-1,771	14,0	53,1
Site 7	2,939	59,6	0,977	6,6	0,926	5,9	0,601	2,5	1,099	8,4	66,2
Site 8	5,083	87,9	-0,899	2,7	0,268	0,2	-0,506	0,9	0,562	1,1	90,6
Site 9	2,165	59,1	0,344	1,5	0,475	2,8	0,041	0,0	-0,644	5,2	60,6
Site 10	-2,300	21,2	3,651	53,4	0,846	2,9	-1,003	4,0	1,689	11,4	74,6
Sites 11	3,720	76,0	0,803	3,5	0,035	0,0	1,001	5,5	0,700	2,7	79,5

A partir du tableau 29, on constate que les individus (sites) sont très bien représentés dans le plan factoriel 1-2, à l'exception des sites site 3 et site 4 pour lesquels la quatrième composante est non négligeable relativement aux deux premières composantes.

Sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, on distingue 06 groupes de sites qui sont les suivants (figure 18) :

-  Le premier groupe (site 6 et site 10) représente un site de Laghouat (El Assafia rucher 2) et un site de Béchar (Benziregh) ;
-  Un second groupe comprend un seul site 5 de Laghouat (El Assafia rucher 1) ;
-  Le troisième groupe concerne aussi un seul site (4) de Laghouat (situé à 30km de Laghouat chef lieu (rucher 2)) ;

- Par contre le quatrième groupe est composé de 04 site qui se trouvent tous à la wilaya de Béchar (sites 7, 8, 9, 11) sont respectivement : Zbara (rucher 1), Mhidjiba (rucher 1), Mhidjiba (rucher 2), Zbara (rucher 2) ;
- Le cinquième groupe tout comme le second groupe est composé d'un seul site (3) dans la wilaya de Laghouat (situé à 30km de Laghouat chef lieu rucher 1) ;
- Enfin, le dernier groupe (site 1 et site 2) comprend les deux premiers sites de la wilaya de Laghouat : Nacer Benchohra, Bordj Snoussi.



[Site1=Nacer Benchohra, site2= Bordj Snoussi, site3=30 km du nord de Laghouat (rucher 1), site4=30 km du nord de Laghouat (rucher 2), site5=El Assafia (rucher 1), site6= El Assafia (rucher 2), site7=Zbara (rucher 1), site8= Mhidjiba (rucher 1), site9= Mhidjiba (rucher 2), site10= Benziregh, site11= Zbara (rucher 2)]

Figure 18 : Représentation graphique des points individus (sites) dans le plan factoriel 1-2

C- Classification hiérarchique

La classification hiérarchique a pour but de fournir une répartition des individus en groupes ou classes homogènes et bien séparés (Palm, 1996).

Le regroupement des 11 sites d'échantillonnage en fonction des 19 variables biométriques, au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carré et pour un niveau de similarité maximale de 80%, montre qu'il y a 11 groupe soit les 11 sites.

Par ailleurs, pour un niveau de similarité moins élevée égale à 62% mais, acceptable pour l'étude nous aurions un groupe composé de 04 sites (site 7, site 8, site 9, site 10) et le reste des sites sont dispersé en 07 groupes qui sont :

- Groupe 1 composé du site 10 ;
- Groupe 2 formé du site 6 ;
- Groupe 3 constitué du site ; 5
- Groupe 4 relatif au site 4 ;
- Le cinquième groupe composé du site 3 ;
- Groupe 6 contient le site 2 ;
- Enfin, le septième groupe composé du site 1.

Pour un niveau de similarité encore moins élevée de 42% nous avons 04 groupes distincts qui sont les suivants (figure 19) :

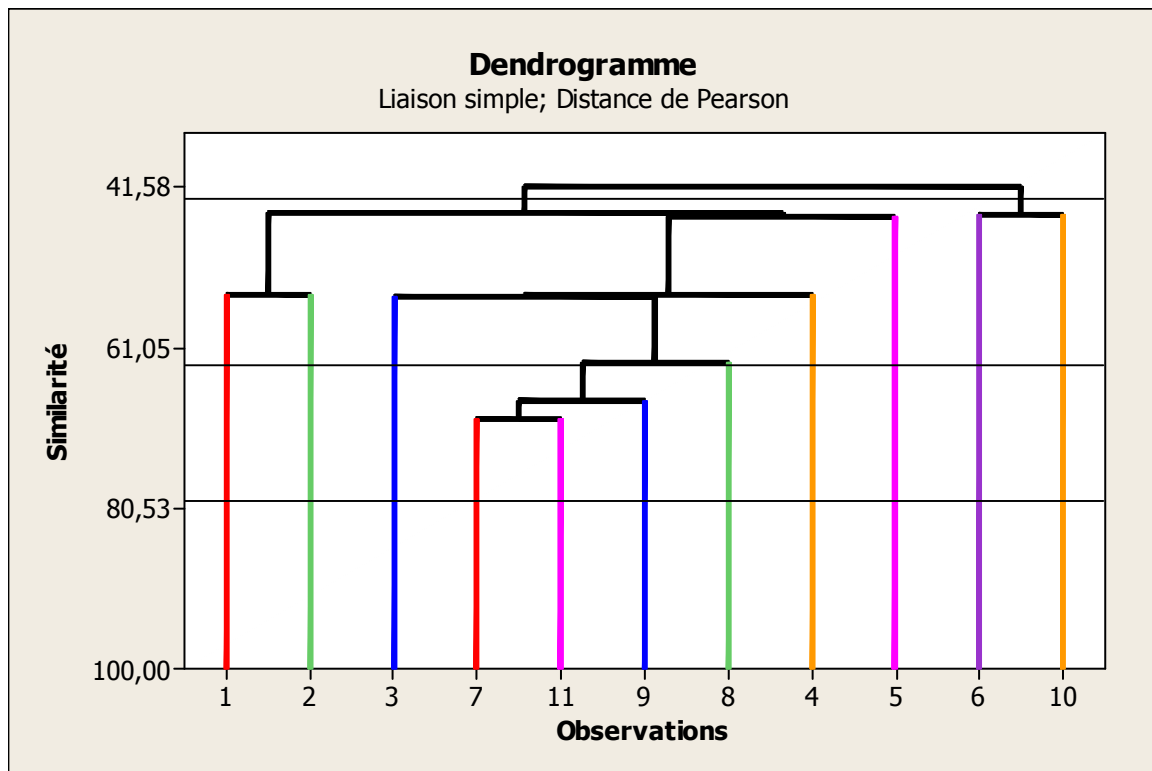


Figure 19 : dendrogramme du regroupement des 11 sites échantillonnés, obtenu à partir du lien simple et de la distance carrée de Pearson

- 🐝 Un premier groupe composé par les sites 06 et 10 (El Assafia (rucher 2)), Benziregh (50 km de Béchar)) ;
- 🐝 Un second groupe composé du rucher 05 (El Assafia (rucher 1)) ;
- 🐝 Un troisième groupe composé par six sites (4,7, 8, 9, 11,3) qui sont respectivement: site situé 04 à 30 km du nord de Laghouat (rucher 2), Zbara (rucher 1), Mhidjiba (rucher 1), Mhidjiba (rucher 2), Zbara (rucher 2), site 03 situé à 30 km du nord de Laghouat (rucher 2) ;
- 🐝 enfin, le quatrième groupe composé des 02 sites (site 1 et site 2) (Nacer Benchohra et Bordj Snoussi) wilaya de Laghouat

3.2 Résultats biométriques de l'étude comparative

3.2.1 Analyses statistiques univariées

A- Description des données biométriques

D'après le tableau 30 de la comparaison de nos données avec les données de Achou (2007), nous avons remarqué que la plupart des moyennes des 15 caractéristiques morphologiques trouvées dans notre étude sont nettement inférieures à celles trouvées par Achou (2007) qui sont comme suit : longueur et largeur de l'aile antérieure, longueur de la nervure A, longueur de la nervure B, longueur et largeur de l'aile postérieure, longueur de tibia, longueur de fémur, longueur et largeur de métatarse, longueur totale de la patte et la longueur de flagelle antennaire, sauf les 03 dernières caractéristiques qui sont supérieures des moyennes du Nord-est algérien: le tomentum, la pilosité et la coloration.

Tableau 30: paramètres statistiques des données biométriques des abeilles du Sud (Bendjedid, 2010) et du Nord-est (Achou, 2007)

Caractères morphologiques	Bendjedid (2010)			Achou (2007)		
	m±s	min.	max.	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,24±0,181	6,80	7,97	8,55±0,221	7,78	9,22
Largeur aile antérieure	2,39±0,104	2,11	2,94	3,01±0,088	2,04	3,27
Longueur nervure A	0,41±0,038	0,28	0,58	0,50±0,069	0,17	0,69
Longueur nervure B	0,17±0,025	0,10	0,37	0,21±0,089	0,14	0,38
Longueur aile postérieure	4,87±0,152	4,32	5,28	6,02±0,190	5,21	6,93
Largeur aile postérieure	1,41±0,049	1,22	1,68	1,73±0,061	1,54	2,07
Longueur fémur	2,14±0,072	1,96	2,38	2,63±0,077	2,32	2,89
Longueur tibia	2,56±0,080	2,24	2,76	2,98±0,129	2,74	3,32
Longueur métatarse	1,63±0,050	1,36	2,00	2,01±0,088	1,68	3,00
Largeur métatarse	0,93±0,038	0,80	1,04	1,12±0,063	0,59	1,29
Longueur totale de la patte	6,32±0,172	5,50	6,78	7,60±0,257	6,57	8,43
Longueur du flagelle antennaire	2,33±0,082	2,00	2,52	2,53±0,174	1,35	2,96
Tomentum	1,79±0,071	1,42	2,01	1,35±0,095	0,86	1,64
Pilosité	0,44±0,063	0,21	0,61	0,23±0,050	0,10	0,53
Coloration	0,45±0,254	0,12	1,16	0,34±0,114	0,00	0,88

m = moyenne,
s = écart type,
min = valeur minimale,
max = valeur maximale.

B- Analyse de la variance (ANOVA)

Les résultats du test d'analyse de la variance univariée modèle fixe appliqué à chacune des 15 variables choisies pour chacune des 02 études (notre étude et celle de Achou (2007)), figurent dans le tableau 31.

Tableau 31: Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre sites, des moyennes de chacune des 15 variables, des deux régions Sud et Nord-est.

Caractères morphologiques	Bendjedid (2010)		Achou (2007)	
	F _{obs}	P	F _{obs}	P
Longueur aile antérieure	3,86	0,000 ***	23,03	0,000 ***
Largeur aile antérieure	22,93	0,000 ***	15,37	0,000 ***
Longueur nervure A	21,75	0,000 ***	72,99	0,000 ***
Longueur nervure B	13,57	0,000 ***	39,14	0,000 ***
Longueur aile postérieure	11,32	0,000 ***	16,36	0,000 ***
Largeur aile postérieure	16,81	0,000 ***	9,9	0,000 ***
Longueur fémur	26,28	0,000 ***	14,49	0,000 ***
Longueur tibia	25,33	0,000 ***	22,10	0,000 ***
Longueur métatarse	15,57	0,000 ***	3,78	0,000 ***
Largeur métatarse	13,36	0,000 ***	6,11	0,000 ***
Longueur totale de la patte	23,26	0,000 ***	6,70	0,000 ***
Longueur du flagelle antennaire	14,21	0,000 ***	108,74	0,000 ***
Tomentum	14,33	0,000 ***	24,03	0,000 ***
Pilosité	21,66	0,000 ***	7,33	0,000 ***
Coloration	82,54	0,000 ***	16,59	0,000 ***

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différence très hautement significative

F_{obs} : valeur F de Fisher

L'examen des résultats de ce tableau montre l'existence de différences très hautement significatives entre tous les sites quelque soit la zone d'étude pour chacune des 15 variables.

3.3.2 Analyses statistiques bivariées :

Les corrélations linéaires obtenues pour les variables prises deux à deux pour l'étude comparative entre la zone Sud et la zone Nord-est algérien, ainsi que les valeurs des probabilités p correspondantes figurent dans le tableau 32 pour la zone Sud et le tableau 33 pour la zone Nord-est en dessous.

L'examen des matrices de corrélation des deux tableaux 34 et 35 montrent qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. Parmi ces corrélations on observe des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives.

L'analyse des matrices globales permet de constater qu'il existe une corrélation positive [($r = 0,341$) pour les sites du Sud et ($r = 0,205$) pour les sites Nord-est)] entre la longueur (X_1) et la largeur (X_2) de l'aile antérieure qui augmentent ou diminuent en même temps.

On constate dans ces matrices également, des corrélations positives d'une part, entre la longueur de l'aile antérieure (X_1) et la longueur de l'aile postérieure (X_6) ($r = 0,685$ pour sites Sud et $r = 0,391$ pour les ruchers du Nord-est), et d'autre part, entre la largeur de l'aile antérieure (X_2) et la largeur de l'aile postérieure (X_7) ($r = 0,386$ pour les 11 sites du Sud et $r = 0,381$ pour les 10 sites du Nord-est)) ; ceci montre que la taille des ailes antérieures et postérieures augmentent ou diminuent en même temps.

Par ailleurs, il existe également une corrélation positive ($r = 0,318$ pour la zone Sud et $r = 0,309$ pour la zone Nord-est) entre la longueur et la largeur du métatarse qui montre que ces deux derniers augmentent ou diminuent en même temps.

D'autre part, il ya lieu de signaler que la coloration (X_{15}) est corrélée négativement avec la plus part des 15 variables.

Tableau 32 : Matrice des corrélations linéaires des 15 caractéristiques morphométriques prises deux à deux pour les 11 sites du Sud (Bendjedid 2010)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]	[X7]	[X8]	[X9]
[X2]	0,341*** (0,000)								
[X3]	0,240*** (0,000)	0,184*** (0,000)							
[X4]	0,293*** (0,000)	-0,004 (0,932)	-0,223*** (0,000)						
[X5]	0,684*** (0,000)	0,335*** (0,000)	0,207*** (0,000)	0,210*** (0,000)					
[X6]	0,477*** (0,000)	0,386*** (0,000)	0,210*** (0,000)	0,193*** (0,000)	0,358*** (0,000)				
[X7]	0,336*** (0,000)	0,274*** (0,000)	0,156*** (0,000)	0,080 (0,055)	0,377*** (0,000)	0,278*** (0,000)			
[X8]	0,474*** (0,000)	0,318*** (0,000)	0,169*** (0,000)	0,036 (0,392)	0,493*** (0,000)	0,327*** (0,000)	0,532*** (0,000)		
[X9]	0,469*** (0,000)	0,346*** (0,000)	0,221*** (0,000)	0,053 (0,205)	0,400*** (0,000)	0,340*** (0,000)	0,374*** (0,000)	0,556*** (0,000)	
[X10]	0,461*** (0,000)	0,281*** (0,000)	0,150*** (0,000)	0,135*** (0,001)	0,424*** (0,000)	0,400*** (0,000)	0,335** (0,000)	0,407*** (0,000)	0,318*** (0,000)
[X11]	0,533*** (0,000)	0,346*** (0,000)	0,184*** (0,000)	0,061 (0,150)	0,543*** (0,000)	0,346*** (0,000)	0,573*** (0,000)	0,837*** (0,000)	0,732*** (0,000)
[X12]	0,390*** (0,000)	0,218*** (0,000)	0,133*** (0,001)	0,114** (0,006)	0,386*** (0,000)	0,304*** (0,000)	0,314*** (0,000)	0,361*** (0,000)	0,252*** (0,000)
[X13]	0,289*** (0,000)	0,137*** (0,001)	0,010 (0,807)	0,097* (0,021)	0,348*** (0,000)	0,148*** (0,000)	0,184*** (0,000)	0,268*** (0,000)	0,200*** (0,000)
[X14]	0,133** (0,002)	0,094* (0,025)	0,119** (0,004)	-0,023 (0,590)	0,171*** (0,000)	0,062 (0,139)	0,052 (0,216)	0,139*** (0,001)	0,084 (0,046)
[X15]	-0,269*** (0,000)	-0,114** (0,007)	-0,030 (0,473)	-0,225*** (0,000)	-0,353*** (0,000)	-0,040 (0,342)	-0,161*** (0,000)	-0,221*** (0,000)	-0,133** (0,002)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

	[X10]	[X11]	[X12]	[X13]	[X14]
[X11]	0,418*** (0,000)				
[X12]	0,326*** (0,000)	0,377*** (0,000)			
[X13]	0,277*** (0,000)	0,295*** (0,000)	0,200*** (0,000)		
[X14]	0,068 (0,105)	0,126** (0,003)	0,184*** (0,000)	0,126** (0,003)	
[X15]	-0,236*** (0,000)	-0,220*** (0,000)	-0,149*** (0,000)	-0,241*** (0,000)	0,022 (0,600)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p
 $p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significative
 $p \leq \alpha = 0,05$: (*) différence juste significative
 $p \leq \alpha = 0,01$: (**) différence hautement significative
 $p \leq \alpha = 0,001$: (***) différence très hautement significative

Tableau 33 : Matrice des corrélations linéaires des 15 caractéristiques morphométriques prises deux à deux pour les 10 sites du Nord-est (Achou 2007)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]	[X7]	[X8]	[X9]	
[X2]		0,205*** (0,000)								
[X3]		0,332*** (0,000)	-0,034 (0,417)							
[X4]		0,254*** (0,000)	-0,188*** (0,000)	0,280*** (0,000)						
[X5]		0,391*** (0,000)	0,182*** (0,000)	0,230*** (0,000)	0,131** (0,002)					
[X6]		0,285*** (0,000)	0,381*** (0,000)	0,058 (0,163)	-0,066 (0,115)	0,274*** (0,000)				
[X7]		0,101* (0,015)	0,212*** (0,000)	-0,123** (0,003)	-0,097* (0,019)	-0,011 (0,788)	0,113** (0,007)			
[X8]		0,360*** (0,000)	0,145*** (0,000)	0,221*** (0,000)	0,177*** (0,000)	0,326*** (0,000)	0,223*** (0,000)	0,180*** (0,000)		
[X9]		0,243*** (0,000)	0,238*** (0,000)	-0,034 (0,418)	-0,075 (0,070)	0,134*** (0,001)	0,195*** (0,000)	0,312*** (0,000)	0,350*** (0,000)	
[X10]		0,175*** (0,000)	0,209*** (0,000)	-0,053 (0,205)	-0,137 (0,001)	0,161*** (0,000)	0,183*** (0,000)	0,184*** (0,000)	0,331*** (0,000)	0,309*** (0,000)

[X11]	0,270*** (0,000)	0,297*** (0,000)	-0,016 (0,710)	-0,032 (0,437)	0,209*** (0,000)	0,154*** (0,000)	0,515*** (0,000)	0,650*** (0,000)	0,557*** (0,000)
[X12]	0,389*** (0,000)	-0,093* (0,027)	0,473*** (0,000)	0,421*** (0,000)	0,310*** (0,000)	0,106** (0,012)	-0,142*** (0,001)	0,354*** (0,000)	0,039 (0,357)
[X13]	0,212*** (0,000)	-0,007 (0,875)	0,365*** (0,000)	0,224*** (0,000)	0,106* (0,012)	0,015 (0,721)	-0,023 (0,582)	0,206*** (0,000)	-0,005 (0,912)
[X14]	0,074 (0,075)	-0,028 (0,501)	0,246*** (0,000)	0,070 (0,092)	0,048 (0,261)	-0,029 (0,494)	-0,045 (0,281)	0,077 (0,065)	-0,046 (0,277)
[X15]	-0,181*** (0,000)	0,054 (0,192)	-0,254*** (0,000)	-0,163*** (0,000)	-0,142*** (0,001)	-0,087* (0,037)	0,142*** (0,001)	-0,088* (0,034)	0,078 (0,061)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

	[X10]	[X11]	[X12]	[X13]	[X14]
[X11]	0,321*** (0,000)				
[X12]	0,067 (0,112)	0,065 (0,126)			
[X13]	-0,050 (0,228)	0,003 (0,948)	0,285*** (0,000)		
[X14]	0,017 (0,683)	-0,064 (0,126)	0,139*** (0,001)	0,174*** (0,000)	
[X15]	0,067 (0,108)	0,094 (0,024)	-0,262*** (0,000)	-0,131** (0,002)	-0,076 (0,068)

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

p > $\alpha = 0,05$: (ns) différences non significative

p ≤ $\alpha = 0,05$: (*) différence juste significative

p ≤ $\alpha = 0,01$: (**) différence hautement significative

p ≤ $\alpha = 0,001$: (***) différence très hautement significative

Tableau 34 : liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour les 10 sites du Nord-est (Achou 2007)

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
X2 et X14 X4 et X13 X9 et X14	X1 et X14 X3 et X14 X4 et X12 X11 et X14	X1 et X2, X1 et X3 X1 et X4, X1 et X5 X1 et X6, X1 et X7 X1 et X8, X1 et X9 X1 et X10, X1 et X11 X1 et X12, X1 et X13 X2 et X3, X2 et X5 X2 et X6, X2 et X7 X2 et X8, X2 et X9 X2 et X10, X2 et X11 X2 et X12, X2 et X13 X3 et X5, X3 et X6 X3 et X7, X3 et X8 X3 et X9, X3 et X10 X3 et X11, X3 et X12 X4 et X5, X4 et X6 X4 et X10, X4 et X15 X5 et X6, X5 et X7 X5 et X8, X5 et X9 X5 et X10, X5 et X11 X5 et X12, X5 et X13 X5 et X14, X6 et X7 X6 et X8, X6 et X9 X6 et X10, X6 et X11 X6 et X12, X6 et X13 X7 et X8, X7 et X9 X7 et X10, X7 et X11 X7 et X12, X7 et X13 X8 et X9, X8 et X10 X8 et X11, X8 et X12 X8 et X13, X8 et X14 X9 et X10, X9 et X11 X9 et X12, X9 et X13 X10 et X11, X10 et X12 X10 et X13, X11 et X12 X11 et X13, X12 et X13 X12 et X14, X13 et X14		X2 et X15 X5 et X15 X9 et X15	X1 et X15 X3 et X4 X4 et X15 X7 et X15 X8 et X15 X10 et X15 X11 et X15 X12 et X15 X13 et X15

Tableau 35: liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour les 11 sites du Sud (Bendjedid, 2010)

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
X1 et X7 X5 et X13 X6 et X12 X11 et X15	X4 et X5 X6 et X7	X1 et X2, X1 et X3 X1 et X4, X1 et X5 X1 et X6, X1 et X8 X1 et X9, X1 et X10 X1 et X11, X1 et X12 X1 et X13, X1 et X14 X2 et X5, X2 et X6 X2 et X7, X2 et X8 X2 et X9, X2 et X10 X2 et X11, X3 et X4 X3 et X5, X3 et X6 X3 et X8, X3 et X9 X3 et X12, X3 et X13 X3 et X14, X4 et X8 X4 et X5, X4 et X10 X4 et X12, X4 et X13 X5 et X6, X5 et X8 X5 et X9, X5 et X10 X5 et X11, X5 et X12 X5 et X13, X5 et X14 X6 et X8, X6 et X9 X6 et X10, X6 et X11 X6 et X10 X6 et X11 X7 et X8, X7 et X9 X7 et X10, X7 et X11 X7 et X15, X8 et X10 X7 et X11 X7 et X12 X7 et X13, X8 et X9 X8 et X10, X8 et X11 X8 et X12, X8 et X13 X9 et X10, X9 et X11 X10 et X11, X12 et X13 X12 et X14, X13 et X14	X2 et X12 X4 et X7 X6 et X15 X8 et X15	X3 et X7 X13 et X15	X1 et X15 X2 et X4 X3 et X15 X4 et X10 X4 et X15 X5 et X15 X7 et X12 X12 et X15

3.3.3 Analyses statistiques multivariées :

A- Test d'analyse de la variance multivariée : MANOVA

Le test d'analyse de la variance multivariée (MANOVA) a été appliqué, d'une part, à la matrice de données de dimensions $n \times p = 11 \times 15$, n représente les 11 sites de la zone Sud et d'autre part, à la matrice de dimension 10×15 avec $n =$ les 10 sites de la zone Nord-est et $p =$ les 15 variables biométriques communes entre les deux zones. Les résultats obtenus pour chacune des deux matrices de données sont donnés par les tableaux 36 et 37.

Tableau 36: comparaison entre les 11 sites (Zone Sud), des vecteurs de moyennes des 15 variables morphométriques à l'aide de la MANOVA

Tests	Valeurs observées du test	F _{obs}	P
Wilk's	0,02537	16,727	0,000 ***
Lawley-Hotelling	5,48580	19,756	0,000 ***
Pillai's	2,71077	13,661	0,000 ***

Tableau 37 : comparaison entre les 10 sites (Zone Nord-est), des vecteurs de moyennes des 15 variables morphométriques à l'aide de la MANOVA

Tests	Valeurs observées du test	F _{obs}	P
Wilk's	0,02034	13,901	0,000 ***
Lawley-Hotelling	5,7733	16,293	0,000 ***
Pillai's	2,88079	11,65	0,000 ***

Pour chacune des deux matrices de données les trois tests : Wilk's, Lawley-Hotelling et Pillai's aboutissent aux mêmes résultats. C'est-à-dire que les deux tests concluent à l'existence de différences très hautement significatives.

Dans le premier cas comme dans le deuxième cas, les tests de la MANOVA confirment totalement les résultats du test des analyses de la variance univariées (ANOVA) obtenus précédemment pour cette étude comparative.

B- L'Analyse en composantes principales :

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 15 variables morphométriques centrées réduites prises deux à deux. Les calculs réalisés avec le logiciel MINITAB donnent les caractéristiques des 15 axes principaux, dont les 02 premiers possèdent chacun une valeur propre supérieur à l'unité soit à la contribution moyenne des différentes variables c'est à dire à la moyenne arithmétique de toutes les valeurs propres.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs propres de la matrice de corrélations, les pourcentages et les pourcentages cumulés de la variance expliquée par chacune des composantes.

Tableau 38 : valeurs propres et pourcentages de variation totale expliquée par Les deux composantes principales et pourcentages cumulés

	Axe 1	Axe 2
Valeur propre	12,796	1,106
Pourcentage %	85,3	7,4
Pourcentage cumulé %	85,3	92,7

La première composante principale CP1 prend en compte 85,3% de la variabilité, elle est la plus importante puisque la deuxième et la dernière ne représente que 7,4%. A partir de la troisième, les composantes sont nettement moins explicatives et correspondent à des valeurs propres inférieures à l'unité (<1). Nous limiterons notre analyse aux deux premières composantes qui, ensemble, expliquent 92,7% de la variabilité (Figure 20).

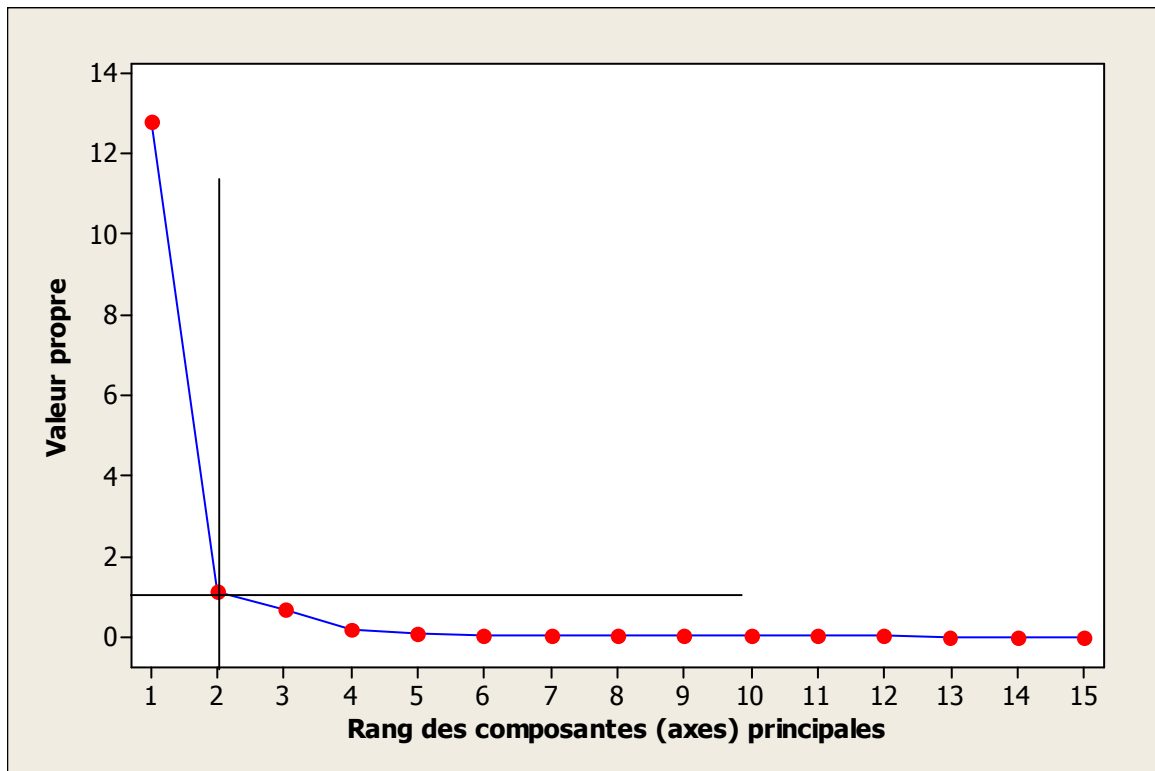


Figure 20: Le graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales (axes principaux)

Les corrélations entre les variables initiales et les 02 premières composantes retenues, ainsi que les corrélations carrées correspondantes sont reprises par le tableau 39.

Tableau 39 : valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables avec les 2 premières composantes principales, et information prise en compte par le plan factoriel représenté par les axes 1 et 2

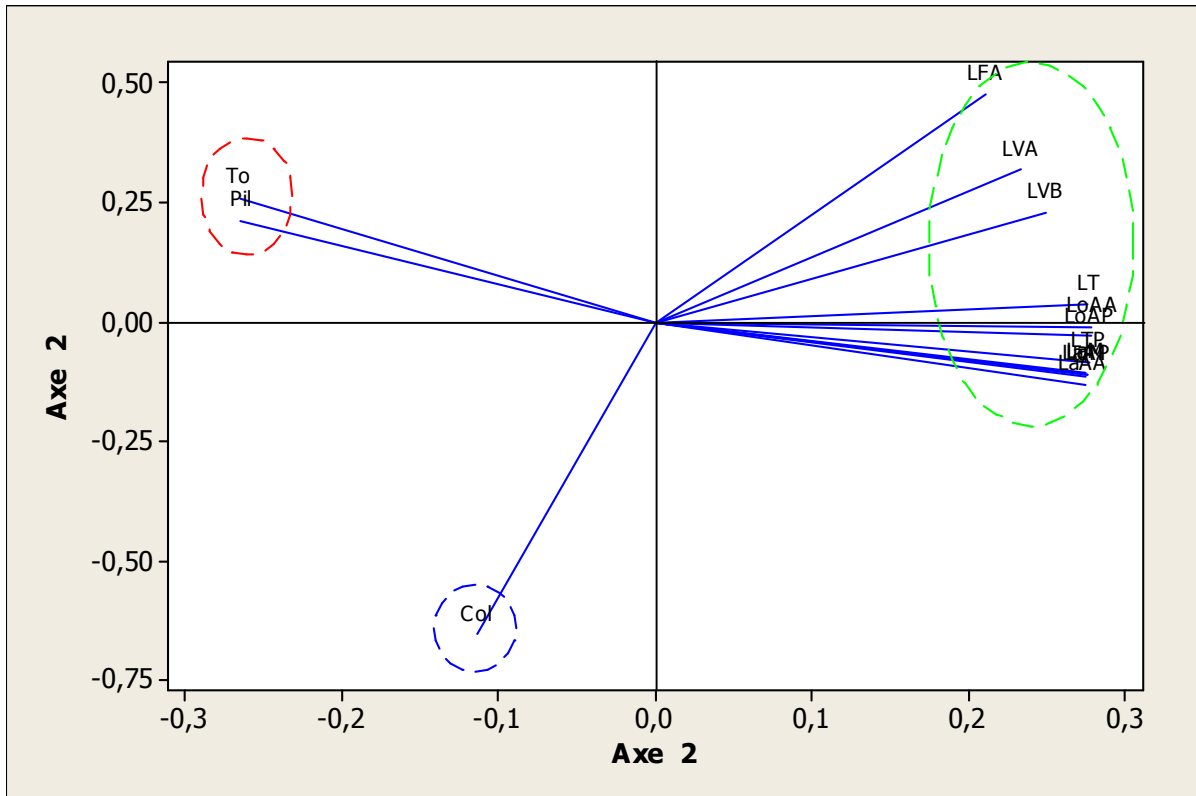
Variables	Axe 1		Axe 2		Plan factoriel 1-2
	Corr.	Corr. Carré (%)	Corr.	Corr. Carré (%)	Corr. Carré (%)
Longueur de l'aile antérieure	0,279	99,5	-0,009	00,0	99,5
Largeur de l'aile antérieure	0,274	96,1	-0,131	1,9	98
Longueur de la veine A	0,233	69,6	0,318	11,2	80,8
Longueur de la veine B	0,249	79,3	0,228	5,8	85,1
Longueur de l'aile postérieure	0,278	98,6	-0,030	1,0	99,6
Largeur de l'aile postérieure	0,276	97,5	-0,110	1,3	98,8
Longueur du fémur	0,275	96,6	-0,115	1,5	98,1
Longueur du tibia	0,276	97,7	0,039	0,2	97,9
Longueur de métatarse	0,276	97,6	-0,111	1,4	99
Largeur de métatarse	0,274	96,4	-0,106	1,2	97,6
Longueur totale de la patte	0,277	98,2	-0,086	0,8	99
Longueur du flagelle antennaire	0,211	56,8	0,478	25,3	82,1
Tomentum	-0,265	89,9	0,260	7,5	97,4
Pilosité	-0,264	89,3	0,223	5,00	94,3
Coloration	-0,113	16,4	-0,690	47,6	64

Le tableau en dessus, montre que l'axe 1 qui contient en moyenne, à lui seul, 85,3% de l'information est composé essentiellement par les variables : la longueur de l'aile antérieure, largeur de l'aile antérieure, longueur de la veine B, longueur de l'aile postérieure, largeur de l'aile postérieure, longueur du fémur, longueur du tibia, longueur du métatarse, largeur du métatarse, longueur totale de la patte, tomentum et pilosité. En revanche, l'axe 2, qui ne contient que 7,4% de l'information est formé par les variables : longueur de la veine A, longueur du flagelle antennaire et la coloration.

- Analyse du nuage de points-variables : cercles des corrélations

Les cercles des corrélations sont des graphiques visant à représenter géométriquement les variables initiales dans le nouveau système de coordonnées.

Ainsi donc, la représentation des 15 variables initiales dans le plan formé par les axes 1 et 2 est appelé plan factoriel est utile, compte tenu de l'importance de ces deux axes dans la reconstitution des variables initiales (soit 92,7% de la variation totale) (figure 21).



[LoAA= X1, LaAA= X2, LVA= X3, LVB= X4, LoAP= X5, LaAP= X6, LF= X7, LT= X8, LoM= X9, LaM=10, LTP= X11, LFA= X12, To= X13, Pil= X14, Col=X15]

Figure 21 : représentation graphique des 15 variables à l'intérieur du cercle de corrélation de plan factoriel 1-2

L'examen de la figure 21 fait apparaître une corrélation négative de la coloration (X15) avec l'axe 1 et l'axe 2.

Par contre le groupe de 12 variables : X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11 représentant respectivement Longueur de l'aile antérieure, largeur de l'aile antérieure, la longueur de la nervure A, la longueur de la nervure B, longueur de l'aile postérieure, largeur de l'aile postérieure, longueur du fémur, la longueur du tibia, longueur du métatarse, largeur du métatarse, la longueur totale de la patte sont corrélées positivement avec l'axe 1.

A l'opposé, Le groupe constitué du tomentum (X13) et la pilosité (X14) sont corrélées négativement avec l'axe 1, mais positivement avec l'axe 2.

On distingue, alors, 03 groupes de variables :

- 🐝 Le premier groupe est constitué de la coloration ;
- 🐝 Le deuxième groupe est formé par la pilosité et le tomentum ;
- 🐝 Le dernier groupe est composé de : longueur de l'aile antérieure (X1), largeur de l'aile antérieure (X2), longueur de la nervure A (X3), la longueur de la nervure B (X4), longueur de l'aile postérieure (X5), largeur de l'aile postérieure (X6), longueur de fémur (X7), longueur de tibia (X8), longueur de métatarse (X9), largeur de métatarse (X10), la longueur totale de la patte (X11) et longueur de flagelle antennaire (X12).

- **Analyse du nuage de point-sites : graphiques des individus**

Le tableau 40, montre pour chacun de 02 premiers axes, les scores, les cosinus carrés correspondants en % et pour le plan factoriel 1-2 la somme des cosinus carrés des 02 axes.

D'après ce tableau, on remarque que tous les individus (sites) sont très bien représentés dans le plan factoriel 1-2.

Tableau 40 : Valeurs des 2 premiers axes, valeurs des cosinus carrés correspondants en % et valeurs des cosinus carrés du premier plan factoriel 1-2

sites	Axe 1		Axe 2		Plan factoriel 1-2
	scores	Cos ² (%)	scores	Cos ² (%)	Cos ² (%)
Site 1	-3,814	96,2	0,289	0,6	96,8
Site 2	-3,826	95,2	0,052	0,0	95,2
Site 3	-3,153	95,4	0,003	0,0	95,4
Site 4	-3,519	79,0	-1,033	6,8	85,8
Site 5	-3,875	94,5	-0,604	2,3	96,8
Site 6	-3,696	96,0	0,080	0,0	96,0
Site7	-3,027	81,6	1,006	9,0	90,6
Site 8	-2,356	56,0	1,820	33,4	89,4
Site 9	-2,978	97,1	0,339	1,3	98,4
Site 10	-4,025	69,3	-1,660	11,8	81,1
Sites 11	-2,756	76,6	1,240	15,5	92,1
Sites 12	4,418	89,1	1,408	9,0	98,1
Sites 13	4,754	77,1	1,962	13,1	90,1
Sites 14	4,271	92,8	0,845	3,6	96,4
Sites 15	3,977	89,9	0,382	0,8	90,7
Sites 16	2,919	84,5	-0,964	9,2	93,7
Sites 17	3,994	89,2	-0,957	5,1	94,3
Sites 18	2,770	81,3	-1,011	10,8	92,1
Sites 19	3,338	86,9	-0,944	6,9	93,8
Sites 20	3,245	81,4	-1,178	10,7	92,1
Sites 21	3,340	85,3	-1,069	8,7	94,0

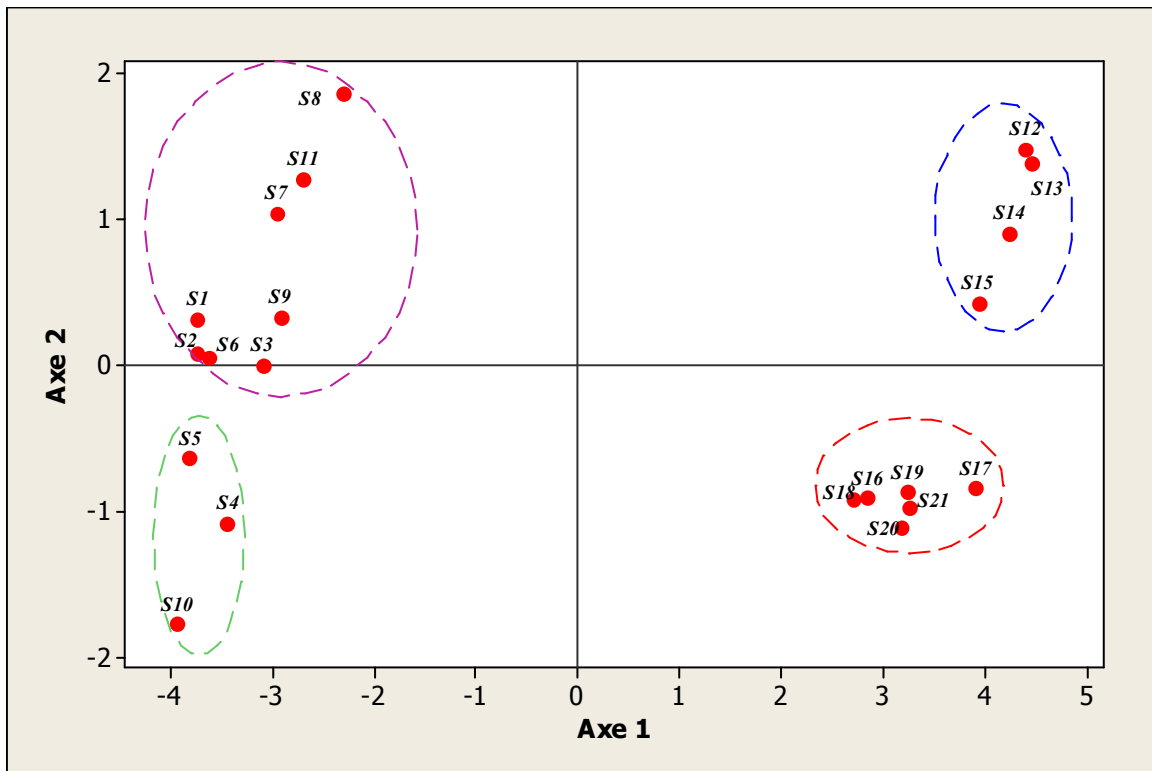
La figure 22 fait apparaître une opposition entre les sites de la zone Nord-est (site 12 jusqu'au site 21), d'une part (corrélations positive avec l'axe 1) et les sites de la zone Sud (site 1 jusqu'au site 11), d'autre part (corrélations négatives avec l'axe 1).

Mais, par rapport à l'axe 2, on constate que les sites de chaque zone se fractionnent en deux, donnant en tous 04 groupes. Deux groupes de la zone Sud, un groupe qui est corrélé positivement avec l'axe 2 composé de site 1, site 2, site 3, site 6, site 7, site 8, site 9, et site 11, à l'inverse le deuxième groupe formé de site 4, site 5, et site 10 est corrélé négativement avec le même axe. Pour la zone Nord-est, le groupe formé de site 12, site 13, site 14 et site 15 est corrélé positivement avec l'axe 2, par contre le groupe constitué de site 16, site 17, site 18, site 19, site 20, site 21 est négativement corrélé avec l'axe 2.

D'après l'interprétation qui a été faite précédemment du premier axe et la figure 21 (page 72), on trouve que les sites de la zone Sud sont caractérisés par les variables tomentum, pilosité et la coloration. En revanche les sites de la zone Nord-est sont caractérisés par les variables : longueur de l'aile antérieure (X1), largeur de l'aile antérieure (X2), longueur de la nervure A (X3), la longueur de la nervure B (X4), longueur de l'aile postérieure (X5), largeur de l'aile postérieure (X6), longueur de fémur (X7), longueur de tibia (X8), longueur de métatarse (X9), largeur de métatarse (X10), la longueur totale de la patte (X11) et longueur de flagelle antennaire (X12).

Sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, on discrimine 04 groupes de sites :

- 🐝 Le premier groupe est représenté par les suivants : site 16, site 17, site 18, site 19, site 20, site 21 qui sont : Skikda Djendel (Skikda), Beni Metrane (Jijel), Ibn Ziad (Constantine), Sétif, Bordj Bouarreridj, Morsot (Tébessa) ;
- 🐝 Le deuxième groupe (site 12, 13, 14, 15) formés de : Oued El Aneb (Annaba), Ain El Assel (El Taref), Taoura (Souk Ahras), El F'djouj (Guelma) ;
- 🐝 Un troisième groupe composé du site 4, site 5, site 10 : 30 km du nord de Laghouat (rucher 2), El Assafia (rucher 1), Benziregh (50km de Béchar) ;
- 🐝 Un quatrième groupe comprend : site 1, site 2, site 3, site 6, site 7, site 8, site 9, site 11 qui sont respectivement comme suit : Nacer Benchohra, Bordj Snoussi, 30 km du nord de Laghouat (rucher 1), El Assafia (rucher 2), Zbara (rucher 1), Mhidjiba (rucher 1), Mhidjiba (rucher 2), Zbara (rucher 2).



[Site1=Nacer Benchohra, site2= Bordj Snoussi, site3=30 km du nord de Laghouat (rucher 1), site4=30 km du nord de Laghouat (rucher 2), site5=El Assafia (rucher 1), site6= El Assafia (rucher 2), site7=Zbara (rucher 1), site8= Mhidjiba (rucher 1), site9= Mhidjiba (rucher 2), site10= Benziregh, site11= Zbara (rucher 2), site12= Oued el Aneb, site13= Ain el Assel, site14= SoukAhras, site15=Sellaoua, site16=Skikda Djendel, site17= Beni Metrane, site18= Khroub, site19= Sétif, site20= Bordj BouArredj, site21= Chréa]

Figure 22 : représentation graphique des points individus (sites) dans le plan factoriel 1-2

C- Analyse hiérarchique

Le regroupement des 21 sites (ruchers) en fonction des caractéristiques biométriques mesurées, basée sur le degré de similarité a permis l'élaboration d'un dendrogramme représenté dans la figure 23.

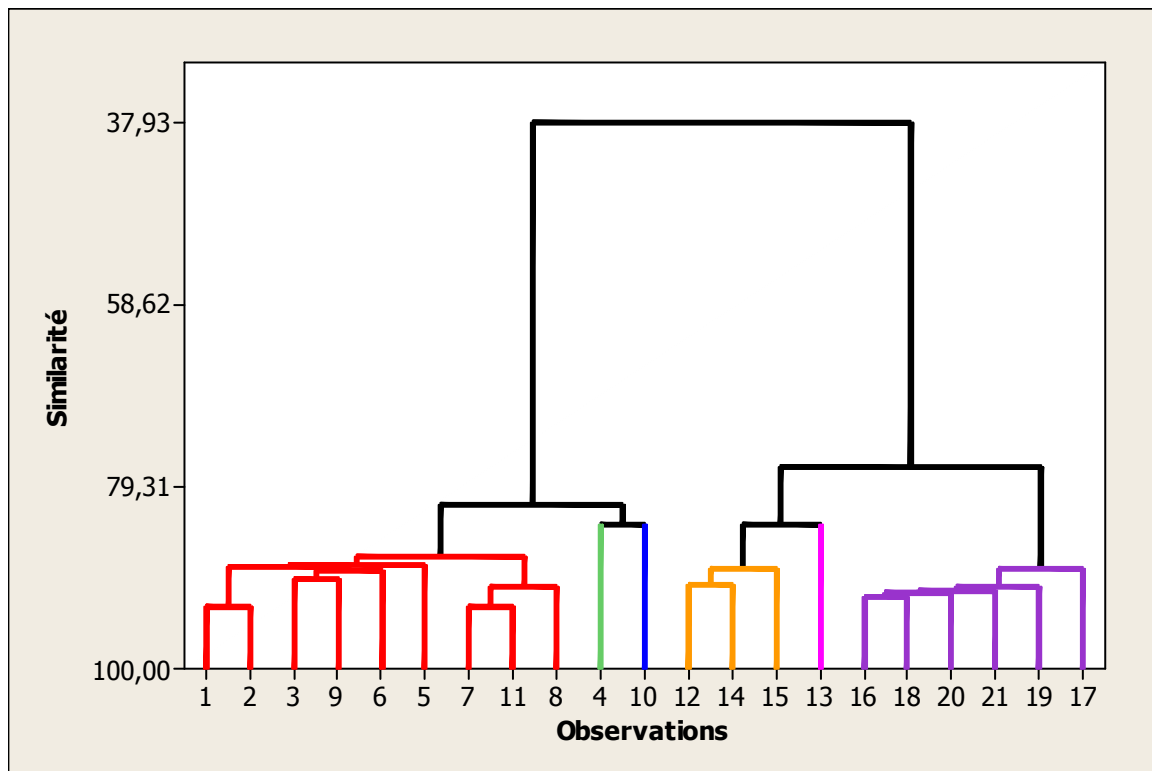


Figure 23 : Dendrogramme de similarité

Cette analyse permet de distinguer 04 groupes homogènes distincts qui sont les suivants :

- 🐝 Le premier groupe contient les sites suivants : Skikda Djendel (Skikda), Beni Metrane (Jijel), Ibn Ziad (Constantine), Sétif, Bordj Bouarreridj, Morsot (Tébessa) (sites 16, 17, 18, 19, 20, 21);
- 🐝 Le second groupe est formé par les sites Oued El Aneb (Annaba), Ain El Assel (El Taref), Taoura (Souk Ahras), El F'djouj (Guelma) (sites 12, 13, 14, 15);
- 🐝 Le troisième groupe est composé : 30 km du nord de Laghouat (rucher 2), El Benziregh (50km de Béchar) (sites 4 et 10);
- 🐝 Enfin, le quatrième groupe comporte les sites suivants : Nacer Benchohra, Bordj Snoussi, 30 km du nord de Laghouat (rucher 1), Assafia (rucher 1), El Assafia (rucher 2), Zbara (rucher 1), Mhidjiba (rucher 1), Mhidjiba (rucher 2), Zbara (rucher 2) (sites 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11).

Nous remarquons que les résultats de l'analyse hiérarchique confirment ceux obtenus par l'analyse en composantes principales (ACP) concernant les groupes de sites.

Par ailleurs, le regroupement des variables au moyen du lien simple et de la distance basée sur le coefficient de corrélation, donne 03 groupes homogènes, pour un taux de similarité de 80%, qui sont les suivants (Figure 24) :

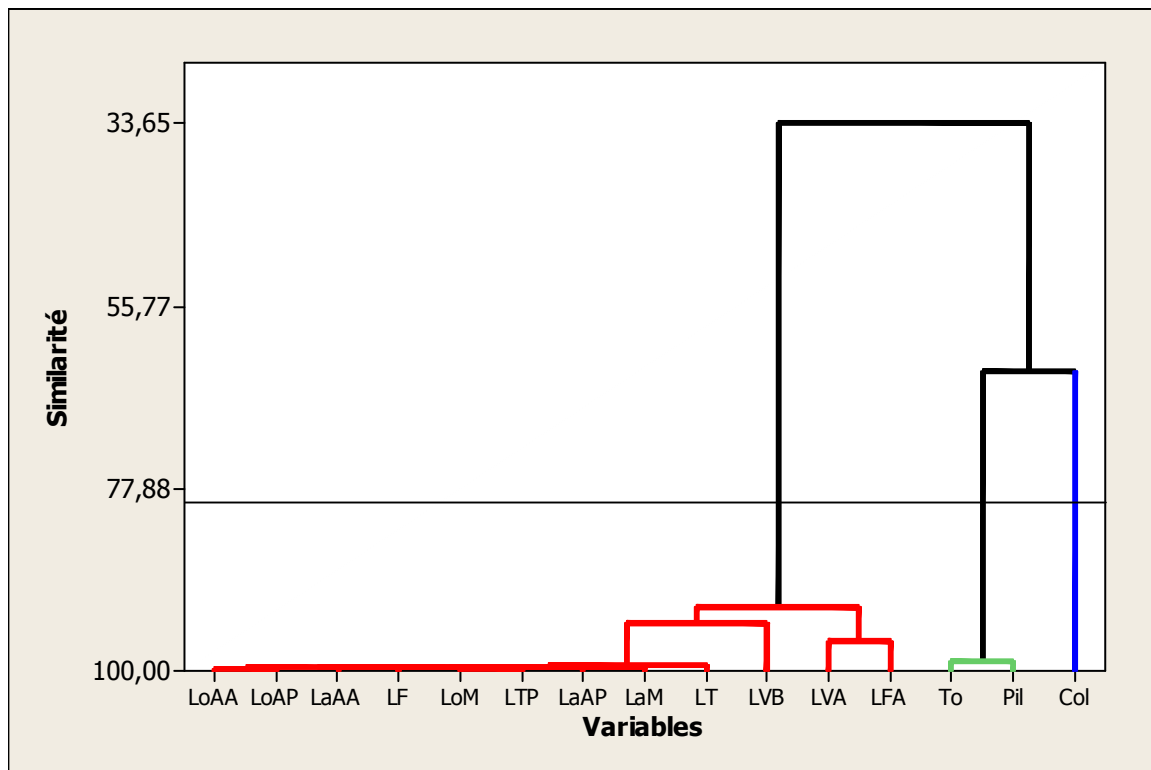


Figure 24 : Dendrogramme du regroupement des 15 variables biométriques, obtenu à l'aide du lien simple et de la distance du coefficient de corrélation

- 🐝 Le premier groupe est constitué par la variable coloration (col) ;
- 🐝 Le deuxième groupe est composé de deux variables : tomentum (To) et pilosité (Pil) ;
- 🐝 Le troisième groupe contient les variables suivantes : longueur de l'aile antérieure (LoAA), largeur de l'aile antérieure (LaAA), longueur de la nervure A (LVA), la longueur de la nervure B (LVB), longueur de l'aile postérieure (LoAP), largeur de l'aile postérieure (LaAP), longueur de fémur (LF), longueur de tibia (LT), longueur de métatarse (LoM), largeur de métatarse (LaM), la longueur totale de la patte (LTP) et longueur de flagelle antennaire (LFA).

Nous remarquons que les résultats de l'analyse hiérarchique confirment ceux obtenus par l'analyse en composantes principales (ACP) concernant les groupes de variables.



Chapitre IV : Discussion

Les analyses biométriques et les analyses statistiques que nous avons effectuées sur des échantillons d'abeilles du Sud algérien permettant de définir la position de cette race comparativement aux autres races au sein d'*Apis mellifica* de point de vue morphologique.

D'après Ruttner, Tassencourt et Louveaux, 1978 la variabilité morphologique à l'intérieur d'*Apis mellifica* est extraordinairement élevée. Pour les principaux critères (ou caractères) pour distinguer les races d'ordre morphologique, les valeurs varient entre 5,31 et 7,19 mm pour la longueur de la langue (moyenne de l'échantillon), entre 7,98 et 9,69 mm pour la longueur de l'aile antérieure, entre 0,158 et 0,477 mm pour la longueur des poils et entre 1,58 et 3,62 pour l'indice cubital.

Nos résultats morphométriques obtenus confrontés avec ceux obtenus par certains auteurs notamment Ruttner en 1975, ainsi que Cornuet *et al.* (1975, 1988) qui ont travaillé sur les Abeilles marocaines, de même que Grissa *et al.* (1990) qui lui, a travaillé sur les abeilles tunisiennes, enfin Loucif (1993), Barour (2003), Amoura (2004) et Achou (2007) sur les abeilles algériennes, montrent que :

La longueur de l'aile antérieure obtenue est de 7,24 mm est nettement très faible par rapport à celle trouvée par Ruttner (1986) qui est de l'ordre de 9,19 mm, Loucif (1993) est de 8,71 mm, Barour (2003) est égale à 8,71mm, Amoura (2004) est de 8,51mm et enfin, Achou (2007) est de l'ordre de 8,58 mm. Quand à La largeur de l'aile antérieure, sa moyenne est de 2,39 mm et aussi nettement inférieure à celle trouvée par Ruttner (1975) 3,08 mm et Loucif (1993) 2,7 mm, Barour (2003) 3,03mm, Amoura (2004) 3,02mm et Achou (2007) 3,05 mm. Pour la longueur moyenne de nervure A (0,41 mm) des abeilles de Sud algérien est légèrement inférieure que celles rapportées par Cornuet *et al.*, (1988), Grissa *et al.*, (1990) qui est de l'ordre de 0,544 mm, celles trouvées par Loucif (1993), Barour (2003), Amoura (2004) et Achou (2007) qui sont respectivement de l'ordre de 0,54 mm, 0,45mm, 0,48mm et 0,50mm. Même chose pour la longueur de nervure B (0,176 mm) qui est aussi faible que la longueur de nervure A par rapport aux données rapportées par Cornuet *et al.*, (1988), Grissa *et al.*, 1990, de Loucif (1993), Barour (2003), Amoura (2004) et Achou (2007) qui sont respectivement : 0,222 mm, 0,246 mm, 0,221 mm, 0,18mm, 0,20mm et 0,21mm.

En revanche, la variable coloration de nos deux stations est égale à 0,45mm élevée par rapport aux résultats donnés par Barour, Amoura et Achou qui sont respectivement 0,31mm, 0,38mm et 0,40mm.

Pour l'ensemble de 19 variables étudiées sur 11 ruchers, concernant les écarts-type, on a remarqué une dispersion moyenne pour la plupart des variables, ce qui prouve qu'on a à faire à des populations moyennement homogènes. Par contre, on a constaté une forte dispersion pour la coloration qui passe d'un écart type de 0,032 à 0,326. D'ailleurs, dans le site 4 (site situé à 30km du nord de Laghouat), site5 (El Assafia (rucher1) à Laghouat) et le site 10 (Benziregh à Béchar), nous avons remarqué que les valeurs moyennes de la largeur de la bande jaune sont respectivement 0,72mm, 0,53mm et 0,84mm plus élevés par rapport aux autres sites et aussi par rapport aux travaux cités en dessus. D'après nos résultats et ce qui a été déjà confirmée par les descriptions laissées par le frère Adam (1953) sur notre abeille du Sud et qui disait qu'une abeille à la robe jaune, existait en effectifs importants dans cette région, ainsi que les conclusions de Garnery et *al.* (1995), Franck et *al.* (2001) et les travaux de Loucif (2009) (dans la localité de Ain Safra (Wilaya de Naâma située au Nord du Béchar)), nous a permis de conclure que l'abeille jaune existe encore au Sud algérien. Et pour trancher définitivement dans cette perspective, il vaut mieux procéder ultérieurement à une analyse moléculaire.

Pour comparer, entre les onze sites, de chacune des 19 caractéristiques (variables), nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification modèle fixe (ANOVA). Ce test a révélé qu'il existe entre les 11 ruchers des différences très hautement significatives pour les moyennes de toutes les variables biométriques. Et l'application de l'analyse de la variance à un critère de classification utilisée pour comparer les moyennes des 11 sites entre eux (MANOVA) a montré qu'il existe des différences très hautement significatives entre tous les ruchers pour chacun des 19 caractères morphologiques pris en considération.

Cette variation intersites ne peut pas être attribuée aux facteurs éco-climatiques, étant donné que les abeilles vivent dans le même biotope. Nous pouvons plutôt l'attribuer à la taille des cellules du couvain, car c'est à ce niveau que se déroule le développement embryonnaire des abeilles et, par conséquent, peut affecter la taille des abeilles (Abdellatif, 1977; Alpatov, 1929; Goetz et Koeniger, 1992; Ruttner, 1988). En outre, le parasitisme, notamment les ectoparasites, ont un effet sur le phénotype d'abeilles (Daly, 1985; Achou, 1997 ; Radlof et Hepburn (2000)).

L'analyse en composantes principales a pour but d'étudier la structure des colonies d'Abeilles. Pour notre cas, il a été retenu les cinq premières composantes avec une proportion cumulée de 88,2%, la première composante à elle seule prend en compte 45,2% de variabilité. Ces cinq axes ou indices synthétiques résument au mieux l'information apportée par les 19 variables biométriques initiales.

Quant à L'analyse hiérarchique, le regroupement des 11 sites d'échantillonnage en fonction des caractéristiques biométriques mesurées, basée sur le degré de similarité, nous donne trois groupes distincts pour un taux de similarité égale à 42%. Le premier groupe est composé par le site6 et site10 et le deuxième groupe est composé par le site1 et le site 2, on a constaté que la plus part des moyennes des variables qui concernent les sites de chaque groupe sont presque semblables.

Même chose pour le troisième groupe qui contient 03 sites de la wilaya de Laghouat (site3, site4 et site5) et 04 sites de la wilaya de Béchar (site 7, site8, site9 et site11), on remarque que les sites de la même wilaya sont similaires pour la plus part de leur moyennes de variables, par contre on évoque une différence significative entre les deux wilayas.

Concernant l'étude comparative, pour la plus part des paramètres, nos résultats sont inférieurs à celles trouvés par Achou (2007). En effet, d'après le tableau 30 (page 59) la longueur et la largeur de l'aile postérieure rapportées par cet auteur sont respectivement de 6,03 mm et 1,72 mm supérieur à nos valeurs qui sont respectivement 4,87 mm et 1,41mm ; la longueur de fémur est de 2,63 mm par contre la notre est de 2,14 mm ; la longueur de tibia est de l'ordre de 2,96 mm, quand à notre mesure est de 2,56 mm ; de même que la longueur et la largeur de métatarse qui sont respectivement égale à 2,01 mm et 1,12mm, toujours supérieur à nos mesures 1,63 mm et 0,93 mm ; pour la longueur de la patte aussi, la différence est élevée, on note 7,67 mm pour Achou (2007) et 6,32 mm pour notre étude ; il y a une légère différence dans la longueur de flagelle antennaire qui est de l'ordre de 2,52 mm contre notre moyenne qui est de 2,33 mm.

Les seules paramètres que leurs valeurs sont inférieurs des nôtres sont : le tomentum qui est de l'ordre de 1,35 mm, le notre est de 1,79 mm ; la pilosité est de l'ordre de 0,24 mm, la notre est de 0,44 mm ; enfin, la coloration qui est de 0,34 mm pour Achou (2007) et 0,45 mm pour notre étude.

En effet, d'après cette comparaison, on peut constater que notre abeille de Sud est petite de taille par rapport à l'abeille du Nord-est. Il semble que l'abeille algérienne du Nord diffère de l'abeille du Sud, ce qui peut se traduire par l'existence de deux races différentes. Cette différence de taille peut être expliquée par plusieurs hypothèses.

La petitesse de la taille de l'abeille du Sud peut mieux l'aider à se déplacer facilement et parcourir de longues distances, car, au Sud la végétation n'est pas abondante et le climat est très chaud.

En revanche, on peut attribuer cette différence à l'existence d'un gradient Nord-Sud pour certains caractères morphologiques qui a été déjà indiquée par Barrou en 2003. En effet l'un des premiers exemples du gradient Nord-Sud a été fourni pour les abeilles par un certain nombre d'auteurs russes (Chochlov, 1916 ; Mikhailo, 1926; Aplatov, 1925 ; Skorikov, 1929 in Ruttner, 1985) qui ont trouvé que la longueur de la langue diminuait graduellement du Nord au Sud. Dans notre pays, la longueur de la langue au Nord-est est de 6,146 mm (Loucif, 1993) et pour notre cas est de 4,04 mm, donc, il y a une augmentation de la longueur du Sud au Nord. Ceci confirme d'autres résultats trouvés par plusieurs auteurs sur ce paramètre comme par exemple Cornuet et Fresnaye 1989 sur les abeilles d'Espagne et du Portugal, Narayanan et *al.*, 1961 et enfin, Ruttner et *al* (1989). Cette petite taille de la langue des abeilles de nos sites est probablement une adaptation à une flore particulière sur laquelle, ces abeilles se nourrissent (Mattu et Verma, 1983). En effet, cela conduirait à admettre l'existence d'un gradient parallèle de la profondeur moyenne des corolles des espèces mellifères. L'hypothèse, avancée par Ruttner (1988), nous paraît plus vraisemblable. Elle consiste à admettre que les règles écologiques de Bergmann et d'Allen (Mayer, 1963) énoncées pour les vertébrés à sang chaud s'appliquent ici sur les abeilles. Ces règles stipulent que les races des climats froids tendent à être plus grandes que les races de la même espèce vivant dans des climats chauds (règle de Bergmann).

D'après Fresnaye (1965) la couleur de l'abdomen est le meilleur critère de discrimination entre la race noire et les races ayant un ou plusieurs anneaux jaunes. Pour notre cas, on a remarqué des abeilles de différentes couleurs : noires, oranges et jaunes. Nous supposons que cette divergence de coloration, est due à l'existence de deux écotypes qui ont pu donner une troisième race caractérisée par un abdomen de couleur orange. Ces différentes races sont issues de croisements d'abeilles locales avec d'autres races issues à leur tour, depuis un certain nombre d'années, à l'importation des reines du Nord et d'Europe, ainsi que des abeilles issues des programmes de préservation de l'abeille jaune (saharienne) grâce aux travaux de multiplication des reines jaunes dans l'institut technique des élevages (ITELV), à Birtouta (Blida), pour remettre cette race dans son berceau naturel « Béchar et Naâma », d'après les déclarations des apiculteurs que nous avons rencontrés sur sites. Tous ces croisements, on suppose qu'ils ont pu donner **des hybrides**.

Par ailleurs, nous avons remarqué une cohabitation entre l'abeille noire et jaune dans certains ruchers au Sud. Amssalu (2003) a montré qu'un mélange d'abeilles noires et jaunes peut être présent dans une même colonie, voir aussi que dans une même localité et dans les mêmes conditions éco-climatiques les colonies d'abeilles peuvent présenter des variations de coloration entre le noir et le jaune.

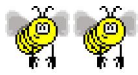
En revanche, d'après Spivak et *al.* (1990) ; Trusta et *al.* (1989) le model de couleur des reines d'*Apis mellifera* s'est avéré qu'il est corrélé avec la température pendant le développement pupal ayant pour résultat une pigmentation jaunâtre plus foncée que celles vivant à des plus basses températures. Ce cas là, ne peut pas s'appliquer sur nos abeilles car, nous avons fait l'échantillonnage durant le mois de février pour la wilaya de Laghouat et le début avril pour la wilaya de Béchar, et la température n'est pas élevée pendant cette période. De plus, Szabo et Lefkovitch (1992) ont prouvé que les modèles de couleur de l'abeille sont moins de 40 % héréditaires, de même que de 60 % de la variation totale phénotypiquement est attribuée aux variations environnementales (climat, flore, ...) et aussi aux variations gène-environnementales (élimination des caractères génétiques sous l'effet environnementaux).

Compte tenu de la variété des conditions écologiques existant dans les deux régions (Sud et Nord-est), il est vraisemblable qu'à ces différences morphologiques se superposent des différences de comportement et de cycle biologique annuel. L'abeille mellifère *Apis mellifera*, est considérée parmi les espèces les plus réussies dans le règne animal en raison de sa capacité d'adaptation à des grandes variations des conditions climatiques (Radloff, 1996 ; Hepburn et Radloff, 1998), dont, l'analyse des travaux publiés sur la taxonomie et la morphologie de cette espèce fournit environ 31 groupes biométriques possibles ou peut être huit sous-espèces avec plusieurs écotypes (Hepburn et *al.*, 2001) qui diffèrent par certaines fréquences génétiques et chaque écotype réunit donc, un ensemble d'adaptation tout à fait spécifique à son environnement.

D'ailleurs, l'abeille jaune présente un niveau d'agressivité nettement plus faible que l'abeille noire, sans oublier le caractère migratoire de l'abeille saharienne qui est du au climat difficile au sud.

D'autre part, entre le Nord et le Sud de l'Algérie, il y a des obstacles naturels infranchissables susceptibles d'isoler génétiquement des groupes locaux et donner deux écotypes différents.

Il faut remarquer aussi, que des différences méthodologiques peuvent entraîner une variation notable des mesures.



Conclusions et perspectives

Le présent travail a traité une étude morphologique des abeilles du Sud algérien dans 02 stations situées dans deux étages bioclimatique différents (étage aride et saharien), dont le but d'identifier les différentes races existantes dans cette région. En utilisant, les analyses statistiques appropriées à ce type de problématique, la description des données dans la méthode statistique univariée nous a révélé que l'abeille du Sud algérien est petite par rapport à l'abeille du Maroc, de la Tunisie et du Nord algérien pour la plus part des caractères morphologiques. Cette différenciation de taille revient à la faible richesse de la végétation et au climat difficile du Sud algérien qui pousse cette abeille à avoir un corps plus léger pour parcourir les longues distances en cherchant sa nourriture.

Notamment pour les analyses multivariées, l'analyse en composante principale montre que la caractéristique coloration est la plus discriminante et qui révèle l'existence de 03 écotypes. Le premier écotype concerne l'abeille jaune (la *sahariensis*), le second concerne l'abeille noire (*intermissa*) et le troisième écotype s'agit de l'abeille orange que nous préjugeons que c'est un hybride dû au croisement de l'abeille jaune avec l'abeille noire. Par ailleurs, l'existence de différences très hautement significatives entre les sites qui nous ont été illustré à travers la MANOVA, Cette variation intersites ne peut pas être attribuée aux facteurs éco-climatiques, étant donné que les abeilles vivent dans le même biotope. Nous pouvons plutôt l'attribuer à la taille des cellules du couvain, car c'est à ce niveau que se déroule le développement embryonnaire des abeilles et, par conséquent, peut affecter la taille des abeilles.

Et pour mieux identifier les différentes races d'abeille du Sud, il vaut mieux procéder ultérieurement à une analyse moléculaire.

Quand à nos résultats de l'étude comparative, pour la plus part des paramètres, sont inférieurs à celles trouvés par Achou (2007), ce qui nous a permis de déceler l'existence d'un gradient Nord-sud, d'après les règles de Bergman et d'Allen (Mayr, 1963) qui stipulent que les races des climats froids tendent à être plus grandes que les races de la même espèce vivant dans des climats chauds.

Ces résultats montrent une variation biogéographique au sein des populations du Sud interprétée par la discrimination en population locales.

Cette étude morphométrique devra être effectuée pour l'ensemble des échantillons à travers tout le territoire en utilisant seulement les caractères les plus discriminants et doit être complétée par une meilleure connaissance du patrimoine génétique apicole national afin de mieux valoriser le potentiel génétique national dans sa diversité.

ملخص

قمنا بدراسة بيومترية على نحل العسل الأليف و هذا بالنسبة للجنوب الجزائري (ولاية الأغواط و ولاية بشار)، حيث تم أخذ بطريقة عشوائية عينة من 11 موقع مجامع النحل، كل عينة تحتوي من 45 إلى 60 نحلة حيث أعطت بمجملها 567 نحلة. تم قياس 19 صفة مورفولوجية تقيدا بالعديد من الباحثين، وهذا نظرا لدورها في تحسين إنتاج العسل والشمع و كذا التمييز بين السلالات.

زيادة على هذا قمنا بدراسة مقارنة بين نحل الجنوب و الشمال الشرقي للبلاد لمعرفة الفوارق و كذلك الصفات التي تجمعهما، و قد أخذنا بعين الاعتبار 15 صفة مورفولوجية مشتركة تجمع هذه السلالات من النحل.

استعملنا طرق إحصائية متنوعة لدراسة متوسطات هذه الصفات المورفولوجية لتحديد الفوارق بين الجماعات المنتمية لنفس عشائر النحل.

وقد أثبتت هذه الدراسة، وجود بعض الفوارق المورفولوجية بين جماعات النحل المنتمية لنفس منطقة الجنوب، حيث لاحظنا وجود سلالات هجينة (hybrides) و هذا راجع لتزاوج بين سلالات نحل سوداء و صفراء وكذلك لوجود سلالات دخيلة راجعة لفعل الإنسان.

أما بالنسبة لدراسة المقارنة فقد وجدنا فوارق واضحة بين نحل منطقة الجنوب و نحل منطقة الشمال الشرقي الذي يرجع إلى تغيرات بما يسمى تغيرات (شمال-جنوب) والتي يمكن إرجاعها لعوامل بيئية محضة و هذا حسب قاعدة برغمان و ألان، التي يمكن تطبيقها على النحل حيث تشترط هذه القاعدة أن سلالات الحيوانات التي تعيش في المناخ البارد هي أكبر حجما من نفس سلالات الحيوانات التي تعيش في المناخ الحار. وهذا يدل أيضا على وجود تغيير بيوجيوغرافي ضمن السلالات المحلية.

Résumé

Une étude biométrique a été réalisée sur des abeilles ouvrières domestiques prélevées dans 11 sites du Sud Algérien situés dans l'étage bioclimatique aride (Wilaya Laghouat) et saharien (Wilaya Béchar). Sur chaque site, entre 45 et 60 abeilles ont été prélevées aléatoirement, ce qui représente un total de 567 abeilles. Pour chaque abeille, 19 caractères morphologiques ont été mesurés.

Par ailleurs, une étude comparative entre les abeilles du Sud et celles du Nord-est algérien a été faite pour ressortir les différences et les points communs entre ces abeilles et ainsi retrouver d'éventuels écotypes.

Les moyennes des caractères morphologiques ont été analysées par des méthodes statistiques afin de déterminer le domaine de variation des populations d'abeilles.

Ces analyses ont révélé l'existence des variations morphologiques entre les abeilles de l'ensemble des ruchers du Sud.

Concernant l'étude comparative, nous avons remarqué des grandes différences morphologiques entre les abeilles du Sud et les abeilles du Nord-est dû à l'existence du gradient Nord-Sud selon des règles écologiques de Bergman et d'Allen énoncées et qui stipulent que les races des climats froids tendent à être plus grandes que les races de la même espèce vivant dans des climats chauds. Ceci indique l'existence d'une variation biogéographique au sein de notre race locale.

Mots clés: *Apis mellifera intermissa* – *Apis mellifera sahariensis* – Etude morphométrique comparaison - hybrides - variation biogéographique.

Abstracts

A biometric study on domestic bees has been accomplished and taken from 11 sites in the Algerian South situated at the arid bioclimatic storey (Wilaya of Laghouat) and saharian bioclimatic storey (Wilaya of Béchar). 45 to 60 bees were taken randomly from each site, which represents a total of 567 bees. For each bee, 19 morphological characters used by several authors for racial discrimination have been measured and which contribute the most for honey and wax production.

Moreover a comparative study has been made between bees from South and North-East of Algeria to bring out differences and common points and also to find their different ecotype.

The morphological characters average have been analysed through statistical methods to assess the bees population variation area.












Such analysis has shown the existence of morphological variation among bees for the whole beehives in the South enabling us to determine some hybrids. Probably this was possible due to black bees *Apis mellifera intermissa*, yellow bees *Apis mellifera sahariensis* and foreign breed crossing due to anthropological effect.















Trough this comparative study, we have noticed large morphological rules terms that stipulate that cold climate breed tend to be much bigger than hot climate breeds.

















This indicates the existence of a biogeographical variation within our local breed.













Keywords: *Apis mellifera intermissa* – *Apis mellifera sahariensis* – biométric analysis – comparaison – hybrid – biogeographical variation.















Bibliographe


















-  **Abdellatif M. A., Abou-E-Naga A.M., A.M., Ali M.H., Shakir P.M. & Al-Jaltli M.K., 1977.** Biometrical studies on Iraq honeybees. *Journal of Apicultural research*, 16(3): 143-144.
-  **Achou M., 1997.** *Impact de l'ectoparasite, varroa jacobsoni, sur l'abeille ouvrière Apis mellifera intermissa, dans la région d'El Tarf: épidémiologie, effet sur la morphologie, l'anatomie et la composition chimique de l'hémolymph.* Thèse de Magistère, Université Annaba.
-  **Achou M., (2007).** Caractérisation morphométrique, biochimique et moléculaire des populations d'abeilles domestiques de l'Est algérien. Effets physiopathologiques de son parasite majeur *Varroa destructor*. Thèse de Doctorat; Biologie animale, Université Annaba.
-  **Adam. Br, 1994.** A la recherche de meilleures races d'abeilles. Publiées dans les *fiches techniques de l'oppida FT 11 20 BT*.
-  **Aidoud A., 1989.** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des haute plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse doct. USTHB, Alger, 240p.
-  **Akahira Y. & Sakagami S., 1959 a.,** A biometrical study of the Japanese honey bee observations upon some populations of Kyushu (studies on the JAPANESE HONEY BEE *Apis cerana Fabr.* III). *Journal of Hokkaido Gakugei University*, 10(2): 353-362.
-  **Akahira Y. & Sakagami S., 1959 b.,** Notes on the differences in some external characteristics between Japanese and European honey bee, *Apis cerana Fabr.* *Annotations Zoological Japanese*, 32(1): 35-42.
-  **Alpatov W.W., 1925.** Über die Verkleinerung der Rüssellänge der Honigbiene vom Süden nach Norden hin. *Zoologische Anzeiger*, 65: 103-111.
-  **Alpatov W.W., 1929.** Biometrical studies on variation and races of the honey bee *Apis mellifera L.* *Quarterly Review of Biology*, 4: 1- 58.
-  **Amoura M., 2004.** Etude de la Diversité Morphométrique et Génétique des Populations D'abeilles Domestiques *Apis mellifera intermissa* De L'EST Algérien. Thèse de Magistère, Université Annaba.
-  **Amssalu B., Nuru A., Radloff S.E., & Hepburn H.R., 2003.** Multivariate morphometric analysis of honeybees in the Ethiopian region. *Apidologie*, (sous presse).















-  **Baerends G.P., 1950.** Specialisations in organs and movements with a releasing function. *Symp. Soc. Exp. Biol.* IV, 337-360.
-  **Baldensperger P. J., 1932.** Variétés d'abeilles en Afrique du Nord. 5th Congress International d'*Entomologie*, Paris.
-  **Barour C., 2003.** Etude de la variabilité morphométrique et génétique de populations d'Abeilles domestiques *Apis mellifera* L. (Hymenoptera : Apidea) du Nord-est et du Sud algérien. Thèse de magistère. Université Badji-Mokhtar, Annaba. Algérie.
-  **Bergström, G. 1978.** Role of volatile chemicals in Ophrys-pollinator interactions. In *Biochemical aspects of plant and animal coevolution.* (ed. Harborne, J.) Harcourt Brace Jovanovich, London, New York, San Francisco, 207-231.
-  **Bertrand E., 1977.** La conduite du rucher. Ed. *Payot Lausanne* 1977. Réimpression 1983, pp. 157-161.
-  **Biri M., 1986.** *L'élevage moderne des abeilles.* Manuel pratique. Edition de *Vecchi S.A.* Paris.
-  **Biri M., 1997.** Le grand livre des abeilles. L'apiculture moderne. Edition de *Vecchi S.A.* Paris.
-  **Biri M., 1999.** Le grand livre des abeilles. L'apiculture moderne. Nouvelle édition mise à jour De *Vecchi S.A.* Paris.
-  **Bouroche J.M., & Saporata G., 1980.** L'analyse des données. 1^{er} édition. *Presses universitaires de France.* Paris, 127p.
-  **Buchmann, S.L., & Nabhan, G.P. (1996).** *the forgotten pollinators.* Island Press, Washington (DC)
-  **Buco S.M., Rinderer T.E., Syvester H.R., Lancaster V.A. & Crewe R.M., 1987.** Morphometric differences between South American Africanised and South African (*Apis mellifera scutellata*) Honey Bees. *Apidologie*, 18 (3): 217-222.
-  **Buttel-Reepens H.V., 1906.** Apistica Beiträge Zur Systematik. Biologie Sowie zur geschichtlichen und geographischen verbeitrung du Honigbienne (*Apis mellifera* L.) ihaer varietaten und übrigen. Apis-Arten., Berlin
-  **Caillas A., 1974.** La ruche de rapport et les produits de la ruche. Traité pratique d'apiculture.
-  **Chochlov B.A., 1916.** Investigations on the length of the bee tongue (In Russian). *Ministry of Agriculture, Petrograd*, 17-41.
















-  **Corbet, S.A., Williams, I.H. & Osborne, J.L. (1991).** Bees and the pollinisation of crops and wild flowers in the European community. *Bee world* 71: 47-59
-  **Cornuet J.M., Fresnaye J & Tassencourt, 1975.** Discrimination et classification d'abeilles à partir de caractères biométriques. *Apidologie*, 9(1): 145-187.
-  **Cornuet J.M., Fresnaye J. & Lavie P., 1978.** Etude biométrique de deux populations d'abeilles Cévenoles. *Apidologie*, 9(1): 41-55.
-  **Cornuet J. M., Albisetti J., Mallet N. & Fresnaye J., 1982.** Etude biométrique d'une population d'abeilles Landaises. *Apidologie*, 13(1): 3-13.
-  **Cornuet J.M., Daoudi A., Mohssine E.H. & Fresnaye J., 1988.** Etude biométrique de populations d'abeilles Marocaines. *Apidologie*, 19(4): 355-366.
-  **Cornuet J.M., 1989.** Genetic diversity in *Apis mellifera*. *ESA. Annu. Meet., Dec. 10-14, San Antonio, TX, USA.*
-  **Cornuet J.M., & Fresnaye J., 1989.** Étude biométrique de colonies d'abeilles d'Espagne et du Portugal. *Apidologie*, 20: 93-101.
-  **Cornuet J.M. and Garnery L. 1991.** Mitochondrial DNA variability in honey bees and its phylogeographic implications. *Apidologie*, 22: 627-642.
-  **Crewe R.M., Hepburn H.R & Moritz R.F.A., 1994.** Morphometric analysis of 2 southern African races of honeybee. *Apidologie*, 25: 61-70.
-  **Culliney T. W. 1983.** Origin and evolutionary of the honeybees *Apis*. *Bee World* 64: 29-37.
-  **Dade H. A. 1977.** Anatomy and dissection of honeybee. London International Bee Research Association.
-  **Dagnelie P., 1986.** *Analyse statistique à plusieurs variables*. Gembloux, Presses agronomiques, 362 p.
-  **Dagnelie P., 1999.** *Statistique théorique et appliquée*. Tome 2. Bruxelles. Université DE BOECK et LARCIER. 659p.
-  **Dally H.V., 1985.** Insect morphometric *Ann. Rev. Entomol.*, 30: 415-438.
-  **Decourtye, A. 2002.** Étude de l'impact de produits phytopharmaceutiques sur la survie et l'apprentissage associatif chez l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.).
-  **De La Rúa P., 1999.** Variabilidad genética, análisis molecular y filogenia de poblaciones ibéricas y canarias de *Apis mellifera* (Linneo 1758) (Hymenoptera: Apidae). Ph.D. tesis, Universidad de Murcia.














-  **Diniz-Filho J.A.F., Fuchs S., & Arias M.C., 1999.** Phylogeographical autocorrelation of phenotypic evolution in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Heredity*, 83: 671-680.
-  **Diniz-Filho J.A.F., Hepburn H.R., Radloff S.E., & Fuchs S., 2000.** Spatial analysis of morphological variation in African honeybees (*Apis mellifera* L.) on a continental scale. *Apidologie*, 31: 191-204.
-  **Djebaili S., 1978.** Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des Hautes Plaines Steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. Thèse doct. Montpellier, 229p.
-  **Doedikar G. B., C. V. Thakar and P. N. Shaw 1959.** Cytogenetic studies in India honey bees, I. Somatic chromosome complement in *Apis indica* and its bearing on evolution and phylogeny. *Proc. Ind. Acad. Sci* 49:194-206.
-  **Doedikar G. B. 1978.** Possibilities of origin and diversification angiospermes prior to continental drift. In *Recent research in geology*. Vol 4 ed K. B. Powar pp. 474-481 Delhi, Hindustan.
-  **Dupraw E., 1965.** Non-Linear taxonomy and the systematics of honeybees. *Systematic Zoology*, 14 : 1-24.
-  **Dutton R.W., Ruttner F., Rerkeley A. & Manely., 1981.** Observations of the morphology relationships and ecology of *Apis mellifera* of Oman. *Journal of Apicultural Research*, 20(4): 201-214.
-  **Dyer F. C., 1994.** Spatial cognition and navigation in insects. In *Behavioral Mechanisms in Evolutionary Ecology*. Real, L.A. (ed) University of Chicago Press, Chicago, IL.
-  **El Banby M.A. & Aboukorah M., 1976.** The inheritance of certain quantitative characters in the *ligusticaxfaciata* honeybee hybrid. *The Libyan Journal of Agriculture*, 5: 131-137.
-  **Emberger L., (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rec. Tr. Lab. Bot. Geo. Zool. Fac. Sci. Momtpellier, Ser. Bot.*, 7: 3-43
-  **Estoup A., Garnery L., Solignac M. & Cornuet J-M., 1995.** Microsatellite variation in honey bee (*Apis mellifera*) populations: hierarchical genetic structure and test of infinite and stepwise mutation models, *Genetics*, 140: 679-695.
-  **Franck P., Garnery L., Loiseau A., Oldroyd B.P., Hepburn H.R., Solignac M., & Cornuet J-M., 2001.** Genetic diversity of the honey bee in Africa: microsatellite and mitochondrial data. *The Genetics Society of Great Britain, Heredity*, 86: 420-430.













-  **Free, J.B. 1993.** *Insect pollination of crops*. Academic Press, New York.
-  **Frère Adam, 1953.** A la recherche des meilleures *lignées d'abeilles* (Second Voyage). Publié en français dans *La Belgique Apicole*, 19(4), 1955, 72-80; avec leur permission. Original in *Bee World*, 35(10), 1954, 193-203.
-  **Fresnaye J., 1965.** Etude biométrique de quelques caractères morphologiques de l'abeille noire française (*A. m. mellifera*). *Ann. Abeille*, 8 (4), 271-283.
-  **Fresnaye J., 1981.** Biométrie de l'abeille, 2^e éd. Echauffour (Orne), Office pour l'Information et la Documentation en Apiculture, 56 p.
-  **Frisch K. von, 1967.** The dance language and orientation of bees. Cambridge, Mass. Harvard University Press.
-  **Ftayeh A., Meixner M.D. & Fuchs S., 1994.** Morphological investigation in Syrian honeybees. *Apidologies*, 25: 396-401.
-  **Gadbin C., Cornuet J.M. & Fresnaye J., 1979.** Approche biométrique de la variété locale d'*Apis mellifera* L. dans le sud tchadien. *Apidologie*, 10(2): 137-148.
-  **Garnery L., Cornuet J-M., & Solignac M., 1992.** Evolutionary history of the honey bee (*Apis mellifera* L.) inferred from mitochondrial DNA analysis. *Mol. Ecol.*, 1: 145-154.
-  **Garnery L., Mosshine E.H., Oldroyd B.P. & Cornuet J-M., 1995.** Mitochondrial DNA variation in Moroccan and Spanish honey bee populations. *Molecular Ecology*, 4: 465-471.
-  **Garnery L., Franck P., Baudry E., Vautrin D., Cornuet J-M & Solignac M., 1998a.** Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis mellifera mellifera* and *A. m. iberica*). II. Microsatellite loci. *Genet. Sel. Evol.*, 30 (Suppl. 1): S49-S74.
-  **Garnery L., Franck P., Baudry E., Vautrin D., Cornuet J-M & Solignac M., 1998b.** Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis mellifera mellifera* and *A. m. iberica*). I. Mitochondrial DNA. *Genet. Sel. Evol.* 30 (Suppl. 1): S31-S47.
-  **Giavarini I., 1954.** Ricerche biometriche e morfologiche sui caratteri razziali di *Apis mellifica sicula* Grassi. *Mem. Soc. Entomol. Ital.*, 32, 129-139.
-  **Giavarini I., 1956.** Studio comparativo sulle lamine paramerali e sulle valve del pene in fuchi di *Apis mellifica ligustica* Spinola ed ibrida di questa con *Apis mellifica mellifica* L. *Apicolt. Italia*, 23 (9-10), 199-200.
-  **Goetze G.K.L., 1940.** Die beste Biene. 200 p. Liedloff. Loth et Macharlis Leipzig. Germany (cited from Daly, 1992).
















-  **Goetze G.K.L., 1963.** Die Honigbiene in natürlicher und künstlicher Zuchtauslese. 212 p. Paul Parey, Hamburg, Germany.
-  **Goetze G.K.L., 1964.** Die Honigbiene in natürlicher und künstlicher Zuchtauslese. Teil I, II. Parey, Hamburg, Germany, 265-273.
-  **Gould J.L., 1976.** The dance language controversy. *Quart. Rev. Biol.* 57, 211-244.
-  **Gould J.L. (1982).** *Ethology*. W.W. Norton, New York.
-  **Grissa K., Cornuet J.M., Msadda K. & Fresnaye J., 1990.** Etude biométrique de populations d'abeilles tunisiennes. *Apidologie*, 21: 303-310.
-  **Greininger O., 1982.** L'apiculture en Algérie. *Gazette Apicola*, 888: 131-141.
-  **Haccour P., 1960.** Recherche sur la race d'abeille saharienne au Maroc. *Compt. Rend. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 6, 96-98.
-  **Hassanein M.H. & El Banby M.A., 1956.** Studies on the biometrics of Egyptian honey bee, *Apis mellifera friciata Latr.* *Bull. Soc. Entom. Egypt*, 40: 127-130.
-  **Hepburn H.R., & Radloff S.E., 1996.** Morphometric and pheromonal analyses of *Apis mellifera* L along a transect from the Sahara to the Pyrenees. *Apidologie*, 27: 35-45.
-  **Hepburn H.R., Radloff S.E., 1997.** Biogeographical correlates of population variance in the honeybees (*Apis mellifera* L) of Africa. *Apidologie*, 28 : 243-258.
-  **Hepburn H.R., & Radloff S.E., 1998.** Honeybees of Africa. Springer-Verlag, Berlin.
-  **Hepburn H.R., Radloff S.E., & Oghiakhe S., 2000.** Mountain honeybees of Africa. *Apidologie*, 31: 205–221.
-  **Hepburn H.R., Smith D.R., Radloff S.E., and Fuchs S., & Otis G.W., 2001.** Infra specific categories of *Apis cerana*: morphometric, allozymal and mtADN diversity. *Apidologie*, 32 : 3-23.
-  **Holsinger, K.E. 1992.** Ecological models of plant mating systems and the evolutionary stability of mixed mating systems. *In Ecology and evolution of plant reproduction*. (ed. Waytt, R.) Chapman and Hall, New York, 169-191.
-  **Huberty C.J., 1994.** Applied discriminant analysis. New York, Wiley, 466p.
-  **Kandemir I., Kence M., & Kence A., 2000.** Genetic and morphometric variation in honeybee (*Apis mellifera* L.) populations of Turkey. *Apidologie*, 31: 343–356.
-  **Kearns, C.A., Inouye, D.W. & Waser, N.M. (1998).** Engangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual review of Ecology System* 29: 83-112.













-  **Kimsey G. E. 1984.** A re-evaluation of the polygenetic relationship in the Apidea (H). Syst; Entomol. 9: 435-441.
-  **Kshirsagar K.K. & Renade D.R. 1981.** Morphometric characterization of Indian hive bee *Apis cerana* F. (Apidae, Hymenoptera), worker. *J. Univ. Poona Sci. Trch.*, 54: 101-120.
-  **Kulagin N.M., 1906.** Die länge des bienenrüssels. *Zoologische Anzeiger*, 29 : 711-716.
-  **Leclerq B., 2003.** Apiculteur -CD Rom- L'abeille et l'homme, avec collaboration de la ruche école de Morhwvelz –Marmont- (Belgique).
-  **Le Houérou N. H., (1995).** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. *Cihem / A.C.C.T. Série B : Etudes et Recherches. N° 10.*
-  **Le Houérou N. H., 1998.** *A probabilistic approach to assessing arid rangelands' productivity, carrying capacity and stocking rates.* IFAD series: technical reports, 159-172.
-  **Le Houérou N. H., 2000.** Utilisation of fodder trees and shrubs in the arid and semi-arid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation.* 14: 101-135
-  **Le Houérou N. H., 2001.** Unconventionnal forage legumes for the rehabilitation of arid and semi-arid lands in the world isoclimatic mediterranean zones. *Arid lands research and management*, 15 (3), 31p.
-  **Leibig G., (1996).** Entwicklmg von Bienenvölkern. Gesellschaft der Freunde der Landesanstalt für Bienenkunde, Universität Hohenhein, In den Fressäkern 10, D-74321 Bietigheim- Bissingen
-  **Leporati M., Valli M. & Gavichi S., 1983.** Variazioni ambientali in popolazioni di *Apis mellifera ligustica* : Analisi del potere discriminatorio di alcuni carateri biometrici. *Quad. Doc. F.A.I.*, 4: 1-19.
-  **Leporati M., Valli M. & Cavcchi S., 1984.** Etude biométrique de la variabilité géographique des populations d'*Apis mellifera* en Italie septentrionale. *Apidologie*, 15(3): 285-302.
-  **Lindauer M., 1961.** Communication Among Social Bees. Harvard University Press, Cambridge, MA.
-  **Lindauer M., 1963** Kompassorientierung. *Ergeb. Biol.* 26, 158-181.
-  **Loucif W., 1993.** *Étude biométrique de populations d'abeilles dans l'est Algérien.* Thèse de magistère ; *Ecologie et physiologie animale.* ISN. Université Annaba.

-  **Loucif Ayad W., (2009).** Etude de la diversité génétique des abeilles domestiques algériennes (*Apis mellifera* L.) et évaluation de l'effet de divers acaricides sur les abeilles et leur parasite *Varroa destructor*.
-  **Louis J., Lefebvre J., Moratille R., & Fresnaye J., 1968.** Essai de discrimination de lignées consanguines d'abeilles domestiques (*A.m. mellifica* L.) obtenues par insémination artificielle. *Comptes Rendus*, L'Académie de Science, Paris, 267 Série D : 526-528.
-  **Louis J. & Lefebvre J., 1971.** Étude quantitative de la divergence dans l'évolution morphologique de certaines entités infraspécifiques d'abeilles domestiques (*A. mellifica* L.). *Compte Rendus*, L'Académie de Science, Paris, 266 Série D : 1131-1133.
-  **Louveaux J., 1966.** Les modalités de l'adaptation des Abeilles (*Apis mellifera*) au milieu naturel. *Am Abeille* 9 : 323-350.
-  **Louveaux J., 1969.** L'importance de la notion "écotype" chez l'abeille, in: 22^e *Conger. Int. Apic., Munich*, pp. 499-501.
-  **Louveaux J., 1980.** *Les abeilles et leur élevage*. Hachette.
-  **MacFarland D., 2001.** Le comportement animal (psychobiologie, éthologie et évolution). 3^e édition. De Boeck Université s.a., 2001.
-  **Mackensen O., 1954.** Further on a lethal series in the honeybee. *J. Heredity*. 46:72-74.
-  **Malyshev S. I., 1968.** Genesis of the Hymenoptera. London Methuen.
-  **Manning A., 1956.** The effect of honey guides. *Behaviour* 9, 114-139.
-  **Manning F.J., 1960.** A new fossil bee from Baltic amber. *Pro. XI Int. Cong. Entomol.* (Vienna) 1: 306-308.
-  **Marchenaye P., 1984.** L'homme et l'abeille; Ed. Barger-Levrault, Paris, 237p
-  **Marletto V., Manino A. & Balroni G., 1984.** Indagini biometriche alle popolazioni di *Apis mellifera* L. delle Alpi occidentali. *L'Apicoltore moderno*, 75: 213-323.
-  **Martynov W.A., 1901.** A bee colony exclusively with drone combs (In Russian). *Proceedings of the Moscow Agricultural Academy*, 7(1): 15-20.
-  **Mattu V.K. & Verma L.R., 1983.** Morphometric studies on the Indian honey bee, *Apis cerana indica* F. Effect of seasonal variations. *Apidologie*, 15 (1): 63-73.

-  **Mattu V.K. & Verma L.R., 1984 b.** Comparative morphometric studies on the Indian honeybee of the North-West Himalayas 2. *Wings Journal of Apicultural Research*, 23: 3-10.
-  **Mayr E., 1963.** Animal Species and evolution. Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Mass., USA.
-  **Meixner M.D., Ruttner F., Koeniger N. & Koeniger G., 1989.** The mountain bees of the Kilimanjaro region and their relation to neighboring bee populations. *Apidologie*, 20: 165-174.
-  **Michailov A.S., 1926.** On the increasing variability of the honey bee from north to south (In Russian). *Opytnaja Paseca*, 12: 13-14.
-  **Michener C. D., 1969.** Comparative social behavior of bees. *Ann. Rev. Entomol.* 14: 299-342.
-  **Michener C. D., 1974.** The social behavior of the bees: a comparative study. Cambridge, Mass, Harvard Univ. Press.
-  **Michener C. D. and L. Greenberg. 1980.** Ctenoplectridae and the origin of long-tongued bees. *Zool. J. Linn. Soc.* 69: 183-203.
-  **Moritz R.F.A., 1991.** The limitations of biometric control on pure race breeding in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 30(2): 54-59.
-  **Narayanan E.S., Sharma P.L. & Phadke K.G., 1961.** Studies a biometry of the Indian bees. III. Tongue length and number of books on the hin wings of *Apis indica* F. collected from *Madras Statics*. *Indian Bee J.*, 23 (1): 3-9.
-  **Nedjraoui D., 1981.** Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des Hautes Plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse 3^{ème} cycle USTHB, Alger, 156p + ann.
-  **Neilsen D.I., Ebert P.R. Hunt G.J., Guzmán-novoa E., Kinne S.A., & Page R., 1999.** Identification of Africanised honey bees (Hymenoptera: Apidea) Incorporating morphometrics and an improved polymerase chain reaction mitotyping procedure. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 92(2): 167-174.
-  **Oldroyd B.P., Rinderer T.E. & Buce S.M., 1991.** Heritability of morphological characters used to distinguish European and Africanized honeybees. *Theor. Appl. Genet.*, 82: 499-504.
-  **Oldroyd B. P., Sheppard W.S.& Stelzer J. A., 1992.** Genetic characterization of the bees of Kangaroo Island, South Australia. *Journal of Apicultural Research*, 31(3/4): 141-148.

-  **Oldroyd B.P., Cornuet J-M., Rowe D., Rinderer T.E., & Crosier R., 1995a.** Racial admixture of *Apis mellifera* in Tasmania, Australia: similarities and differences with natural hybrid zones in Europe. *Heridity*, 74: 315-325
-  **Padilla F., Puerta F., Flores J.M. & Bustos M., 1992a.** Bees, apiculture and the new world. *Arch. Zootec.*, 41: 563-567.
-  **Padilla F., Puerta F., Flores J.M. & Bustos M., 1992b.** Morphometric study of Andalusian bees. *Arch. Zootec.*, 41: 363-370.
-  **Padilla F., Fernández R., López J., Puerta F., Serrano J.M. & Bustos M., 1998.** Morphological study of honey bees on the Canary Islands (Gran Canaria, Tenerife, La Palma, Gomera). *Arch. Zootec.*, 47: 451-459.
-  **Padilla F., Da Silva M.J., Cabanes C., Vaquero E.J., Puerta F., Serrano J.M.F., & Ruiz M. B., 2001.** Biometric study of *Apis mellifera* populations from central Portugal and madeira. *Arch. Zootec.*, 50: 67-77.
-  **Palm P., 1998.** L'analyse en composantes principales: principes et applications. *Notes stat. Inform.* (Gembloux) 2000 / 1, 40p.
-  **Pimentel D., Wilson, C. MacCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman T. & Cliff, B., 1997.** Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience* 47: 747-754.
-  **Prost P.J., 1987.** *Apiculture. Connaître l'abeille. Conduire le rucher.* 6^{ème} édition, rev. et compl. Paris, Lavoisier, p.440
-  **Radloff S.R., Hepburn H.R., Robertson M.P., Hille R.V., Davidson Z., & Villet M.H., 1996.** Discriminant analysis of the honeybee populations of southwestern Africa. *African Entomology*, 4(1): 1-6.
-  **Radloff S.R., & Hepburn H.R., 1997a.** Multivariate analysis of honeybee populations, *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidea), from western central Africa: morphometrics and pheromones. *African Entomology*, 5(2): 195-204.
-  **Radloff S.R., & Hepburn H.R., 1997b.** Multivariate analysis of honeybees, *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidea), of the Horn of Africa. *African Entomology*, 5(1): 57-64.
-  **Radloff S.E. & Hepburn H.R., 2000.** Population structure and morphometric variance of the *Apis mellifera scutellata* group of honeybees in Africa. *Genetic and Molecular Biology*, 23(2): 305-316.

-  **Raven P. H. and D. I. Axelrod., 1974.** Angiosperm and biogeography and past continental movements *Ann. Mo. Bot. Gard.* 61:539-673.
-  **Rinderer T.E., Daly H. V., Sylvester H.A., Collins A.M., Bucu S.M., Hellmich R.L. & Danka R.G., 1990.** Morphometric differences among Africanized and European honey bees their F1 hybrids (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 83 (3): 346-351.
-  **Rinderer T.E., Oldroyd B.P., Wongsiri S., Sylvester H.A., Guzman L.I., Stelzer J.A. & Riggio R.M., 1995.** A morphological comparison of the dwarf honey bees of southeastern Thailand and Palawan, Philippines. *Apidologie*, 26: 387-394.
-  **Ruttner F., 1968.** Les races d'abeilles, in: -traité de Biologie de l'abeille- (Chauvin R., éd.), Masson, Paris, T-1, pp. 27-44.
-  **Ruttner F., 1975b.** african races of honey bees. *Proc. XXV Inter. Apic. Congress*, Grenoble, pp. 325-344.
-  **Ruttner F., Tassencourt L. & Louveaux J., 1978.** Biometrical statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L., *Apidologie*, 9: 368-381.
-  **Ruttner F., Pourasghar D., & Kauhausen D., 1985.** Die honigbienen des Iran. 2. *Apis mellifera meda* Skorikow, die Persische Biene, *Apidologie*, 16: 241-264.
-  **Ruttner F., 1986.** Geographical variability and classification. To Bee genetics and breeding, ed. Rindrer T.E., 23-55. *Olando, Pla: Academic Press*.
-  **Ruttner F., 1988.** Biogeography and Taxonomy of honeybees *Springer-Verlag*, Berlin, 284p.
-  **Ruttner F., Pour Elmi M. & Fuchs S., 2000.** Ecoclines in the Near East along 36°N latitude in *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 31: 157-165.
-  **SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météorol. Phys. Globe. Alger 1 carte.
-  **Sheppard W.S., Arias M.C., Grech A., & Meixner M.D., 1997.** *Apis mellifera ruttnerie*, a new honey bee subspecies from Malta. *Apidologie*, 28: 287-293.
-  **Smith D.R., Palopoli M.F., Taylor.B.R., Garnery L., Cornuet J.M., Solignac M., & Brown W.M., 1991.** Geographical overlap of two mitochondrial genomes in Spanish honey bees (*Apis mellifera iberica*). *J. Hered.*, 82: 96-100.
-  **Smith D.R., Crespi B.J. & Bookstein F.L., 1997 a.** Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera* : effects of ploidy and hybridization. *J. evol. Boil.* 10: 551-574.
-  **Smith D.R., Slaymaker A., palmer M. & kaftanoglu O., 1997 b.** Turkish honeybees belong to the East Mediterranean mitochondrial lineage. *Apidologie*, 28: 269-274.

-  **Snodgrass R. E., 1956.** Anatomy of the honeybee Ithaca, Cornell Univ. Pre
-  **Spivak M., Zeltzer A., DeGrandi-Hoffman G., & Martin J.H., 1990.** The influence of pupation temperature on the colour patterns and development time of queen honey bees. *American Bee Journal*, 130 : 814-825.
-  **Szabo T.L. & Lefkovich L.P., 1988.** Fourth generation of closed population honey bee breeding. 2. Relationship between morphological and colony traits. *Apidologie*, 19(3): 259-273.
-  **Szabo T.L., & Lefkovitch, P.L., 1992.** Heritability of colour patterns in a closed population of honeybees. *Apidologie*, 23: 151-159.
-  **Tilde A.C., Fuchs S., Koeniger N., & Cervancia C.R., 2000.** Morphometric diversity of *Apis mellifera* Fabr. Within the Philippines. *Apidologie*, 31: 249-263.
-  **Tomassone R., Fresnaye J., 1971.** Etude d'une méthode biométrique et statistique permettant la discrimination et la classification de populations d'abeilles (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 2(1): 49-65.
-  **Trusta M., Matsuka M., & Sasaki M., 1989.** Temperature as a causative factor in the seasonal colour dimorphism of *Apis cerana japonica* workers. *Apidologie*, 20 : 149-155.
-  **Wehner R., 1997.** Sensory systems and behaviour. In Krebs, J.R. and Davies, N.B. (eds) *Behaviour Ecology*, 4th edn. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
-  **Wille H. und Gerig L., 1975.** Periodizität in der Eiblage der Bienenköniginnen (*Apis mellifica* L.) *Mitteil. Schweiz. Entomol. Ges* 48 (1-2) 91-97.
-  **Winston M.L. and Michener C. D., 1977.** Dual origin of highly social behaviour among bees. *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.)* 74: 11, 34-37
-  **Winston M.L., 1993.** *La biologie de l'abeille* / Mark L.Winston, trad. De l'anglais par Gustave Lamb Ermont. Ed. *Frison-Roche*, Paris.
-  **Zeuner F. E. and Manning F. J., 1976.** A monography on fossil bees (Hymenoptera Apoidea). *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist.* 27: 1-286.



Annexes

Tableau 5 : Paramètres statistiques de base pour les sites (sites 1 et 2)
Nacer Benchohra et Bodj Snousi

Caractères morphologiques	Nacer Benchohra (site1)			Bordj Snousi (site2)		
	m±s	min.	max.	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,17±0,115	6,88	7,44	7,13±0,173	6,80	7,60
Largeur aile antérieure	2,31±0,050	2,20	2,45	2,35±0,050	2,20	2,45
Longueur nervure A	0,38±0,022	0,32	0,44	0,37±0,022	0,32	0,44
Longueur nervure B	0,18±0,032	0,14	0,37	0,18±0,023	0,12	0,24
Longueur aile postérieure	4,89±0,106	4,47	5,10	4,73±0,146	4,44	5,04
Largeur aile postérieure	1,37±0,045	1,28	1,46	1,41±0,046	1,22	1,52
Longueur de fémur	2,12±0,054	1,98	2,24	2,09±0,040	2,04	2,18
Longueur de tibia	2,53±0,095	2,30	2,71	2,48±0,061	2,36	2,60
Longueur de métatarse	1,60±0,058	1,36	1,70	1,59±0,036	1,52	1,66
Largeur de métatarse	0,91±0,038	0,80	1,04	0,92±0,032	0,86	1,00
Longueur totale de la patte	6,26±0,191	5,50	6,59	6,16±0,133	5,80	6,34
Longueur du flagelle antennaire	2,32±0,061	2,16	2,44	2,32±0,075	2,11	2,46
Tomentum	1,82±0,046	1,71	1,90	1,73±0,072	1,56	2,01
Pilosité	0,43±0,043	0,34	0,52	0,43±0,045	0,28	0,51
Coloration	0,40±0,054	0,16	0,48	0,43±0,034	0,36	0,52
Longueur de la langue	3,77±0,233	3,54	4,68	3,93±0,357	3,45	4,62
Indice cubital	2,12±0,330	1,02	3,08	2,06±0,331	1,50	3,16
Aile antérieure longueur/largeur	3,05±0,215	2,02	3,21	3,03±0,069	2,90	3,20
Métatarse longueur/largeur	1,75±0,010	1,57	1,90	1,72±0,060	1,56	1,81

Tableau 6 : Paramètres statistiques de base pour les sites : **30km du nord de Laghouat (rucher 1 et rucher 2)**

Caractères morphologiques	30km du nord de Laghouat (site 3)			30km du nord de Laghouat (site 4)		
	m±s	min.	max.	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,18±0,114	6,80	7,44	7,27±0,126	6,96	7,52
Largeur aile antérieure	2,38±0,040	2,29	2,47	2,38±0,056	2,25	2,50
Longueur nervure A	0,41±0,044	0,36	0,58	0,39±0,029	0,36	0,48
Longueur nervure B	0,18±0,015	0,16	0,22	0,18±0,024	0,10	0,24
Longueur aile postérieure	4,80±0,127	4,56	5,10	4,88±0,109	4,56	5,16
Largeur aile postérieure	1,44±0,047	1,36	1,68	1,44±0,031	1,40	1,50
Longueur fémur	2,20±0,098	2,08	2,36	2,12±0,041	2,04	2,20
Longueur tibia	2,56±0,067	2,36	2,68	2,57±0,071	2,40	2,72
Longueur métatarse	1,63±0,048	1,52	1,76	1,61±0,043	1,52	1,68
Largeur métatarse	0,92±0,028	0,87	0,99	0,95±0,029	0,88	1,02
Longueur totale de la patte	6,31±0,147	5,80	6,52	6,31±0,132	6,00	6,56
Longueur du flagelle antennaire	2,30±0,065	2,16	2,46	2,35±0,057	2,16	2,48
Tomentum	1,77±0,105	1,42	1,94	1,81±0,080	1,56	1,94
Pilosité	0,37±0,064	0,21	0,52	0,44±0,053	0,32	0,54
Coloration	0,43±0,088	0,36	1,00	0,72±0,319	0,36	1,16
Longueur de la langue	3,88±0,356	3,42	5,10	4,11±0,406	3,48	4,86
Indice cubital	2,31±0,321	1,63	3,24	2,24±0,412	1,63	3,80
Aile antérieure longueur/largeur	2,97±0,199	2,03	3,13	3,04±0,053	2,93	3,16
Métatarse longueur/largeur	1,76±0,064	1,60	1,89	1,68±0,059	1,58	1,82

Tableau 7 : Paramètres statistiques de base pour les sites :
El Assafia (rucher1 et rucher2)

Caractères morphologiques	El Assafia (site 5)			El Assafia (site 6)		
	m±s	min.	max.	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,12±0,154	6,80	7,60	7,13±0,172	6,80	7,52
Largeur aile antérieure	2,29±0,043	2,20	2,43	2,49±0,238	2,17	2,94
Longueur nervure A	0,41±0,028	0,36	0,50	0,42±0,041	0,36	0,52
Longueur nervure B	0,16±0,021	0,12	0,22	0,16±0,013	0,12	0,18
Longueur aile postérieure	4,73±0,122	4,32	4,98	4,81±0,098	4,50	4,98
Largeur aile postérieure	1,39±0,044	1,28	1,48	1,38±0,051	1,24	1,48
Longueur fémur	2,10±0,046	1,96	2,18	2,11±0,081	2,00	2,32
Longueur tibia	2,53±0,084	2,24	2,64	2,53±0,069	2,32	2,64
Longueur métatarse	1,62±0,082	1,48	2,00	1,62±0,047	1,52	1,72
Largeur métatarse	0,91±0,045	0,84	1,00	0,91±0,033	0,84	0,98
Longueur totale de la patte	6,25±0,166	5,78	6,64	6,25±0,162	5,84	6,52
Longueur du flagelle antennaire	2,25±0,086	2,00	2,40	2,29±0,058	2,16	2,48
Tomentum	1,75±0,055	1,64	1,90	1,81±0,063	1,60	1,94
Pilosité	0,38±0,071	0,25	0,56	0,43±0,064	0,28	0,59
Coloration	0,53±0,176	0,24	0,96	0,42±0,089	0,20	0,76
Longueur de la langue	4,28±0,433	3,54	5,40	3,87±0,316	3,36	4,74
Indice cubital	2,57±0,458	1,63	3,66	2,67±0,436	2,044	4,33
Aile antérieure longueur/largeur	2,98±0,210	2,63	3,34	2,81±0,366	2,16	3,21
Métatarse longueur/largeur	1,76±0,136	1,21	2,28	1,75±0,062	1,62	1,90

Tableau 8 : Paramètres statistiques de base pour les sites : **Zbara (rucher1)**
et Mhidjiba (rucher1)

Caractères morphologiques	Zbara (site 7)			Mhidjiba (site 8)		
	m±s	min.	max.	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,33±0,145	6,88	7,64	7,36±0,135	7,12	7,76
Largeur aile antérieure	2,43±0,056	2,27	2,60	2,44±0,068	2,25	2,66
Longueur nervure A	0,41±0,038	0,28	0,48	0,44±0,030	0,36	0,52
Longueur nervure B	0,17±0,020	0,12	0,22	0,19±0,027	0,14	0,26
Longueur aile postérieure	4,88±0,097	4,68	5,16	5,04±0,109	4,74	5,22
Largeur aile postérieure	1,40±0,035	1,36	1,50	1,45±0,048	1,34	1,54
Longueur fémur	2,18±0,047	2,08	2,28	2,17±0,042	2,04	2,24
Longueur tibia	2,64±0,061	2,52	2,76	2,60±0,063	2,48	2,76
Longueur métatarse	1,66±0,047	1,56	1,76	1,66±0,041	1,56	1,76
Largeur métatarse	0,94±0,037	0,86	1,04	0,96±0,033	0,88	1,04
Longueur totale de la patte	6,48±0,141	6,20	6,76	6,47±0,147	6,00	6,72
Longueur du flagelle antennaire	2,36±0,061	2,20	2,48	2,38±0,064	2,20	2,52
Tomentum	1,81±0,048	1,67	1,90	1,84±0,051	1,71	1,94
Pilosité	0,49±0,050	0,39	0,59	0,45±0,050	0,35	0,56
Coloration	0,27±0,110	0,12	0,44	0,16±0,032	0,08	0,20
Longueur de la langue	4,05±0,327	2,87	4,80	4,12±0,407	3,66	4,92
Indice cubital	2,43±0,412	1,54	3,50	2,29±0,404	1,45	3,25
Aile antérieure longueur/largeur	3,01±0,067	2,89	3,20	3,05±0,099	2,70	3,21
Métatarse longueur/largeur	1,77±0,080	1,61	2,02	1,72±0,064	1,60	1,82

Tableau 9: Paramètres statistiques de base pour les sites :
Mhidjiba (rucher2) et Benziregh

Caractères morphologiques	Mhidjiba (site 9)			Benziregh (site 10)		
	m±s	min.	max.	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,29±0,214	6,96	7,68	7,19±0,151	6,80	7,96
Largeur aile antérieure	2,41±0,59	2,30	2,57	2,42±0,076	2,11	2,55
Longueur nervure A	0,44±0,034	0,36	0,52	0,43±0,027	0,34	0,48
Longueur nervure B	0,19±0,026	0,14	0,24	0,15±0,022	0,12	0,20
Longueur aile postérieure	5,04±0,153	4,74	5,28	4,80±0,120	4,50	5,04
Largeur aile postérieure	1,45±0,050	1,32	1,56	1,42±0,043	1,30	1,52
Longueur fémur	2,17±0,095	2,04	2,38	2,10±0,036	2,04	2,24
Longueur tibia	2,60±0,054	2,48	2,72	2,51±0,044	2,40	2,60
Longueur métatarse	1,66±0,047	1,52	1,76	1,65±0,035	1,56	1,72
Largeur métatarse	0,96±0,034	0,88	1,04	0,90±0,067	0,44	0,96
Longueur totale de la patte	6,47±0,146	6,01	6,72	6,26±0,083	6,02	6,44
Longueur du flagelle antennaire	2,38±0,073	2,12	2,52	2,31±0,085	2,08	2,48
Tomentum	1,84±0,055	1,67	1,94	1,76±0,047	1,67	1,86
Pilosité	0,45±0,050	0,34	0,56	0,47±0,052	0,34	0,61
Coloration	0,16±0,326	0,12	0,20	0,84±0,111	0,64	1,12
Longueur de la langue	4,12±0,400	3,48	4,92	4,07±0,404	3,54	4,80
Indice cubital	2,29±0,396	1,53	3,25	2,81±0,518	2,10	4,00
Aile antérieure longueur/largeur	3,05±0,071	2,90	3,21	2,95±0,078	2,81	3,37
Métatarse longueur/largeur	1,72±0,060	1,58	1,82	1,82±0,253	1,70	3,72

Tableau 10: Paramètres statistiques de base pour le site : **Zbara (rucher2)**

Caractères morphologiques	Zbara (site 11)		
	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,31±0,091	7,12	7,52
Largeur aile antérieure	2,44±0,047	2,35	2,55
Longueur nervure A	0,41±0,032	0,36	0,50
Longueur nervure B	0,18±0,021	0,14	0,22
Longueur aile postérieure	4,97±0,098	4,80	5,22
Largeur aile postérieure	1,43±0,033	1,36	1,52
Longueur fémur	2,17±0,039	2,12	2,30
Longueur tibia	2,62±0,048	2,52	2,72
Longueur métatarse	1,68±0,031	1,62	1,76
Largeur métatarse	0,94±0,021	0,89	1,00
Longueur totale de la patte	6,46±0,130	6,20	6,78
Longueur du flagelle antennaire	2,37±0,104	2,08	2,52
Tomentum	1,83±0,055	1,67	1,90
Pilosité	0,45±0,044	0,38	0,56
Coloration	0,23±0,084	0,12	0,44
Longueur de la langue	4,24±0,373	3,72	5,04
Indice cubital	2,30±0,368	1,69	3,28
Aile antérieure longueur/largeur	2,99±0,046	2,88	3,09
Métatarse longueur/largeur	1,80±0,120	1,68	2,56

Tableau 11 : Paramètres statistiques des 19 caractères morphologiques pour l'ensemble des sites (ruchers) zone Sud

Caractères morphologiques	m±s	min.	max.
Longueur aile antérieure	7,24±0,181	6,80	7,97
Largeur aile antérieure	2,39±0,104	2,11	2,94
Longueur nervure A	0,41±0,038	0,28	0,58
Longueur nervure B	0,17±0,025	0,10	0,37
Longueur aile postérieure	4,87±0,152	4,32	5,28
Largeur aile postérieure	1,41±0,049	1,22	1,68
Longueur fémur	2,14±0,072	1,96	2,38
Longueur tibia	2,56±0,080	2,24	2,76
Longueur métatarse	1,63±0,0500	1,36	2,00
Largeur métatarse	0,93±0,038	0,80	1,04
Longueur totale de la patte	6,32±0,172	5,50	6,78
Longueur du flagelle antennaire	2,33±0,082	2,00	2,52
Tomentum	1,79±0,071	1,42	2,01
Pilosité	0,44±0,063	0,21	0,61
Coloration	0,45±0,254	0,12	1,16
Longueur de la langue	4,04±0,397	2,87	5,40
Indice cubital	2,40±0,460	1,02	4,33
Aile antérieure longueur/largeur	2,99±0,176	2,02	3,37
Métatarse longueur/largeur	1,76±0,120	1,21	3,72

Tableau 15: Matrice de corrélation des 19 variables du site
Nacer Benchohra (site 1)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,604 0,000					
[X3]	0,309 0,029	0,478 0,000				
[X4]	-0,039 0,790	0,012 0,935	-0,135 0,351			
[X5]	0,547 0,000	0,190 0,185	0,031 0,830	-0,092 0,527		
[X6]	0,578 0,000	0,596 0,000	0,252 0,078	0,099 0,493	0,422 0,002	
[X7]	0,594 0,000	0,443 0,001	0,218 0,129	0,047 0,748	0,491 0,000	0,659 0,000
[X8]	0,430 0,002	0,452 0,001	0,363 0,010	-0,196 0,171	0,281 0,048	0,578 0,000
[X9]	0,541 0,000	0,492 0,000	0,275 0,054	0,320 0,024	0,311 0,028	0,684 0,000
[X10]	0,520 0,000	0,398 0,004	0,234 0,103	0,085 0,559	0,389 0,005	0,600 0,000
[X11]	0,680 0,000	0,569 0,000	0,344 0,014	0,030 0,835	0,468 0,001	0,742 0,000
[X12]	0,469 0,001	0,457 0,001	0,076 0,599	-0,153 0,289	0,526 0,000	0,551 0,000
[X13]	0,383 0,006	0,009 0,953	-0,035 0,809	-0,374 0,007	0,288 0,042	0,232 0,105
[X14]	0,151 0,295	0,010 0,945	-0,243 0,090	0,005 0,975	0,174 0,227	-0,025 0,863
[X15]	0,086 0,555	-0,011 0,942	-0,202 0,160	0,075 0,604	0,063 0,663	0,238 0,096
[X16]	0,058 0,688	0,131 0,366	0,023 0,874	-0,005 0,972	0,206 0,151	0,049 0,737
[X17]	0,115 0,428	0,212 0,140	0,563 0,000	-0,828 0,000	0,006 0,965	-0,057 0,697
[X18]	0,064 0,661	-0,304 0,032	-0,161 0,265	-0,018 0,902	0,188 0,192	-0,072 0,619
[X19]	-0,079 0,586	0,006 0,967	0,030 0,834	0,235 0,101	-0,169 0,241	-0,011 0,930

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,424 0,002					
[X9]	0,693 0,000	0,417 0,003				
[X10]	0,701 0,000	0,341 0,015	0,612 0,000			
[X11]	0,842 0,000	0,583 0,000	0,864 0,000	0,695 0,000		
[X12]	0,600 0,000	0,333 0,018	0,569 0,000	0,579 0,000	0,654 0,000	
[X13]	0,435 0,002	0,107 0,461	0,194 0,178	0,302 0,033	0,376 0,007	0,423 0,002
[X14]	0,033 0,822	0,011 0,941	0,068 0,638	0,184 0,201	0,014 0,924	0,161 0,263
[X15]	0,166 0,249	-0,007 0,960	0,138 0,338	0,045 0,754	0,130 0,369	0,032 0,825
[X16]	0,006 0,965	0,072 0,617	0,075 0,604	0,024 0,867	0,110 0,447	0,023 0,873
[X17]	0,029 0,842	0,219 0,126	-0,201 0,162	0,006 0,966	0,053 0,717	0,058 0,688
[X18]	-0,002 0,991	0,007 0,959	-0,015 0,916	-0,133 0,355	-0,001 0,992	-0,118 0,414
[X19]	-0,139 0,337	0,041 0,780	0,294 0,039	-0,553 0,000	0,030 0,835	-0,122 0,398
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	0,128 0,377					
[X15]	0,147 0,310	-0,154 0,284				
[X16]	-0,294 0,039	0,066 0,647	-0,369 0,008			
[X17]	0,292 0,040	-0,121 0,401	-0,179 0,214	-0,007 0,964		
[X18]	0,212 0,140	0,021 0,886	0,329 0,020	-0,300 0,034	-0,037 0,800	
[X19]	-0,204 0,155	-0,159 0,271	0,109 0,449	0,028 0,848	-0,219 0,126	0,153 0,288

Tableau 16: Matrice de corrélation des 19 variables du site
Bordj Snoussi (Site 2)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,509 0,000					
[X3]	-0,167 0,273	-0,254 0,092				
[X4]	0,229 0,131	0,094 0,538	-0,267 0,076			
[X5]	0,503 0,000	0,587 0,000	-0,000 0,999	-0,043 0,779		
[X6]	0,502 0,000	0,604 0,000	-0,245 0,104	0,229 0,131	0,385 0,009	
[X7]	0,502 0,000	0,431 0,003	0,027 0,858	0,180 0,237	0,616 0,000	0,227 0,133
[X8]	0,156 0,306	0,347 0,019	0,011 0,941	0,008 0,959	0,277 0,065	0,075 0,623
[X9]	0,276 0,067	0,360 0,015	0,057 0,711	-0,188 0,217	0,497 0,001	0,215 0,157
[X10]	0,249 0,099	0,642 0,000	-0,166 0,276	0,399 0,007	0,361 0,015	0,486 0,001
[X11]	0,324 0,030	0,376 0,011	0,027 0,858	0,054 0,723	0,452 0,002	0,194 0,202
[X12]	0,285 0,058	0,155 0,308	-0,414 0,005	0,134 0,380	0,078 0,610	0,280 0,062
[X13]	0,124 0,417	0,245 0,106	-0,064 0,674	0,269 0,074	0,273 0,070	0,257 0,088
[X14]	-0,254 0,092	-0,169 0,267	-0,099 0,516	0,159 0,296	-0,065 0,671	-0,097 0,528
[X15]	0,339 0,023	0,320 0,032	0,132 0,387	-0,105 0,492	0,441 0,002	0,202 0,183
[X16]	0,240 0,112	0,213 0,159	0,017 0,912	0,211 0,165	0,094 0,540	0,277 0,066
[X17]	-0,230 0,128	-0,201 0,185	0,592 0,000	-0,896 0,000	0,026 0,864	-0,248 0,100
[X18]	0,574 0,000	-0,412 0,005	0,065 0,670	0,157 0,302	-0,025 0,872	-0,038 0,802
[X13]	-0,068 0,655	-0,408 0,005	0,215 0,157	-0,514 0,000	-0,046 0,764	-0,352 0,018

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,393 0,008					
[X9]	0,554 0,000	0,494 0,001				
[X10]	0,394 0,007	0,379 0,010	0,306 0,041			
[X11]	0,646 0,000	0,688 0,000	0,787 0,000	0,377 0,011		
[X12]	0,084 0,582	0,140 0,360	0,109 0,474	0,207 0,173	0,137 0,368	
[X13]	0,421 0,004	0,350 0,018	0,403 0,006	0,478 0,001	0,472 0,001	0,120 0,433
[X14]	-0,106 0,490	0,052 0,735	-0,023 0,882	-0,038 0,803	-0,050 0,746	-0,277 0,065
[X15]	0,381 0,010	0,086 0,573	0,285 0,058	0,225 0,138	0,319 0,033	0,001 0,997
[X16]	0,127 0,405	0,140 0,360	0,041 0,790	0,273 0,070	0,151 0,321	0,022 0,887
[X17]	-0,167 0,272	-0,033 0,831	0,109 0,476	-0,403 0,006	-0,070 0,648	-0,278 0,064
[X18]	0,124 0,416	-0,161 0,290	-0,046 0,763	-0,341 0,022	-0,012 0,938	0,155 0,310
[X19]	-0,034 0,825	-0,054 0,726	0,340 0,022	-0,789 0,000	0,132 0,386	-0,144 0,345
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	0,059 0,700					
[X15]	-0,024 0,875	0,006 0,968				
[X16]	-0,130 0,396	0,225 0,136	0,089 0,562			
[X17]	-0,309 0,039	-0,153 0,315	0,147 0,336	-0,073 0,633		
[X18]	-0,097 0,525	-0,104 0,497	0,054 0,725	0,057 0,710	-0,056 0,712	
[X19]	-0,214 0,158	0,030 0,844	-0,038 0,807	-0,240 0,112	0,473 0,001	0,312 0,037

Tableau 17: Matrice de corrélation des 19 variables du site 3 situé à 30km de la commune de Laghouat (rucher 1)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,636 0,000					
[X3]	-0,041 0,780	0,023 0,873				
[X4]	0,089 0,538	0,206 0,151	-0,111 0,443			
[X5]	0,562 0,000	0,482 0,000	-0,232 0,105	0,079 0,584		
[X6]	0,228 0,111	0,349 0,013	0,082 0,572	-0,068 0,639	0,078 0,591	
[X7]	0,170 0,239	0,147 0,309	0,061 0,676	-0,036 0,803	0,113 0,436	0,046 0,754
[X8]	0,494 0,000	0,460 0,001	-0,069 0,636	0,075 0,605	0,630 0,000	0,216 0,133
[X9]	0,436 0,002	0,462 0,001	-0,142 0,325	-0,080 0,580	0,195 0,176	0,290 0,041
[X10]	0,429 0,002	0,429 0,002	0,226 0,115	-0,203 0,157	0,279 0,050	0,220 0,125
[X11]	0,498 0,000	0,477 0,000	-0,285 0,045	0,020 0,892	0,552 0,000	0,238 0,095
[X12]	0,159 0,270	0,166 0,248	0,363 0,010	-0,165 0,252	-0,011 0,938	0,161 0,263
[X13]	0,117 0,419	0,291 0,041	-0,171 0,234	0,003 0,981	0,036 0,803	0,328 0,020
[X14]	-0,215 0,134	-0,000 1,000	0,290 0,041	0,150 0,297	-0,045 0,754	-0,010 0,945
[X15]	-0,089 0,541	0,006 0,966	0,563 0,000	0,001 0,995	-0,066 0,647	-0,013 0,930
[X16]	0,076 0,599	0,154 0,285	-0,212 0,140	0,155 0,283	0,063 0,664	-0,016 0,910
[X17]	-0,082 0,571	-0,116 0,424	0,822 0,000	-0,633 0,000	-0,248 0,082	0,103 0,478
[X8]	-0,097 0,503	-0,177 0,218	0,112 0,440	-0,075 0,603	0,223 0,120	-0,051 0,726
[X19]	0,005 0,975	0,021 0,885	-0,304 0,032	0,117 0,420	-0,066 0,648	0,045 0,758

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,105 0,469					
[X9]	0,071 0,624	0,531 0,000				
[X10]	0,179 0,213	0,401 0,004	0,276 0,053			
[X11]	0,064 0,658	0,814 0,000	0,604 0,000	0,259 0,069		
[X12]	0,133 0,357	0,160 0,268	0,139 0,337	0,313 0,027	0,063 0,663	
[X13]	0,044 0,762	0,100 0,489	0,045 0,756	0,118 0,413	0,169 0,241	0,005 0,972
[X14]	0,113 0,433	-0,102 0,479	-0,129 0,372	-0,187 0,195	-0,248 0,082	0,032 0,823
[X15]	0,150 0,298	-0,072 0,618	-0,207 0,149	0,146 0,311	-0,301 0,034	0,088 0,542
[X16]	0,022 0,878	-0,013 0,931	0,138 0,338	-0,121 0,401	0,111 0,442	-0,280 0,049
[X17]	0,071 0,623	-0,082 0,569	-0,033 0,822	0,242 0,090	-0,212 0,140	0,359 0,011
[X18]	0,142 0,325	-0,048 0,740	-0,454 0,001	-0,096 0,509	-0,061 0,676	0,075 0,605
[X19]	-0,097 0,503	0,099 0,495	0,577 0,000	-0,624 0,000	0,275 0,054	-0,148 0,303
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	-0,046 0,752					
[X15]	-0,157 0,276	0,399 0,004				
[X16]	-0,058 0,690	-0,057 0,695	-0,015 0,918			
[X17]	-0,130 0,370	0,136 0,347	0,412 0,003	-0,250 0,080		
[X18]	-0,077 0,593	-0,028 0,847	0,049 0,737	0,014 0,922	0,125 0,388	
[X19]	-0,072 0,617	0,055 0,704	-0,289 0,042	0,213 0,138	-0,233 0,104	-0,278 0,051

Tableau 18: Matrice de corrélation des 19 variables du site 4 situé à 30km du la commune de Laghouat (rucher 2)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,668 0,000					
[X3]	0,189 0,188	0,165 0,251				
[X4]	-0,055 0,706	-0,172 0,232	-0,257 0,071			
[X5]	0,574 0,000	0,239 0,095	0,289 0,042	-0,015 0,916		
[X6]	0,528 0,000	0,538 0,000	0,148 0,306	-0,016 0,910	0,447 0,001	
[X7]	0,431 0,002	0,482 0,000	0,123 0,395	-0,089 0,538	0,429 0,002	0,499 0,000
[X8]	0,656 0,000	0,641 0,000	0,231 0,106	-0,080 0,581	0,397 0,004	0,592 0,000
[X9]	0,450 0,001	0,431 0,002	0,216 0,132	-0,159 0,271	0,387 0,005	0,432 0,002
[X10]	0,444 0,001	0,301 0,034	-0,028 0,849	-0,009 0,953	0,349 0,013	0,486 0,000
[X11]	0,520 0,000	0,554 0,000	0,233 0,103	-0,167 0,245	0,414 0,003	0,553 0,000
[X12]	0,304 0,032	0,137 0,343	0,053 0,717	-0,078 0,590	0,292 0,040	0,357 0,011
[X13]	0,104 0,473	0,025 0,864	-0,154 0,285	-0,221 0,122	0,233 0,104	0,187 0,194
[X14]	-0,061 0,675	0,052 0,720	-0,014 0,924	0,096 0,506	-0,181 0,209	-0,167 0,246
[X15]	0,172 0,231	0,270 0,058	0,173 0,229	-0,029 0,844	0,034 0,816	0,237 0,097
[X16]	-0,052 0,719	-0,122 0,398	-0,150 0,300	0,185 0,198	0,116 0,422	-0,253 0,077
[X17]	0,175 0,225	0,212 0,140	0,547 0,000	-0,912 0,000	0,143 0,323	0,096 0,509
[X18]	0,090 0,532	-0,680 0,000	-0,034 0,815	0,171 0,236	0,242 0,091	-0,201 0,162
[X19]	-0,036 0,806	0,074 0,611	0,194 0,178	-0,122 0,399	-0,015 0,920	-0,094 0,518

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,630 0,000					
[X9]	0,655 0,000	0,605 0,000				
[X10]	0,445 0,001	0,314 0,026	0,282 0,047			
[X11]	0,723 0,000	0,811 0,000	0,735 0,000	0,327 0,020		
[X12]	0,284 0,045	0,392 0,005	0,402 0,004	0,105 0,468	0,288 0,042	
[X13]	0,233 0,103	0,147 0,308	0,193 0,179	0,148 0,305	0,175 0,223	0,323 0,022
[X14]	-0,092 0,526	0,054 0,711	-0,054 0,708	-0,104 0,473	0,018 0,903	0,039 0,787
[X15]	0,033 0,818	0,190 0,187	0,102 0,480	0,073 0,614	0,182 0,205	0,246 0,085
[X16]	-0,134 0,352	-0,065 0,654	-0,106 0,464	-0,081 0,575	-0,084 0,563	-0,059 0,685
[X17]	0,160 0,268	0,198 0,169	0,209 0,145	0,062 0,670	0,254 0,075	0,081 0,574
[X18]	-0,223 0,119	-0,207 0,150	-0,130 0,369	0,030 0,834	-0,225 0,116	0,121 0,403
[X19]	0,108 0,457	0,197 0,171	0,527 0,000	-0,665 0,000	0,279 0,049	0,209 0,146
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	-0,110 0,447					
[X15]	-0,288 0,042	0,258 0,070				
[X16]	-0,020 0,891	-0,103 0,475	-0,043 0,765			
[X17]	0,125 0,386	-0,101 0,486	0,131 0,364	-0,176 0,222		
[X18]	0,067 0,643	-0,131 0,363	-0,191 0,184	0,111 0,443	-0,108 0,456	
[X19]	0,003 0,982	0,053 0,713	0,020 0,892	-0,020 0,888	0,114 0,432	-0,126 0,381

Tableau 19: Matrice de corrélation des 19 variables du site 5
El Assafia (rucher 1)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,185 0,156					
[X3]	0,048 0,715	0,251 0,053				
[X4]	0,189 0,147	-0,122 0,354	-0,409 0,001			
[X5]	0,548 0,000	0,141 0,283	0,123 0,349	0,029 0,829		
[X6]	0,190 0,146	0,337 0,008	0,114 0,384	0,047 0,721	0,078 0,553	
[X7]	0,104 0,430	0,330 0,010	-0,028 0,832	-0,172 0,190	0,341 0,008	-0,032 0,807
[X8]	0,030 0,819	0,243 0,061	0,078 0,555	-0,423 0,001	0,228 0,080	-0,056 0,670
[X9]	0,358 0,005	0,145 0,267	0,016 0,906	-0,166 0,204	0,249 0,055	0,140 0,288
[X10]	0,122 0,354	0,342 0,007	0,107 0,414	-0,169 0,196	0,293 0,023	0,203 0,120
[X11]	0,222 0,089	0,241 0,063	0,054 0,682	-0,337 0,008	0,336 0,009	0,025 0,850
[X12]	-0,009 0,943	0,013 0,920	-0,129 0,327	0,028 0,829	0,013 0,922	-0,138 0,294
[X13]	0,106 0,421	0,168 0,199	0,081 0,537	-0,156 0,233	0,086 0,511	0,048 0,714
[X14]	-0,015 0,911	0,200 0,125	0,073 0,579	-0,074 0,573	0,099 0,452	0,267 0,039
[X15]	0,210 0,107	-0,051 0,700	0,059 0,656	0,110 0,404	0,126 0,337	-0,042 0,750
[X16]	-0,123 0,347	-0,113 0,389	0,079 0,547	-0,174 0,184	0,033 0,802	-0,124 0,346
[X17]	-0,177 0,177	0,192 0,142	0,634 0,000	-0,863 0,000	-0,043 0,746	0,037 0,781
[X18]	0,424 0,001	-0,479 0,000	-0,106 0,418	0,169 0,197	0,317 0,014	0,087 0,510
[X19]	0,226 0,083	-0,123 0,348	-0,160 0,223	0,028 0,829	0,073 0,577	0,034 0,795

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,488 0,000					
[X9]	0,028 0,831	0,360 0,005				
[X10]	0,383 0,003	0,321 0,013	0,146 0,265			
[X11]	0,490 0,000	0,827 0,000	0,731 0,000	0,309 0,016		
[X12]	0,378 0,003	0,234 0,072	-0,037 0,779	0,001 0,993	0,203 0,120	
[X13]	0,260 0,045	0,272 0,036	0,059 0,656	0,248 0,056	0,165 0,208	0,032 0,806
[X14]	0,163 0,213	0,179 0,172	-0,065 0,619	0,125 0,342	0,104 0,431	-0,129 0,325
[X15]	0,005 0,968	-0,033 0,803	0,077 0,560	-0,350 0,006	0,060 0,647	0,296 0,022
[X16]	-0,158 0,229	0,191 0,145	0,228 0,079	0,069 0,601	0,210 0,107	-0,048 0,718
[X17]	0,040 0,759	0,272 0,035	0,103 0,434	0,166 0,205	0,211 0,106	-0,094 0,473
[X18]	-0,242 0,063	-0,157 0,232	0,184 0,159	-0,091 0,490	0,038 0,772	-0,174 0,184
[X19]	-0,085 0,520	0,190 0,145	0,526 0,000	-0,385 0,002	0,377 0,003	0,123 0,350
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	-0,123 0,348					
[X15]	-0,184 0,159	0,067 0,613				
[X16]	-0,171 0,192	-0,076 0,562	-0,283 0,028			
[X17]	0,127 0,335	0,137 0,295	-0,114 0,386	0,166 0,204		
[X18]	-0,311 0,015	0,032 0,806	0,241 0,063	0,071 0,589	-0,237 0,068	
[X19]	-0,095 0,469	-0,001 0,994	0,401 0,001	-0,021 0,872	-0,083 0,526	0,149 0,257

Tableau 20 : Matrice de corrélation des 19 variables du site 6
El Assafia (rucher 2)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,082 0,572					
[X3]	0,401 0,004	-0,220 0,125				
[X4]	-0,230 0,109	-0,019 0,894	-0,358 0,011			
[X5]	0,330 0,019	0,202 0,159	0,256 0,073	-0,038 0,791		
[X6]	0,409 0,003	0,370 0,008	0,326 0,021	-0,148 0,303	0,228 0,112	
[X7]	0,434 0,002	0,373 0,008	0,040 0,783	0,110 0,448	0,412 0,003	0,392 0,005
[X8]	0,597 0,000	0,222 0,122	0,294 0,038	-0,205 0,153	0,391 0,005	0,477 0,000
[X9]	0,648 0,000	0,405 0,003	0,161 0,265	-0,038 0,793	0,361 0,010	0,464 0,001
[X10]	0,295 0,037	0,231 0,107	-0,071 0,623	0,223 0,120	0,210 0,144	0,451 0,001
[X11]	0,664 0,000	0,279 0,050	0,288 0,042	-0,104 0,470	0,507 0,000	0,497 0,000
[X12]	0,430 0,002	-0,154 0,284	0,183 0,203	0,005 0,974	0,117 0,418	0,268 0,060
[X13]	0,105 0,470	-0,215 0,134	0,104 0,473	0,004 0,976	-0,027 0,852	-0,141 0,327
[X14]	0,041 0,779	-0,566 0,000	0,129 0,374	-0,068 0,638	-0,209 0,145	-0,208 0,146
[X15]	0,009 0,952	-0,202 0,159	0,110 0,447	-0,067 0,641	0,072 0,618	0,025 0,866
[X16]	0,197 0,170	0,070 0,627	0,106 0,465	-0,204 0,155	-0,107 0,461	0,046 0,749
[X17]	0,378 0,007	-0,108 0,457	0,828 0,000	-0,803 0,000	0,118 0,416	0,284 0,045
[X18]	0,230 0,109	-0,924 0,000	0,354 0,012	-0,121 0,402	-0,051 0,724	-0,201 0,161
[X19]	0,211 0,141	0,070 0,631	0,226 0,115	-0,326 0,021	0,133 0,357	-0,034 0,816

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,625 0,000					
[X9]	0,585 0,000	0,680 0,000				
[X10]	0,397 0,004	0,438 0,001	0,423 0,002			
[X11]	0,706 0,000	0,864 0,000	0,831 0,000	0,461 0,001		
[X12]	0,376 0,007	0,396 0,004	0,272 0,056	0,377 0,007	0,382 0,006	
[X13]	-0,071 0,624	0,016 0,912	-0,025 0,862	0,081 0,578	-0,009 0,951	-0,006 0,967
[X14]	-0,219 0,127	-0,088 0,545	-0,104 0,474	-0,151 0,296	-0,177 0,219	0,053 0,714
[X15]	0,100 0,490	0,067 0,646	0,047 0,748	0,068 0,638	0,096 0,506	0,170 0,238
[X16]	0,144 0,319	0,166 0,251	0,144 0,320	-0,100 0,491	0,149 0,302	0,132 0,363
[X17]	-0,051 0,725	0,286 0,044	0,110 0,446	-0,202 0,159	0,222 0,122	0,097 0,502
[X18]	-0,196 0,172	0,001 0,994	-0,184 0,200	-0,141 0,328	-0,043 0,768	0,270 0,058
[X19]	0,091 0,528	0,151 0,296	0,338 0,016	-0,681 0,000	0,244 0,088	-0,101 0,486
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	0,066 0,649					
[X15]	0,177 0,219	0,268 0,060				
[X16]	0,056 0,699	-0,120 0,408	-0,237 0,098			
[X17]	0,014 0,921	0,091 0,528	0,088 0,542	0,194 0,178		
[X18]	0,196 0,173	0,487 0,000	0,125 0,385	0,029 0,840	0,270 0,058	
[X19]	-0,072 0,618	0,073 0,614	-0,019 0,894	0,237 0,098	0,345 0,014	0,018 0,904

Tableau 21: Matrice de corrélation des 19 variables du site 7
Zbara (rucher 1)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,481 0,000					
[X3]	0,034 0,810	0,040 0,778				
[X4]	0,209 0,136	0,185 0,190	-0,196 0,163			
[X5]	0,503 0,000	0,202 0,150	0,193 0,170	0,047 0,740		
[X6]	0,422 0,002	0,430 0,001	0,053 0,711	-0,039 0,783	0,238 0,089	
[X7]	0,293 0,035	0,219 0,118	0,170 0,228	-0,096 0,500	0,081 0,568	0,213 0,129
[X8]	0,299 0,031	0,317 0,022	-0,070 0,623	0,121 0,394	0,020 0,887	0,084 0,556
[X9]	0,412 0,002	0,403 0,003	-0,004 0,980	0,109 0,441	0,265 0,058	0,208 0,139
[X10]	0,242 0,084	0,287 0,039	0,116 0,415	-0,069 0,627	0,077 0,588	0,176 0,212
[X11]	0,384 0,005	0,356 0,010	0,014 0,921	-0,006 0,969	0,064 0,651	0,123 0,384
[X12]	0,347 0,012	0,432 0,001	0,158 0,264	0,344 0,013	0,139 0,327	0,342 0,013
[X13]	0,089 0,529	0,063 0,658	-0,131 0,355	0,219 0,119	0,223 0,112	0,022 0,876
[X14]	-0,024 0,863	0,101 0,478	-0,016 0,911	0,040 0,780	-0,063 0,658	0,024 0,868
[X15]	-0,005 0,972	-0,106 0,456	0,100 0,480	0,040 0,776	-0,027 0,848	0,124 0,380
[X16]	-0,135 0,340	0,019 0,896	0,086 0,544	-0,008 0,954	-0,359 0,009	-0,156 0,268
[X17]	-0,130 0,357	-0,108 0,444	0,676 0,000	-0,838 0,000	0,049 0,731	0,027 0,848
[X18]	0,392 0,004	-0,610 0,000	-0,023 0,872	0,022 0,877	0,239 0,088	-0,067 0,636
[X19]	0,060 0,671	-0,003 0,985	-0,101 0,478	0,136 0,337	0,093 0,510	-0,028 0,844

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,591 0,000					
[X9]	0,423 0,002	0,629 0,000				
[X10]	0,183 0,193	0,187 0,184	0,212 0,132			
[X11]	0,766 0,000	0,902 0,000	0,700 0,000	0,269 0,054		
[X12]	0,177 0,209	0,381 0,005	0,301 0,030	0,242 0,084	0,318 0,022	
[X13]	0,188 0,182	0,122 0,389	0,109 0,443	0,310 0,025	0,173 0,220	0,092 0,517
[X14]	0,093 0,511	0,083 0,561	0,152 0,282	0,132 0,349	0,133 0,347	-0,019 0,896
[X15]	0,213 0,130	0,331 0,017	0,015 0,918	0,296 0,033	0,294 0,035	0,102 0,470
[X16]	-0,033 0,818	-0,077 0,586	-0,110 0,438	-0,072 0,614	-0,043 0,762	0,019 0,893
[X17]	0,124 0,382	-0,123 0,384	-0,085 0,550	0,113 0,423	-0,001 0,992	-0,163 0,247
[X18]	0,023 0,871	-0,073 0,606	-0,081 0,566	-0,117 0,410	-0,046 0,748	-0,131 0,353
[X19]	0,119 0,400	0,250 0,074	0,466 0,000	-0,763 0,000	0,224 0,110	-0,027 0,852
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	0,277 0,046					
[X15]	0,155 0,273	0,082 0,561				
[X16]	0,137 0,334	0,316 0,023	-0,018 0,898			
[X17]	-0,232 0,098	-0,058 0,682	0,019 0,894	0,071 0,619		
[X18]	0,006 0,969	-0,103 0,466	0,096 0,499	-0,137 0,332	-0,030 0,831	
[X19]	-0,220 0,117	-0,027 0,849	-0,261 0,061	-0,003 0,982	-0,156 0,269	0,068 0,633

Tableau 22: Matrice de corrélation des 19 variables du site 8
EL Mhidjiba (rucher 1)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,580 0,000					
[X3]	0,063 0,662	0,067 0,642				
[X4]	0,496 0,000	0,302 0,033	-0,359 0,010			
[X5]	0,722 0,000	0,487 0,000	0,044 0,761	0,406 0,003		
[X6]	0,501 0,000	0,669 0,000	0,066 0,647	0,426 0,002	0,481 0,000	
[X7]	0,481 0,000	0,611 0,000	0,018 0,902	0,284 0,046	0,553 0,000	0,536 0,000
[X8]	0,405 0,004	0,550 0,000	0,028 0,846	0,242 0,091	0,428 0,002	0,431 0,002
[X9]	0,387 0,005	0,477 0,000	-0,040 0,784	0,175 0,225	0,465 0,001	0,355 0,011
[X10]	0,292 0,040	0,087 0,550	-0,028 0,846	0,065 0,656	0,299 0,035	0,066 0,647
[X11]	0,344 0,015	0,491 0,000	0,008 0,954	0,179 0,213	0,288 0,042	0,261 0,067
[X12]	0,108 0,455	0,302 0,033	-0,066 0,646	0,195 0,174	0,178 0,217	0,259 0,069
[X13]	0,395 0,005	0,106 0,464	-0,277 0,051	0,267 0,061	0,159 0,271	0,111 0,444
[X14]	0,030 0,835	0,241 0,092	0,075 0,606	-0,147 0,308	-0,167 0,246	0,186 0,196
[X15]	0,181 0,209	0,019 0,893	-0,083 0,569	0,149 0,301	0,197 0,171	0,022 0,882
[X16]	0,070 0,627	0,176 0,223	-0,197 0,171	-0,094 0,518	0,154 0,287	0,270 0,058
[X17]	-0,388 0,005	-0,243 0,089	0,656 0,000	-0,923 0,000	-0,311 0,028	-0,312 0,028
[X18]	0,105 0,466	-0,589 0,000	-0,044 0,760	0,003 0,985	-0,079 0,583	-0,293 0,039
[X19]	-0,018 0,902	0,250 0,080	0,008 0,958	0,074 0,607	0,030 0,839	0,125 0,387

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,762 0,000					
[X9]	0,735 0,000	0,730 0,000				
[X10]	0,203 0,157	0,135 0,350	0,334 0,018			
[X11]	0,589 0,000	0,801 0,000	0,518 0,000	0,008 0,955		
[X12]	0,492 0,000	0,364 0,009	0,295 0,037	0,222 0,121	0,314 0,027	
[X13]	0,125 0,388	0,102 0,480	0,163 0,258	0,064 0,658	0,126 0,383	0,022 0,882
[X14]	0,257 0,071	0,409 0,003	0,189 0,188	-0,247 0,084	0,474 0,000	0,146 0,311
[X15]	0,391 0,005	0,122 0,400	0,153 0,288	0,260 0,068	0,177 0,220	0,084 0,563
[X16]	0,122 0,398	0,148 0,304	0,167 0,246	0,174 0,227	0,057 0,693	0,309 0,029
[X17]	-0,250 0,080	-0,179 0,213	-0,177 0,218	-0,082 0,569	-0,147 0,308	-0,221 0,123
[X18]	-0,371 0,008	-0,439 0,001	-0,240 0,093	0,178 0,217	-0,376 0,007	-0,383 0,006
[X19]	0,336 0,017	0,428 0,002	0,369 0,008	-0,725 0,000	0,393 0,005	0,033 0,822
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	0,236 0,099					
[X15]	-0,035 0,812	-0,066 0,650				
[X16]	0,154 0,287	-0,018 0,901	-0,073 0,613			
[X17]	-0,328 0,020	0,150 0,297	-0,151 0,297	0,009 0,949		
[X18]	0,163 0,258	-0,249 0,081	0,093 0,520	-0,213 0,138	0,005 0,970	
[X19]	-0,003 0,982	0,357 0,011	-0,113 0,436	-0,083 0,567	-0,057 0,693	-0,410 0,003

Tableau 23: Matrice de corrélation des 19 variables du site 9
EL Mhidjiba (rucher 2)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]	[X6]
[X2]	0,625 0,000					
[X3]	0,415 0,003	0,264 0,064				
[X4]	0,619 0,000	0,421 0,002	0,010 0,943			
[X5]	0,880 0,000	0,602 0,000	0,456 0,001	0,546 0,000		
[X6]	0,618 0,000	0,663 0,000	0,289 0,041	0,448 0,001	0,674 0,000	
[X7]	-0,288 0,043	-0,116 0,423	-0,057 0,695	-0,126 0,385	-0,303 0,033	-0,135 0,350
[X8]	0,125 0,388	0,409 0,003	-0,032 0,825	0,147 0,307	0,150 0,299	0,322 0,023
[X9]	0,456 0,001	0,565 0,000	0,011 0,941	0,442 0,001	0,480 0,000	0,540 0,000
[X10]	0,445 0,001	0,262 0,066	0,268 0,059	0,147 0,308	0,459 0,001	0,361 0,010
[X11]	0,296 0,037	0,489 0,000	0,083 0,566	0,271 0,057	0,364 0,009	0,412 0,003
[X12]	0,441 0,001	0,460 0,001	0,272 0,056	0,243 0,089	0,489 0,000	0,487 0,000
[X13]	0,227 0,113	0,256 0,072	-0,031 0,829	0,227 0,113	0,195 0,174	0,248 0,082
[X14]	-0,152 0,293	0,031 0,833	-0,069 0,636	-0,108 0,455	-0,123 0,395	-0,133 0,359
[X15]	-0,555 0,000	-0,336 0,017	-0,369 0,008	-0,326 0,021	-0,562 0,000	-0,473 0,001
[X16]	0,098 0,498	0,323 0,022	-0,102 0,480	-0,002 0,988	0,191 0,184	0,332 0,019
[X17]	-0,347 0,014	-0,255 0,074	0,447 0,001	-0,877 0,000	-0,267 0,060	-0,253 0,076
[X18]	0,581 0,000	-0,272 0,056	0,239 0,095	0,324 0,022	0,460 0,001	0,072 0,621
[X19]	-0,079 0,585	0,197 0,169	-0,277 0,051	0,215 0,134	-0,076 0,601	0,068 0,640

	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]	[X11]	[X12]
[X8]	0,276 0,052					
[X9]	0,043 0,766	0,525 0,000				
[X10]	-0,047 0,748	0,242 0,091	0,447 0,001			
[X11]	0,291 0,041	0,873 0,000	0,675 0,000	0,362 0,010		
[X12]	0,117 0,419	0,505 0,000	0,437 0,002	0,304 0,032	0,502 0,000	
[X13]	-0,078 0,592	-0,016 0,911	0,220 0,125	0,093 0,519	0,103 0,475	0,217 0,130
[X14]	0,150 0,299	0,015 0,920	-0,046 0,753	-0,153 0,288	-0,078 0,593	0,067 0,644
[X15]	0,396 0,004	-0,003 0,983	-0,348 0,013	-0,552 0,000	-0,101 0,486	-0,310 0,029
[X16]	0,143 0,321	0,327 0,021	0,366 0,009	0,277 0,051	0,265 0,063	0,316 0,025
[X17]	0,054 0,708	-0,185 0,198	-0,400 0,004	-0,004 0,980	-0,229 0,110	-0,116 0,423
[X18]	-0,237 0,098	-0,274 0,054	-0,029 0,840	0,273 0,055	-0,146 0,312	0,064 0,660
[X19]	0,082 0,572	0,188 0,190	0,375 0,007	-0,661 0,000	0,192 0,181	0,054 0,711
	[X13]	[X14]	[X15]	[X16]	[X17]	[X18]
[X14]	0,186 0,196					
[X15]	-0,099 0,493	0,217 0,131				
[X16]	-0,041 0,778	0,166 0,248	-0,114 0,429			
[X17]	-0,197 0,171	0,048 0,741	0,117 0,418	-0,057 0,694		
[X18]	0,011 0,940	-0,226 0,114	-0,336 0,017	-0,216 0,132	-0,160 0,268	
[X19]	0,085 0,558	0,121 0,404	0,292 0,040	0,010 0,945	-0,334 0,018	-0,303 0,033

Tableau 24: Matrice de corrélation des 19 variables du site 10 Benziregh

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]
[X2]	0,363 0,004				
[X3]	0,003 0,980	0,226 0,083			
[X4]	0,062 0,636	-0,287 0,026	-0,494 0,000		
[X5]	0,209 0,110	0,566 0,000	0,221 0,090	-0,315 0,014	
[X6]	0,335 0,009	0,635 0,000	0,247 0,057	-0,080 0,541	0,447 0,000
[X7]	0,439 0,000	0,594 0,000	0,159 0,223	-0,207 0,112	0,506 0,000
[X8]	0,509 0,000	0,394 0,002	-0,125 0,342	0,029 0,829	0,306 0,017
[X9]	0,271 0,036	-0,049 0,708	0,038 0,772	0,106 0,419	0,059 0,652
[X10]	0,452 0,000	0,526 0,000	0,387 0,002	-0,259 0,046	0,305 0,018
[X11]	0,470 0,000	0,262 0,043	-0,053 0,687	-0,042 0,748	0,260 0,045
[X12]	0,079 0,550	0,369 0,004	0,370 0,004	-0,453 0,000	0,368 0,004
[X13]	0,163 0,214	0,259 0,046	0,197 0,132	0,062 0,636	0,229 0,078
[X14]	-0,024 0,857	0,256 0,048	0,407 0,001	-0,298 0,021	0,087 0,511
[X15]	0,108 0,411	-0,449 0,000	-0,417 0,001	0,350 0,006	-0,195 0,135
[X16]	-0,101 0,442	-0,050 0,704	0,034 0,799	-0,066 0,615	-0,017 0,897
[X17]	-0,092 0,485	0,243 0,061	0,549 0,000	-0,716 0,000	0,230 0,077
[X18]	-0,107 0,416	-0,866 0,000	-0,215 0,099	0,302 0,019	-0,332 0,009
[X19]	-0,099 0,453	-0,101 0,442	-0,059 0,654	-0,139 0,290	-0,099 0,454

	[X6]	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]
[X7]	0,463 0,000				
[X8]	0,278 0,031	0,434 0,001			
[X9]	0,046 0,729	0,352 0,006	0,492 0,000		
[X10]	0,450 0,000	0,520 0,000	0,257 0,048	0,267 0,039	
[X11]	0,134 0,306	0,448 0,000	0,726 0,000	0,682 0,000	0,293 0,023
[X12]	0,186 0,154	0,334 0,009	-0,026 0,844	-0,053 0,690	0,210 0,108
[X13]	0,296 0,022	0,355 0,005	0,109 0,409	0,214 0,101	0,313 0,015
[X14]	0,338 0,008	0,107 0,416	-0,280 0,030	-0,244 0,060	0,269 0,038
[X15]	-0,266 0,040	-0,011 0,936	-0,040 0,763	0,450 0,000	-0,260 0,045
[X16]	0,084 0,525	0,001 0,997	0,052 0,693	0,059 0,656	-0,029 0,828
[X17]	0,090 0,494	0,090 0,493	-0,099 0,450	-0,119 0,363	0,113 0,391
[X18]	-0,459 0,000	-0,287 0,026	-0,073 0,581	0,324 0,011	-0,313 0,015
[X19]	-0,064 0,629	0,035 0,791	0,019 0,888	0,043 0,743	-0,315 0,014
	[X11]	[X12]	[X13]	[X14]	[X15]
[X12]	0,152 0,247				
[X13]	0,131 0,317	-0,132 0,316			
[X14]	-0,294 0,023	0,108 0,413	0,130 0,322		
[X15]	0,230 0,078	-0,164 0,210	0,065 0,620	-0,352 0,006	
[X16]	0,227 0,081	0,142 0,279	-0,200 0,126	-0,042 0,749	0,015 0,911
[X17]	-0,077 0,556	0,408 0,001	-0,085 0,521	0,354 0,006	-0,422 0,001

[X18]	0,090 0,494	-0,282 0,029	-0,086 0,514	-0,343 0,007	0,510 0,000
[X19]	0,091 0,488	0,064 0,625	-0,270 0,037	-0,146 0,266	0,078 0,553
	[X16]	[X17]	[X18]		
[X17]	0,107 0,418				
[X18]	0,114 0,385	-0,278 0,032			
[X19]	0,109 0,405	0,158 0,228	0,052 0,696		

Tableau 25: Matrice de corrélation des 19 variables du site 11
Zbara (rucher 2)

	[X1]	[X2]	[X3]	[X4]	[X5]
[X2]	0,572 0,000				
[X3]	0,015 0,918	0,117 0,420			
[X4]	0,126 0,382	0,111 0,441	-0,283 0,046		
[X5]	0,633 0,000	0,500 0,000	0,066 0,650	0,055 0,702	
[X6]	0,317 0,025	0,398 0,004	0,117 0,419	0,079 0,586	0,326 0,021
[X7]	0,526 0,000	0,517 0,000	0,055 0,704	-0,190 0,186	0,588 0,000
[X8]	0,297 0,037	0,348 0,013	0,113 0,436	-0,240 0,094	0,419 0,002
[X9]	0,322 0,022	0,384 0,006	0,225 0,117	-0,055 0,706	0,355 0,011
[X10]	0,482 0,000	0,222 0,122	-0,040 0,781	-0,077 0,593	0,296 0,037
[X11]	0,343 0,015	0,430 0,002	0,164 0,255	-0,195 0,175	0,603 0,000
[X12]	0,072 0,622	0,220 0,125	0,199 0,167	-0,131 0,364	0,018 0,900
[X13]	0,073 0,616	0,193 0,180	0,085 0,556	0,053 0,713	0,037 0,798

[X14]	0,123 0,395	0,246 0,085	0,050 0,733	0,092 0,523	0,079 0,586
[X15]	0,037 0,799	0,046 0,753	0,229 0,110	0,050 0,733	-0,136 0,345
[X16]	0,106 0,462	0,104 0,472	0,034 0,816	-0,023 0,874	0,028 0,849
[X17]	-0,054 0,708	0,001 0,996	0,688 0,000	-0,879 0,000	0,013 0,930
[X18]	0,045 0,756	-0,789 0,000	-0,125 0,387	-0,036 0,806	-0,131 0,366
[X519]	-0,216 0,133	-0,202 0,159	0,063 0,666	-0,085 0,559	-0,226 0,115
	[X6]	[X7]	[X8]	[X9]	[X10]
[X7]	0,394 0,005				
[X8]	0,511 0,000	0,628 0,000			
[X9]	0,264 0,064	0,463 0,001	0,417 0,003		
[X10]	0,287 0,044	0,405 0,004	0,211 0,141	0,168 0,243	
[X11]	0,467 0,001	0,650 0,000	0,835 0,000	0,512 0,000	0,273 0,055
[X12]	0,098 0,498	0,343 0,015	0,155 0,282	0,137 0,342	0,134 0,355
[X13]	-0,038 0,792	0,092 0,526	0,015 0,915	0,372 0,008	-0,138 0,338
[X14]	0,079 0,587	-0,043 0,766	-0,019 0,893	-0,128 0,374	0,050 0,731
[X15]	-0,032 0,828	-0,003 0,981	-0,131 0,366	-0,311 0,028	0,277 0,052
[X16]	0,023 0,875	0,048 0,741	0,065 0,656	-0,094 0,515	0,075 0,602
[X17]	0,041 0,776	0,221 0,122	0,253 0,076	0,205 0,152	0,070 0,630
[X18]	-0,246 0,085	-0,220 0,125	-0,199 0,167	-0,234 0,102	0,096 0,508
[X19]	-0,097 0,504	-0,206 0,151	-0,142 0,327	-0,012 0,935	-0,249 0,081

	[X11]	[X12]	[X13]	[X14]	[X15]
[X12]	0,137 0,343				
[X13]	0,058 0,688	-0,036 0,802			
[X14]	-0,055 0,703	0,209 0,146	-0,086 0,553		
[X15]	-0,144 0,317	0,132 0,362	-0,280 0,049	-0,057 0,696	
[X16]	-0,031 0,832	0,093 0,521	-0,135 0,349	0,194 0,177	0,131 0,366
[X17]	0,245 0,086	0,211 0,141	0,013 0,929	-0,055 0,705	0,070 0,627
[X18]	-0,263 0,065	-0,231 0,107	-0,169 0,242	-0,217 0,131	-0,016 0,913
[X19]	-0,130 0,370	-0,011 0,941	0,178 0,217	0,099 0,495	-0,240 0,093
	[X16]	[X17]	[X18]		
[X17]	0,013 0,928				
[X18]	-0,065 0,652	-0,044 0,764			
[X19]	-0,023 0,876	0,082 0,570	0,085 0,558		