



Situation du criquet marocain "*Dociostaurus maroccanus* Thunb., 1815" par rapport aux différentes espèces acridiennes : morphométrie et capacités de déplacements

**Lahsen EL GHADRAOUI^{1*}, Daniel PETIT², Rokia MOKHLES¹, Amal AZOUZI¹
et Abderrahim LAZRAQ¹**

¹ *Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des sciences et techniques, Département de biologie, Route d'Imouzzer B.P. 2202, Fès., Algérie*

² *Faculté des sciences et techniques, UMR INRA 1061, Génétique moléculaire animale, 123 av. Albert Thomas, F-87060 Limoges*

* Correspondance, courriel : lahelghadraoui@yahoo.fr

Résumé

La faculté de déplacements par vol des criquets adultes permet aux populations acridiennes de se déplacer sur de grandes distances et de rechercher des habitats dont les caractéristiques répondent le mieux à leurs besoins.

Dans le présent travail, nous étudions des traits morphologiques d'un certain nombre d'espèces migratrices et non migratrices de deux sous-familles d'Acrididae (*Oedipodinae* et *Gomphocerinae*).

Par les mesures de différentes parties du corps des criquets adultes, nous avons pu situer le criquet marocain "*Dociostaurus maroccanus* Thunb., 1815" par rapport à l'ensemble des espèces étudiées. Cette étude morphométrique, souligne bien la liaison existante entre les capacités des déplacements des criquets et leurs traits morphologiques. Ainsi, on note bien une importante distinction morphologique entre l'espèce migratrice *Locusta migratoria* et les espèces non migratrices. *Dociostaurus maroccanus* se montre capable d'effectuer des déplacements importants, mais elle ne peut être migratrice comme *Locusta migratoria*.

Mots-clés : *Morphométrie, capacités de déplacements, traits morphologiques, Criquet marocain, espèces migratrices.*

Abstract

Situation of Moroccan locust “*Dociostaurus maroccanus* Thunb. 1815” compared to various acridian species: morphometry and capacities of displacement

The faculty of displacements by flight of adult locusts permits to the acridian populations to move on large distances and to search for the habitats fitting well with their needs.

In the present work, we studied morphological traits of several migratory and non migratory species belonging to two Acridae sub-families (Oedipodinae and Gomphocerinae).

By the measures of different parts of adult body, we could compare the Moroccan locust “*Dociostaurus maroccanus* Thunb., 1815” to the other studied species.

This morphometric study underlines the existing link between the displacement capacities of locusts and their morphological features. We noted clear morphological distinctions between the migratory locust *Locusta migratoria* and the non migratory grasshoppers. *Dociostaurus maroccanus* appears able to move important distances, but it cannot be a migratory species as *Locusta migratoria*.

Keywords : *Morphometry, capacities of displacements, morphological features, Moroccan Locust, migratory species.*

1. Introduction

Contrairement à des espèces migratrices, comme *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, dont les déplacements se font sur de grandes distances, *Dociostaurus maroccanus* est une espèce acridienne caractérisée par un comportement sédentaire. Cependant, dans sa phase grégaire, elle se trouve capable de se déplacer sur de longues distances. En revanche, de nombreuses caractéristiques communes à ces trois espèces ont été soulignées [1]: ce sont des insectes ravageurs des productions agricoles et pastorales, leur régime alimentaire est de type polyphage et ils présentent un polymorphisme phasaire (solitaire, transiens et grégaire).

Au Maroc, il a été recensé pour *Dociostaurus maroccanus* trois foyers grégariques qui sont le versant sud du Haut-Atlas, la partie orientale et le Moyen-Atlas [2-4]. La nature de cette répartition mérite d’être approfondie car à ce jour aucune étude n’a été entamée au préalable sur l’aire de répartition géographique de cette espèce à l’échelle nationale. Même si la présence du criquet marocain a été signalée parfois dans d’autres régions du Maroc, en dehors des trois foyers habituels, aucune donnée bibliographique ne la confirme.

Dans l'habitat permanent du criquet marocain, il existe d'autres espèces non migratrices (sautériaux) dont les déplacements sont de plusieurs natures : les micro-migrations et les dispersions de grande amplitude. La grande majorité des déplacements des insectes se fait par la marche et le saut [5-7]. Les dispersions intrastationnelles représentent les déplacements de l'insecte à l'intérieur de son milieu vital. Elles sont soit désordonnées et correspondent alors à l'activité spontanée de l'acridien [8], soit peu orientées et permettent la recherche d'un lieu de ponte ou de prise de nourriture. Les déplacements importants sont effectués le plus souvent par des vols de longue distance.

La capacité des déplacements des acridiens est d'une grande importance dans la répartition géographique d'une espèce. En effet, les espèces qui sont aptes à se déplacer rapidement et activement sont les premières à coloniser un nouveau biotope [9]. En outre, les capacités de dispersion des criquets jouent un rôle important dans la dynamique des populations solitaires et le déterminisme de leur transformation phasaire. Il a été ainsi mis en évidence qu'une réduction des ailes s'accompagne d'une réduction des muscles sous-jacents [10]. Nous avons bien montré que le dimorphisme sexuel s'exprimant au niveau des organes du vol retentit sur les capacités de déplacement de certaines espèces acridiennes [11-13]. Ceci montre bien l'existence d'une corrélation entre certains traits morphologiques et les capacités de déplacement des acridiens.

Dans le présent travail, nous nous proposons d'étudier les différents traits morphologiques d'un certain nombre d'espèces migratrices et non migratrices appartenant à deux sous-familles d'Acrididae (Oedipodinae et Gomphocerinae) dans le but de rechercher les caractéristiques morphologiques les plus déterminantes concernant les déplacements d'une certaine ampleur.

Cette approche morphométrique nous permettra de situer le criquet marocain par rapport aux différentes espèces étudiées. Celui-ci se rapproche-t-il, de par ses traits morphologiques impliqués dans les phénomènes de déplacement, des espèces migratrices ou des espèces non migratrices ? Autrement dit, nous allons essayer de mettre en évidence les corrélations existantes entre les déplacements des populations des différentes espèces étudiées et leurs traits morphologiques relatifs aux capacités de dispersion.

L'analyse par le biais de la morphométrie classique se propose de mettre en évidence les corrélations entre la taille des différents organes liés directement au déplacement : les tegmina (élytres), les ailes postérieures, ainsi que les fémurs des pattes postérieures. D'autre part, sont mesurées les caractéristiques du thorax (largeur du pronotum à 3 niveaux et longueur) qui abrite l'insertion des muscles alaires. Cette analyse se prête bien à l'étude de l'importance relative des mesures des organes liés au

déplacement par rapport à la taille de l'insecte. Nous avons donc mesuré la taille de l'abdomen et la longueur du corps.

Nous avons appliqué cette approche morphométrique pour appréhender la place de *D. maroccanus* parmi des représentants de deux sous-familles d'Acrididae (Oedipodinae et Gomphocerinae). Ces espèces ont été choisies comme matériel d'étude car elles présentent des différences marquées au niveau de leurs capacités de déplacements [13].

2. Matériel et méthodes

2-1. Espèces étudiées

Oedipodinae : *Aiolopus strepens*, *Locusta migratoria*, *Oedipoda caerulescens* et *Stethophyma grossum*

Gomphocerinae : *Chorthippus biguttulus*, *Chorthippus brunneus*, *Chorthippus parallelus* et *Dociostaurus maroccanus*.

Dociostaurus maroccanus a été récolté dans le site Al-Azaghar du Moyen Atlas (Maroc). Les autres espèces acridiennes ont été mises à notre disposition par le laboratoire de biologie des populations de la Faculté des Sciences et techniques de Limoges (France).

2-2. Caractères étudiés

Les variables morphométriques étudiées (**Figure 1**) sont : la longueur du thorax, de l'abdomen, du corps, du fémur, des élytres et la largeur du pronotum (dans sa partie antérieure, au niveau du sillon typique et dans sa partie postérieure).

Dispositif expérimental utilisé pour les mesures morphométriques

Les mesures des différentes parties du corps ont été prises sous la loupe binoculaire munie d'une chambre claire. Les individus sont fixés par une épingle à insecte sur un dispositif constitué d'un cercle de carton plume habillé de papier millimétré du diamètre du socle de la loupe (**Figure 2**). Les organes mesurés sont reportés sur une feuille. Grâce au papier millimétré, pour chaque individu et pour chaque mise au point, l'échelle est rappelée par le dessin d'un segment correspondant à 2 cm. Les longueurs réelles sont ensuite calculées à partir de l'échelle avec le logiciel de numérisation "Digitable" [14] fonctionnant sous Windows TM 3.1 et une table à digitaliser de 18 000 x 12 000 (ce logiciel a été largement utilisé par *Picaud* [7], (**Figure 3**). L'intérêt de ce dispositif est qu'il procure une précision inférieure au 1/10 de mm.

Les valeurs obtenues sont répertoriées dans un tableau et classées en fonction de l'espèce et du sexe. A l'aide du logiciel Systat vers. 7 [15], on calcule la moyenne de la taille des différents traits morphologiques étudiés et ceci pour chaque espèce et pour chaque sexe.

Afin de vérifier la corrélation entre certains caractères morphométriques, on pratique une Analyse en Composantes Principales ou ACP.

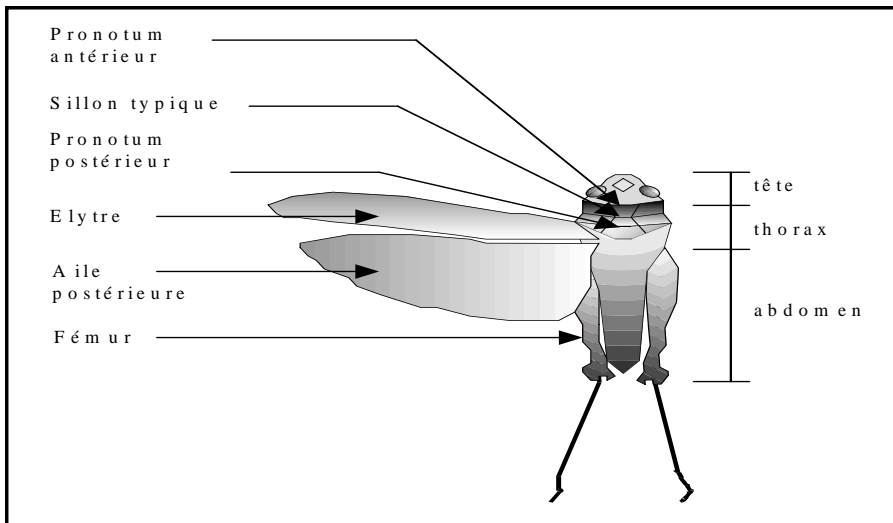


Figure 1 : *Schéma d'un acridien montrant les différents traits morphologiques étudiés*

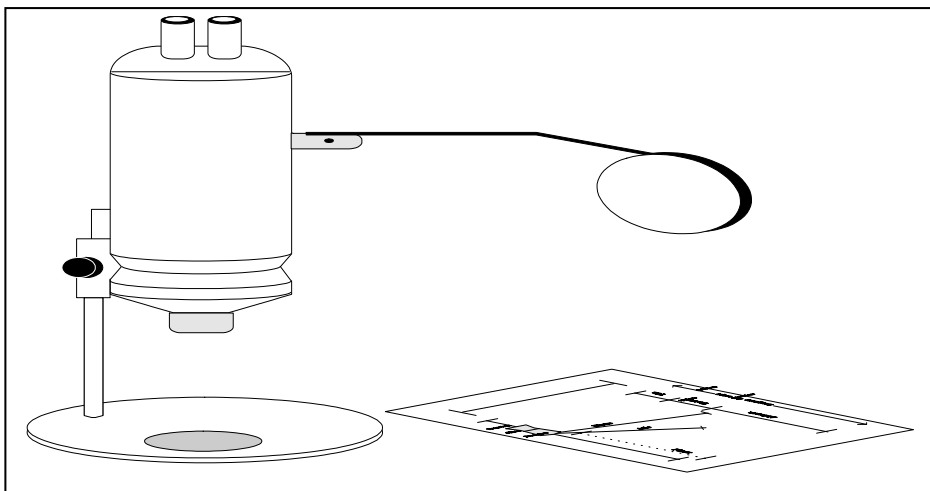


Figure 2 : *Schéma du dispositif expérimental utilisé pour des mesures biométriques des criquets [7].*

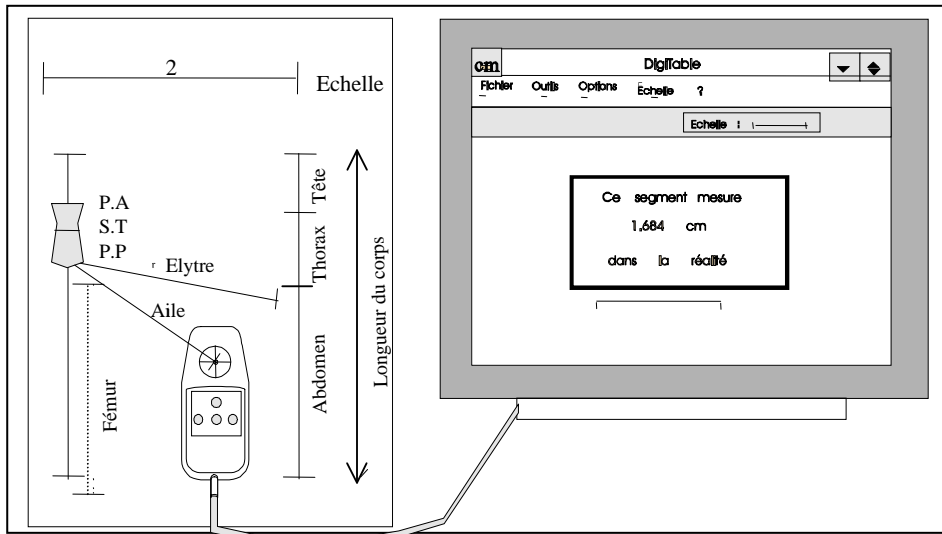


Figure 3 : Représentation schématique de la table à digitaliser utilisée pour les mesures biométriques.

3. Résultats

3-1. Analyses multivariées des données biométriques

Dans un premier temps, une analyse de corrélation à caractère exploratoire sur les 9 variables nous permet d'avoir deux tableaux de données correspondant aux mâles (**Tableau 1**) et aux femelles (**Tableau 2**). Les calculs de probabilités associées aux coefficients de corrélations de Pearson étant surévalués (si on considère l'ensemble des variables), nous avons utilisé le test de Bonferroni qui rapporte les risques au nombre de variables [16].

Dans un second temps, des analyses multivariées sont réalisées sur les différentes espèces. Etant donné le dimorphisme sexuel, nous avons réalisé des analyses séparées pour les mâles et les femelles : une Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) et une Analyse Discriminante (A.D.).

La présence de variables très fortement corrélées étant susceptible de rendre instable des analyses multivariées comme l'A.D. ou la régression [17], nous avons effectué une A.D. orthogonalisée qui se réalise sur les composantes principales (C.P.) construites à partir des variables de l'étude.

La procédure est effectuée en 3 étapes :

- réalisation de l'A.C.P., test F sur les composantes
- réalisation de l'A.D.

Retour aux variables de départ : calcul des corrélations entre les variables de départ et les axes discriminants.

Dans les deux sexes (*Figure 3 et 5*) respectivement pour les mâles et les femelles, on distingue globalement deux groupes de variables :

- Les variables liées à la longueur du corps, c'est-à-dire la longueur du fémur, du thorax (pronotum antérieur, postérieur et le sillon typique) et de l'abdomen, qui représentent une forte participation sur l'axe F1 avec une expression de 93,5 % chez les mâles et de 89,4 % chez les femelles. Ces variables sont fortement corrélées entre elles.
- Les variables liées au vol, c'est-à-dire à la longueur de l'aile et de l'élytre, sont présentes sur l'axe F2 avec une participation de 2,3 % chez les mâles et de 4,6 % chez les femelles

3-2. Analyses multivariées des espèces

Les espèces sont distribuées selon deux directions que l'on peut interpréter grâce aux projections issues de l'A.C.P. sur les deux premiers axes (*Figures 4 et 6*), respectivement pour les mâles et femelles).

Chez les mâles comme chez les femelles, *Locusta migratoria* se distingue nettement de l'ensemble du groupe (avec une bonne séparation d'ellipse de confiance) pour se situer à l'extrême droite à l'opposé de *Chorthippus parallelus*. Entre ces deux espèces, se trouve l'ensemble des autres espèces dont les ellipses de confiance sont peu chevauchantes. Ces dernières espèces sont ordonnées de la droite vers la gauche : *Locusta migratoria*, *Dociostaurus maroccanus*, *Stethophyma grossum*, *Aiolopus strepens*, *Oedipoda caerulescens*, *Chorthippus biguttulus* et *Chorthippus brunneus*. Cet ordre se conserve généralement aussi bien chez les mâles que chez les femelles avec une inversion de position entre *Dociostaurus maroccanus* et *Oedipoda caerulescens* : chez les mâles (*Dociostaurus maroccanus* en premier) et chez les femelles (*Oedipoda caerulescens* en premier).

3-3. Corrélations entre variables biométriques

Les probabilités sont calculées par la méthode de Bonferroni [16] Dans tous les cas, les corrélations sont significatives au risque $P < 0.001$

Tableau 1 : Matrice de corrélation de Pearson des données biométriques des mâles des différentes espèces étudiées.

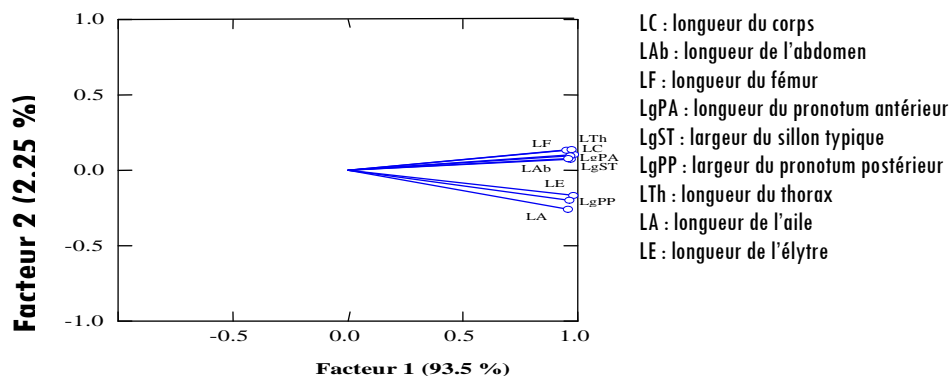
	Thorax	Abdomen	Long. corps	Long. aile	Long. élytre	Long. fémur	L.P.A	Lg.S.T	L.P.P
Thorax									
Abdomen	0.896								
Long. corps	0.956	0.979							
Long. aile	0.889	0.908	0.922						
Long. élytre	0.912	0.941	0.951	0.984					
Long. fémur	0.924	0.953	0.965	0.893	0.936				
L.P.A	0.896	0.943	0.946	0.892	0.927	0.953			
Lg.S.T	0.918	0.901	0.928	0.888	0.914	0.931	0.935		
L. P.P	0.881	0.909	0.915	0.953	0.966	0.910	0.922	0.924	

Tableau 2 : Matrice de corrélation de Pearson des données biométriques des femelles des différentes espèces étudiées.

	Thorax	Abdomen	Long. corps	Long. aile	Long. élytre	Long. fémur	L.P.A	Lg.S.T	L.P.P
Thorax									
Abdomen	0.857								
Long. corps	0.943	0.962							
Long. aile	0.845	0.810	0.827						
Long. élytre	0.859	0.828	0.845	0.995					
Long. fémur	0.906	0.908	0.939	0.833	0.854				
L.P.A	0.874	0.877	0.903	0.810	0.829	0.911			
Lg.S.T	0.900	0.866	0.908	0.830	0.852	0.913	0.912		
L. P.P	0.848	0.878	0.883	0.919	0.931	0.867	0.885	0.912	

Légende :

(Long. : longueur ; L.P.A. : Longueur du Pronotum Antérieur ; Lg.S.T. : Largeur du Sillon Typique ; L.P.P. : Longueur du Pronotum postérieur).

**Figure 4 :** Axes de l'A.C.P. sur les mesures biométriques des mâles des différentes espèces.

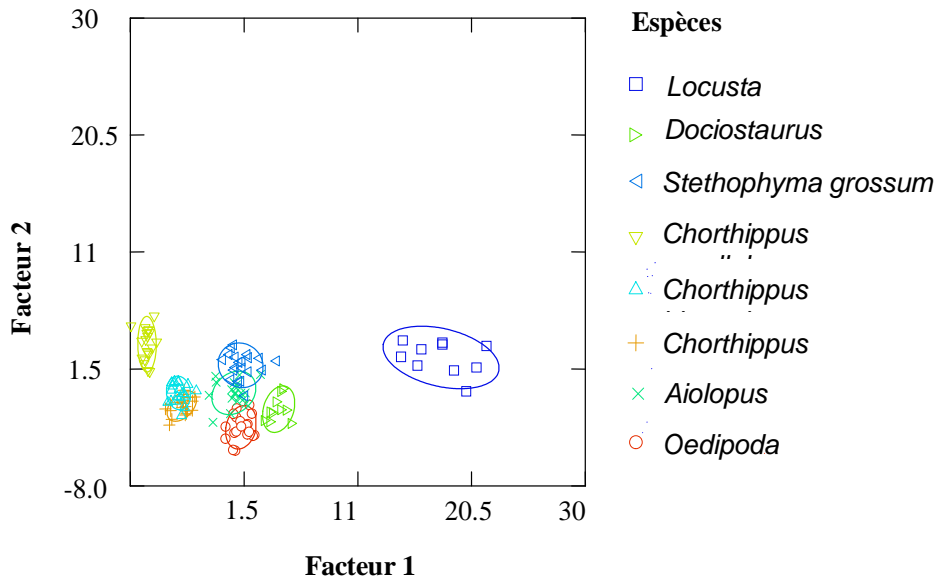


Figure 5 : Analyse discriminante des composantes principales de l'A.C.P. sur les mesures biométriques des mâles des différentes espèces.

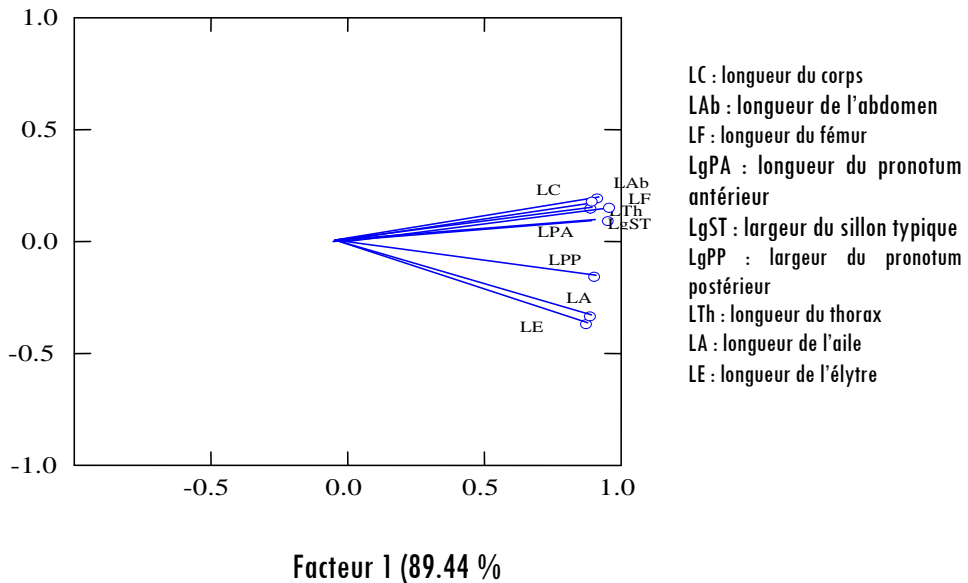


Figure 6 : Axes de l'A.C.P. sur les mesures biométriques des femelles des différentes espèces.

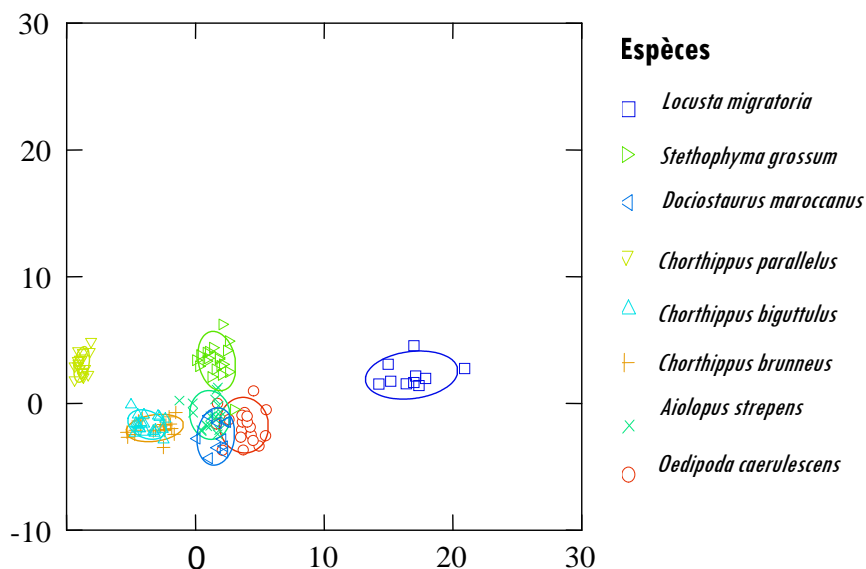


Figure 7 : Analyse discriminante des composantes principales de l'A.C.P. sur les mesures biométriques des femelles des différentes espèces.

4. Discussion

Groupe 1 : *Locusta migratoria*

Groupe 2 : *Dociostaurus maroccanus*

Groupe 3 : *Stethophyma grossum*, *Aiolopus strepens* et *Oedipoda caerulescens*

Groupe 4 : *Chorthippus biguttulus* et *Chorthippus brunneus*

Groupe 5 : *Chorthippus parallelus*

Les femelles conservent globalement la même distribution que les mâles, mais on peut noter une permutation des positions entre *Dociostaurus maroccanus* et *Oedipoda caerulescens*, ce qui peut être expliqué par l'importance de l'élargissement du pronotum postérieur considéré comme caractéristique de *Dociostaurus maroccanus*.

Locusta migratoria se trouve avec une bonne séparation de l'ellipse de confiance. Elle se distingue nettement de l'ensemble du reste des espèces étudiées dans le sens d'un développement important des ailes et des élytres, accompagné d'un élargissement du pronotum postérieur et plus particulièrement de la taille du thorax. Les autres espèces sont réparties en fonction de l'influence conjointe de la réduction de ces paramètres (longueur de l'aile, de l'élytre et la largeur du pronotum). Les ellipses de ces dernières espèces sont chevauchantes. La séparation de l'ellipse de *Chorthippus parallelus* vers

l'extrême gauche traduit l'effet conjoint d'une réduction importante de la longueur des ailes et des élytres.

La faculté des déplacements par vol des acridiens permet aux populations acridiennes de se déplacer sur de grandes distances et de rechercher les régions dont les caractéristiques répondent le mieux à leurs besoins.

Les espèces étudiées sont caractérisées par des différences au niveau de leurs performances de vol. Ainsi, *Locusta migratoria* est un Oedipodinae migrateur capable de se déplacer sur de longues distances, de l'ordre de plusieurs centaines de m à plusieurs Km.

Nos propres travaux portant sur diverses modalités des activités locomotrices des adultes de *Dociostaurus maroccanus* ont montré une différence entre deux sexes sur le site Al-Azaghar : les mâles sont plus actifs que les femelles [4].

De plus, les capacités de déplacements d'autres espèces (plus particulièrement *Aiolopus strepens*, *Stethophyma grossum*, *Oedipoda caerulea*, *Chorthippus brunneus* et *Chorthippus biguttulus*, *Chorthippus parallelus*) ont été largement abordées par *Picaud* [13]. Cet auteur avait bien étudié expérimentalement le classement de ces espèces en fonction de l'importance de leurs vols. En outre, ses travaux ont souligné le fort dimorphisme sexuel du vol des acridiens les moins bons voiliers, notamment en raison du développement important de l'abdomen des femelles [18]. Les espèces étudiées se répartissent selon leur capacité de vol dans l'ordre décroissant suivant chez les mâles :

Groupe 1 : *Aiolopus strepens*

Groupe 2 : *Chorthippus brunneus* et *Oedipoda caerulea*

Groupe 3 : *Stethophyma grossum* et *Chorthippus biguttulus*

Groupe 4 : *Chorthippus parallelus*

Chez les femelles, on observe globalement le même classement des espèces par rapport au vol. Cependant, les femelles de *Stethophyma grossum* et *Chorthippus parallelus* se trouvent au même niveau.

Les apports de la morphométrie classique étudiée montrent un parallélisme relatif entre les caractères liés au vol et les capacités de déplacement, à l'instar des études réalisées chez des Hétéroptères [19]. Seuls les rangs d'*Aiolopus strepens* et *Chorthippus parallelus* sont bien respectés. Une fois de plus, la contradiction majeure concerne *Chorthippus brunneus* qui est un bien meilleur volier que ce qui pourrait être attendu des seules considérations morphométriques.

5. Conclusion

Il faut souligner l'importante distinction morphologique entre l'espèce migratrice *Locusta migratoria* et les espèces non migratrices. A ce titre, *Dociostaurus maroccanus* rejoint la position de certains Oedipodiniés capables de micro-migrations mais sans être engagé dans une tendance vers des possibilités migratoires. Ceci nous permet de suggérer que *Dociostaurus maroccanus* se montre capable d'effectuer des déplacements importants, mais elle ne peut être migratrice comme *Locusta migratoria*. Il serait important d'étendre de telles études à la phase grégaire du criquet marocain.

Par le développement relatif des organes liés au vol, *Locusta migratoria*, espèce migratrice, se trouve nettement distincte des autres espèces non migratrices. Néanmoins, l'ensemble des caractéristiques prises en considération ne peut expliquer la performance de vol pour toutes les espèces et d'autres facteurs de nature différente (biochimique, physiologique ou autre) peuvent avoir un rôle non négligeable.

Références

- [1] - B. Uvarov, "Grasshoppers and Locusts". Center for overseas pest research. Ed. University Press, Cambridge Vol. 2 (1977) 613 p.
- [2] - T. Ben Halima, Etude expérimentale de la niche trophique de *Dociostaurus maroccanus* (Thun, 1815) en phase solitaire au Maroc. Thèse de Docteur Ingénieur, Univ. Paris Sud Orsay, (1983) 178 p.
- [3] - A. Louveaux, A. Mouhim, G. Roux, Y. Gillon and H. Barral, Influence du pastoralisme sur les populations acridiennes dans le massif de Siroua (Maroc). *Revue d'Ecol. (Terre et Vie)*, 51(2) (1996) 139-151.
- [4] - L. El Ghadraoui, D. Petit and J. El Yamani, Le site Al-Azaghar (Moyen Atlas, Maroc) : un foyer grégarigène du criquet marocain : *Dociostaurus maroccanus* Thunb., 1815). *Bull. Inst. Sci., Rabat, (Sci. et vie)*, 25 (2003) 83-88.
- [5] - L. Chopard, Biologie des Orthoptères, Ed. Lechevalier, Paris, Vol. 20 (1938) 541
- [6] - D. A. Andow, P. M. Kareiva, S. A. Levin and A. Okubo, Spread of invading organisms. *Landsc. Ecol.*, 4 (1990) 177-188.
- [7] - R. I. A. C. Bailey, M. E. B. Lineham, C. D. A. Thomas and R. K. A. Butlin, Measuring dispersal and detecting departures from a random walk model in a grasshopper hybrid zone. *Ecol. Entomol.*, 28 (2003) 129-138.
- [8] - L. J. A. Narisu and S. P. Shell, Rangeland Grasshopper Movement as a Function of Wind and Topography: Implications for Pest Management. *J. Orth. Res.*, 9 (2000) 111-120.

- [9] J. Blondel, Stratégies démographiques et successions écologiques. *Bull. Soc. Zool. France*, 101 (1976) 695-718
- [10] D. A. Roff, The evolution of wing dimorphism in insects. *Evolution*, 40(5) (1986) 1009-1022.
- [11] D. Petit, F. Picaud and L. EL Ghadraoui, Géométrie morphologique des ailes des Acrididae (Orthoptera : Caelifera) : sexe, stridulation, caractère. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)*, 42(1) (2006) 63-73.
- [12] L. EL Ghadraoui, Etudes bioécologiques du criquet marocain "Dociostaurus maroccanus" dans le site Al-Azaghar du Moyen Atlas. Thèse d'Etat, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, (2002) 124 p.
- [13] F. Picaud, Dynamique de colonisation de haldes de mines par les insectes orthoptères. Thèse de Doctorat Univ. Limoges (1998) 157 p.
- [14] S. Vidal, Digtible vers 1. 0. Rapport I.U.T. Univ. Limoges (1996) 28 p.
- [15] SPSS Inc., SYSTAT vers. 7.0. The system for statistics. Evanston Il. (1997).
- [16] R. R. Sokal and F. J. Rohlf, Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Ed. Freeman and Company, (1995) 887 p.
- [17] P. Danielie, Analyse statistique à plusieurs variables. Ed. Presses Acad. Gembloux, A.S.B.L., Belgique (1975) 362 pp.
- [18] F. Picaud and D. Petit, Primary succession of Acrididae (Orthoptera): Differences in displacement capacities in early and late colonizers of new habitats, *Acta Oecol.*, 32 (2007) 59-66.
- [19] V. Brown, Size and shape as ecological discriminants in successional communities of Heteroptera. *Biol. J. Linn. Soc.* 18 (1982) 279-290.