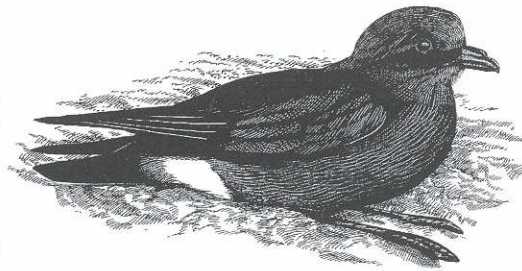


DISCRIMINATION MORPHOLOGIQUE DES SOUS-ESPÈCES D'OCÉANITE TEMPÊTE : NOUVEAUX RÉSULTATS POUR DEUX POPULATIONS MEDITERRANÉENNES

YANN LALANNE⁽¹⁾, GEORGES HÉMERY⁽²⁾, CHRISTINE CAGNON⁽¹⁾,
FRANK D'AMICO⁽¹⁾, JEAN D'ELBÉE⁽³⁾, CLAUDE MOUCHÈS⁽¹⁾

Morphological differentiation between European Storm-Petrel subspecies: new results regarding two Mediterranean populations.

The morphology of two Mediterranean and one Atlantic populations of European Storm-Petrel was analysed using discriminant analysis. Four separate morphological characters were studied to separate Mediterranean and Atlantic populations; five were used within the Mediterranean meta-populations. Results confirm Mediterranean Storm-Petrels to be markedly different from those from the Atlantic and indicate significant variations within Mediterranean populations. The differentiation between the two Mediterranean populations studied relies on two morphological characters: height of the mandible and length of the folded wing.



Mots clés : Océanite tempête, Analyse factorielle discriminante, Atlantique, Méditerranée, (Biarritz, archipel de Riou, Îles Cerbicales).

Key words: European Storm-Petrel, Discriminant Analysis, Atlantic, Mediterranean (Biarritz, archipelago of Riou, Cerbicales Islands).

⁽¹⁾ Laboratoire d'Ecologie moléculaire, UFR Sciences et Techniques Côte Basque, Parc Montaury, F-64600 Anglet.

⁽²⁾ Muséum National d'Histoire Naturelle - Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux, Station Maritime de Recherche, Plateau de l'Atalaye, F-64202 Biarritz.

⁽³⁾ Laboratoire d'Analyses de prélèvements hydrobiologiques, Centre d'Etudes et de Recherches Scientifiques, Musée de la Mer, BP 89, F-64202 Biarritz.

INTRODUCTION

L'aire de reproduction de l'Océanite tempête *Hydrobates pelagicus* se partage en deux métapopulations limitées au Paléarctique occidental: *Hydrobates pelagicus pelagicus* se reproduit dans l'Atlantique nord oriental (Irlande, Islande, Îles britanniques, France, Espagne) et constitue un ensemble de colonies composé de 120 000 à 360 000 couples et *Hydrobates pelagicus meliten-*

sis, dont la répartition se limite à la Méditerranée avec environ 10 000 à 20 000 couples (JOUANIN et MOUGIN, 1971; HÉMERY, 1996).

En 1985, HÉMERY & d'ELBÉE ont réhabilité la distinction de ces deux sous-espèces en mettant en évidence des différences morphologiques, en particulier de la taille du bec qui est chez les oiseaux d'origine méditerranéenne (*H. p. melitensis*) significativement plus volumineux que celui de la sous-espèce atlantique (*H. p. pelagicus*). L'analyse de

marqueurs moléculaires (sur la base de la séquence nucléotidique du gène mitochondrial codant pour le cytochrome *b*) a, par ailleurs, confirmé l'existence de ces deux entités biologiques distinctes, se situant sur le plan taxonomique au niveau minimum de la sous-espèce (CAGNON *et al.*, 2000). Cela suggère qu'il n'y a pas eu d'échange génétique récent entre ces deux métapopulations.

Toutefois, dans chacun des deux groupes, aucune ségrégation entre plusieurs populations n'a pu être démontrée.

Dans le cadre d'un programme de recherche portant sur la dynamique ainsi que sur la structure génétique des populations d'Océanite tempête, des caractères morphologiques d'oiseaux issus d'une population atlantique (Biarritz, Pyrénées Atlantiques) et ceux de deux populations méditerranéennes, Iles Cerbicales (Corse) et archipel de Riou (Bouches-du-Rhône) ont été comparés.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Origine des spécimens examinés

Les 55 oiseaux examinés vivants proviennent de trois sources distinctes (TAB. I et FIG. 1).

Les oiseaux de l'échantillon atlantique (19 individus) ont été capturés puis relâchés après examen et baguage le 5 juillet 1979 sur les deux colonies proches de Biarritz (Pyrénées-Atlantiques, France). Ces oiseaux, adultes et reproducteurs ont été pris de

jour sur leur œuf. Leur sexe probable a pu être déterminé par examen du cloaque chez 11 d'entre eux.

Les oiseaux méditerranéens ont été capturés puis relâchés après examen et baguage le 18 août 1982 sur une colonie de reproduction des Iles Cerbicales de Corse (32 individus) sans utilisation de la "repasse" du chant et le 3 mai 2000 dans l'archipel de Riou (4 individus, Bouches-du-Rhône) avec la "repasse" du chant au magnétophone. Ces spécimens étant capturés au filet de nuit, on ignore leur statut (reproducteur ou non) ainsi que leur sexe du fait de la période tardive (spécimens corses) ou précoce (spécimens marseillais) qui empêche toute reconnaissance par examen du cloaque.

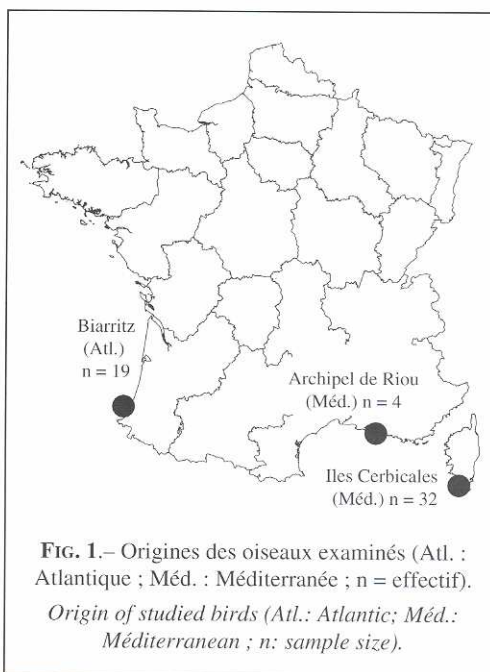


FIG. 1.— Origines des oiseaux examinés (Atl. : Atlantique ; Méd. : Méditerranée ; n = effectif).

Origin of studied birds (Atl.: Atlantic; Méd.: Mediterranean ; n: sample size).

TABLEAU I.— Origine et statut des spécimens examinés. Origin and status of specimens examined.

Population	Origine géographique (France)	Statut	Nombre d'individus	Observateurs
Atlantique (n = 19)	Biarritz (colonie B)	Reproducteur	9	HÉMERY, 1979
	Biarritz (colonie A)	Reproducteur	10	
Méditerranée (n = 36)	Corse (Iles Cerbicales)	Volant	32	HÉMERY, 1982
	Archipel de Riou (Ile de Jarre)	Volant	3	LALANNE, 2000
	Archipel de Riou (Ile Plane)	Volant	1	
Total			55	

Variables mesurées

Neuf caractères morphologiques avaient été mesurés sur les échantillons atlantique et corse par HÉMERY et seulement cinq caractères (les plus discriminants selon HÉMERY & d'ELBÉE, 1985) ont été retenus pour les individus de l'archipel de Riou. Ces cinq caractères concernent le bec (hauteur du bec, hauteur des mandibules, longueur du bec, FIG. 2), l'aile (longueur de l'aile pliée) ainsi que le poids.

Toutes les mesures du bec ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse de précision à l'exception de la longueur du bec mesurée avec un compas à pointes sèches et une règle à butée. Les mesures de l'aile pliée et du poids ont été effectuées respectivement avec une règle à butée et un peson.

Les différences de mesure entre observateurs ont par ailleurs été testées et n'apparaissent pas significatives.

Analyses statistiques

L'analyse factorielle discriminante (qui tient compte du regroupement des observations en catégories connues) a été employée pour discriminer les trois populations (TOMASSONE, 1988).

Le test des rangs non paramétrique de MANN-WHITNEY (CONOVER, 1971), adapté aux petits échantillons dont les distributions sont inconnues, a été choisi pour tester les différences absolues des mesures effectuées sur les trois populations pour les cinq variables.

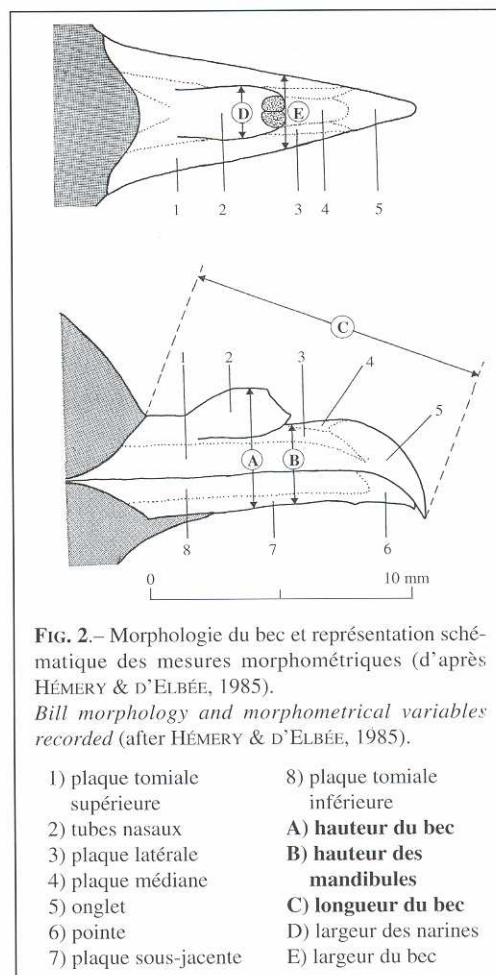


TABLEAU II. – Caractéristiques univariées des oiseaux examinés : moyenne (écart-type) ; n = effectif. Les mesures du bec et de l'aile sont exprimées en millimètres, celle du poids en grammes.
Morphometrical data for studied specimens: Mean (s.d.); n = sample size; bill and wing measurements in millimetres and weight in grams.

	Biarritz (Atlantique) n = 19		Corse (Méditerranée) n = 32		Archipel de Riou (Méditerranée) n = 4	
Aile pliée	122,5	(2,82)	123,58	(2,98)	129,25	(2,22)
Poids	28,32	(1,70)	28,94	(2,97)	28,25	(1,89)
Longueur du bec	non mesuré		11,99	(0,71)	12,25	(0,29)
Hauteur mandibules	3,87	(0,42)	4,08	(0,17)	4,50	(0,08)
Hauteur du bec	5,29	(0,29)	5,56	(0,22)	5,75	(0,24)

RÉSULTATS

Caractéristiques morphologiques des oiseaux examinés

Les caractéristiques moyennes des trois échantillons sont présentées dans le tableau II.

Différences univariées des échantillons

Le tableau III rassemble les résultats du test des rangs de MANN-WHITNEY effectué sur les trois échantillons d'océanites pour les cinq variables.

On constate ainsi qu'au risque $\alpha = 5\%$:

- les mesures de la longueur de l'aile pliée des oiseaux provenant de Corse sont inférieures à celles des oiseaux provenant de Marseille, en revanche, ce caractère ne permet pas de différencier les échantillons de Corse et de Biarritz ;
- la variable poids ne discrimine pas les trois populations étudiées ;
- la hauteur du bec des océanites examinés à Marseille est supérieure à celle des océanites de Biarritz, de même, celle des oiseaux de Corse est supérieure à celle des oiseaux de Biarritz. Cependant, la hauteur des mandibules est un critère qui ne discrimine pas les individus des deux populations méditerranéennes ;
- la hauteur des mandibules permet de bien différencier chacune des populations entre elles.

La différenciation des deux populations méditerranéennes s'attache à deux critères morphologiques, la hauteur des mandibules et la longueur de l'aile pliée.

Discriminations multivariées des populations

La matrice des données de l'analyse factorielle discriminante porte sur les quatre variables ("longueur de l'aile pliée", "poids", "hauteur des mandibules" et "hauteur du bec") et sur la totalité des échantillons ($n = 55$).

Les résultats de l'analyse de variance (TAB. IV, annexes) montrent qu'au risque $\alpha = 5\%$, la longueur

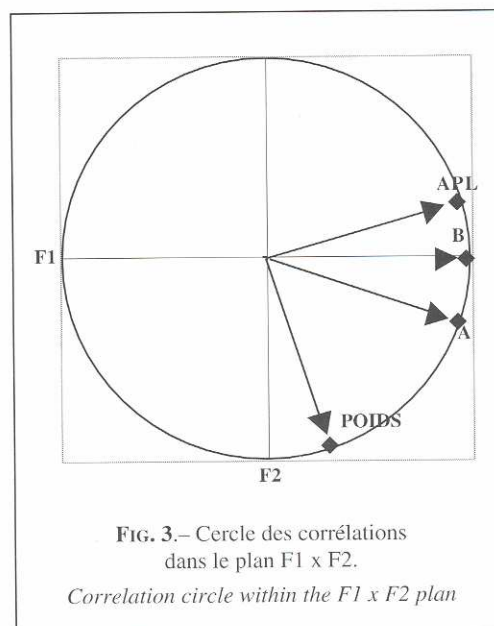


FIG. 3.— Cercle des corrélations dans le plan F1 x F2.

Correlation circle within the F1 x F2 plan

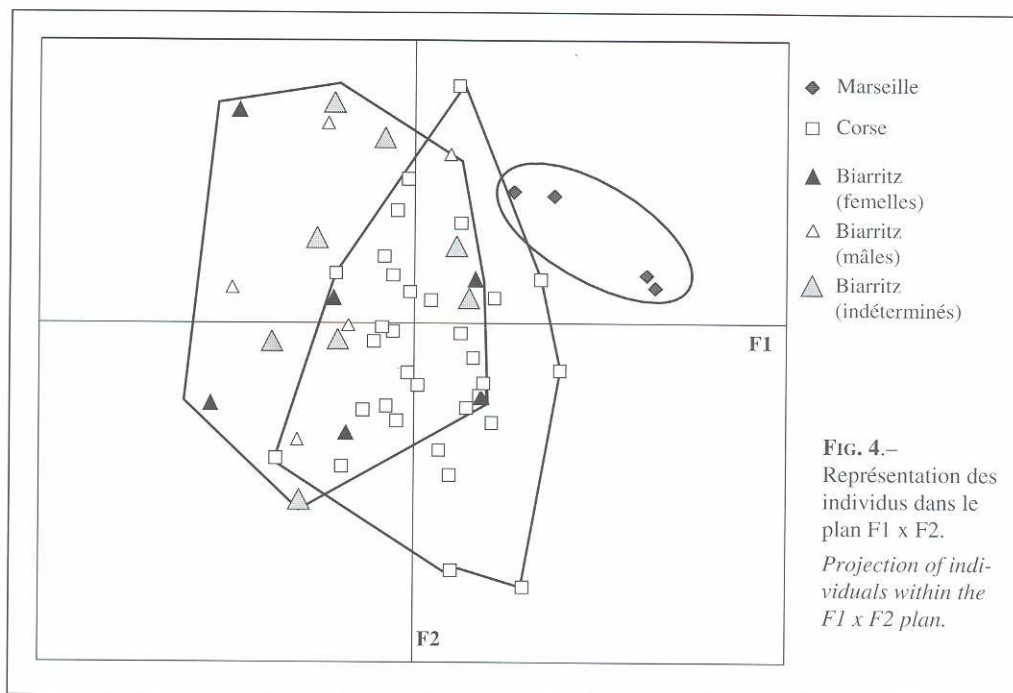
de l'aile pliée, la taille du bec et des mandibules ont un fort pouvoir discriminant ($p < 0,05$).

Les résultats de la diagonalisation (TAB. V, annexes) montrent que le premier axe (F1) restitue plus de 85 % de l'information. Son pouvoir discriminant est peu élevé ($R^2 = 0,45$). Bien qu'il existe des différences significatives ($p < 0,05$) entre les trois groupes (TAB. IV), cette discrimination n'est pas très marquée en raison du faible coefficient de corrélation canonique.

Les quatre variables "longueur de l'aile pliée", "hauteur des mandibules", "hauteur du bec" et "poids" sont toutes très bien représentées dans le plan F1 x F2 ($\Sigma r^2 > 0,8$) (TAB. VI annexe).

Les trois variables, "longueur de l'aile pliée", "hauteur des mandibules" et "hauteur du bec", apparaissent fortement corrélées au premier axe (FIG. 3 et TAB. VI). Les variables les plus liées à l'axe F1 sont toutes corrélées positivement. Cette analyse montre un gradient de taille suivant l'axe F1 et de poids suivant F2.

Dix-sept individus sur 55 sont classés dans des groupes différents de leur groupe d'origine : trois individus du groupe Corse dans celui de Marseille, six individus de Biarritz dans le groupe corse et huit individus du groupe corse classés dans celui de Biarritz (FIG. 4).



Le pourcentage d'individus bien classés est donc de 38/55, soit 69,1 %.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'analyse statistique permet de confirmer les résultats des travaux d'HÉMERY & d'ELBÉE (1985) à savoir que les Océanites tempêtes d'origine méditerranéenne se différencient très nettement de ceux de l'Atlantique (MASSA & CATALISANO, 1986) comme il a été noté chez d'autres espèces de Procellariiformes ou d'oiseaux marins (ZOTIER *et al.*, 1999).

Cette analyse permet également, à l'intérieur du groupe méditerranéen, de discriminer les spécimens issus des îles Cerbicales (Corse) de ceux de l'archipel de Riou (Bouches-du-Rhône). L'analyse factorielle discriminante ainsi que le test des rangs de MANN & WHITNEY (FIG. 4 et TAB. III) montrent clairement que les Océanites tempêtes mesurés dans l'archipel de Riou se distinguent de ceux des îles Cerbicales par la longueur de l'aile et la hauteur des mandibules. Aucune différence significative n'a été montrée pour la longueur et la hauteur du bec.

Bien que les mesures morphologiques aient été réalisées par deux observateurs différents, ces résultats ont été obtenus dans des conditions comparables (individus mesurés vivants, méthodologie de mesure identique, test non significatif de variation de mesure entre les 2 observateurs sur d'autres spécimens). Les variations morphologiques observées ne sont donc pas dues à un biais résultant des deux observateurs.

Cependant, le sexe et l'âge des individus n'ont pas été distingués dans les analyses. Or, on sait que les femelles ont une taille significativement plus grande que celle des mâles (CRAMP & SIMMONS, 1977) et des individus peu âgés. Toutefois, cette variabilité n'a été observée que pour la longueur du tarse, de la queue et de la masse des individus, aucune différence significative n'a été montrée pour la longueur de l'aile et la hauteur des mandibules (FOWLER *et al.*, 1986; JAMES, 1983; HÉMERY *et al.*, *loc. cit.*).

De même, le faible effectif des individus examinés sur l'archipel de Riou est une deuxième cause d'imprécision qui réduit les différences observées entre les oiseaux.

Ces différences morphologiques entre oiseaux méditerranéens et atlantiques pourraient être expliquées par un isolement spatial (et donc génétique) puisque à notre connaissance, aucune reprise d'individu bagué, jusqu'à aujourd'hui, n'a signalé d'échange entre la Méditerranée et l'Atlantique (HÉMERY, 1996). Des travaux récents en biologie moléculaire sur des oiseaux issus de la métapopulation atlantique et de la métapopulation méditerranéenne ont par ailleurs confirmé l'existence de deux entités biologiques distinctes, se situant au plan taxonomique au niveau minimum de sous-espèce suggérant qu'il n'y a pas eu d'échange récent entre ces deux métapopulations (CAGNON *et al.*, 2000).

Il apparaît que la majorité des individus originaires de Méditerranée y restent toute l'année (HÉMERY, 1996) mais faute de suivi, on ignore si des échanges entre colonies de reproduction méditerranéennes existent. Il est possible que les différences morphologiques puissent être dues à l'isolement géographique de l'archipel de Riou et des îles Cerbicales distantes de plusieurs centaines de kilomètres.

En effet, un isolement génétique peut exister entre colonies très proches. Par exemple, à Biarritz, les deux colonies, distantes seulement de 1,2 km, sont génétiquement totalement isolées. Aucun échange d'individus reproducteurs entre les deux colonies basques, bagués poussins ou adultes entre 1974 et 1999, n'a pu être observé durant les 26 dernières années (HÉMERY *et al.*, inédit).

Des données plus nombreuses couplées à des analyses moléculaires du polymorphisme apporteront de précieux renseignements tant au point de vue systématique que biologique. Ainsi, les échanges d'individus marqués entre colonies éloignées ou proches pourront être comparés au degré d'isolement et de divergence génétique.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Alain MANTE et David TATIN du Conservatoire et Études des Écosystèmes de Provence Alpes du Sud pour leur coopération, leur accueil ainsi que pour leur aide constante sur le terrain tout comme Isabelle GUYOT et Jean-Claude THIBAUT du Parc Naturel de la Corse.

Nous remercions également très sincèrement Géraldine LAFARGUE qui ne ménagea ni son temps, ni sa peine pour nous assister sur le terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- CAGNON (C.), LAUGA (B.), D'AMICO (F.), NISSER (J.), THIBAUT (J.-C.), D'ELBÉE (J.), HÉMERY (G.) & MOUCHÈS (C.) 2000.— *Polymorphisme moléculaire des populations atlantiques et méditerranéennes d'Océanite-tempête* *Hydrobates pelagicus*. In : Océanographie du Golfe de Gascogne. VIIe colloque. Int., Biarritz, 4-6 avril 2000. ELBÉE J. (d') & POUGET P. (coord.). Ed. Ifremer, Actes colloque, 31 : 153-163.
- CONOVER (J.W.) 1971.— *Practical nonparametric statistics*. Wiley ed., New York. 462 pp.
- CRAMP (S.) & SIMMONS (K.E.L.) 1977.— *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic*. Vol I. Oxford University Press, Oxford.
- FOWLER (J.A.), HULBERT (M.E.) & SMITH (G.) 1986.— Sex ratio in a sample of tape-lured Storm Petrels *Hydrobates pelagicus* from Shetland Scotland. *Seabird*, 9 : 15-19.
- HÉMERY (G.) 1996.— *Variabilité temporelle du milieu et mécanisme de régulation d'une population d'oiseaux marins: le Pétrel tempête dans le golfe de Gascogne* (inédit).
- HÉMERY (G.) & d'ELBÉE (E.) 1985.— Discrimination morphologique des populations atlantique et méditerranéenne de Pétrel tempête *Hydrobates pelagicus*. In *Oiseaux marins nicheurs du Midi et de la Corse*. Annale du CROP, n° 2 Aix-en-Provence : 63-67.
- JAMES (P. C.) 1983.— Storm Petrel Tape Lures: Wich Sex is Attracted? *Ring and Migration* 4: 249-253.
- JOUANIN (C.) & MOUGIN (J.-L.) 1979.— Order Procellariiformes. In "*Checklist of birds of the world*" Vol. I (2nd edition) p. 111, MAYR & COTTELL ed. Cambridge.
- MASSA (B.) & CATALISANO (A.) 1986.— *Status and conservation of the Storm Petrel* *Hydrobates pelagicus* in Sicily. NATO ASI Series, Vol. 12. Mediterranean Marine Avifauna. MEDMARAVIS & X. MONBAILLIU ed.: 143-151.
- TOMASSONE (R.) 1988.— *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante?* Institut Technique des Céréales et des Fourrages. Services des Études Statistiques. 55 p.
- ZOTIER (R.), BRETAGNOLLE (V.) & THIBAUT (J.-C.) 1999.— Biogeography of the marine birds of a confined sea, the Mediterranean. *Journal of Biogeography*, 26 : 297-313.

ANNEXES

TABLEAU IV. – Résultats de l'analyse de variance.
Results of the ANOVA.

	VARIANCES RÉSIDUELLES	ECARTS-TYPES RÉSIDUELS	TEST DE FISCHER	PROBABILITÉS
APL	8,31	2,88	9	0,05
POIDS	6,48	2,54	0,42	66,77
A	0,06	0,25	9,52	0,03
B	0,08	0,28	8,84	0,06
APL : longueur de l'aile pliée (en mm), poids en g, A : hauteur des mandibules (en mm). B : hauteur du bec (en mm).				

TABLEAU V. – Résultats de la diagonalisation.
Result of the diagonalisation

	VALEUR PROPRE	INERTIE	PSEUDO F	STATISTIQUE DE WILKS	PROBABILITÉS %	R ²
Axe F1	0,83	85,60	21,54	37,04	0,00	0,45
Axe F2	0,14	14,40	3,61	6,57	8,56	0,12
1 ^{ère} colonne : numéros des axes discriminants ; 2e colonne : valeur propre (variance sur l'axe discriminant) ; 3e colonne : contribution (pourcentage expliqué par l'axe discriminant) ; 4e colonne : pseudo F ; 5e colonne : statistique de WILKS ; 6e colonne : probabilité (en %) ; 7e colonne : R ² : coefficient de corrélation canonique						

TABLEAU VI. – Représentation des variables dans le plan F1 x F2.
Representation of morphetrical variable within the F1 x F2 plan.

	CORRÉLATION INTER-CLASSES		CORRÉLATION CARRÉS (R ²)	
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2
Longueur de l'aile pliée	0,9407	0,3393	0,8849	0,1151
Poids	0,2565	-0,9665	0,0658	0,9342
Hauteur des mandibules	0,9272	-0,3745	0,8597	0,1403
Hauteur du bec	0,999	0,0132	0,998	0,0002
Les colonnes 2 et 3 correspondent aux corrélations interclasse entre les variables et les axes discriminants Les colonnes 4 et 5 correspondent aux corrélations élevées au carré.				

