

جامعة باجي مختار- عنابة

Badji Mokhtar -Annaba-
University



Université Badji-Mokhtar-
Annaba

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat es sciences en Biologie Animale

Stratégies de la reproduction de la guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* (Pallas, 1811) dans le lac Tonga, wilaya d'El Tarf : Caractéristiques et qualité d'accueil de son unique site nord-africain de reproduction

Présentée par : M^{elle} BAKARIA Fatiha

Soutenue le : 17/01/2013

Devant le jury :

Président	M KHEBBEB MED EL HADI	Professeur	Université de Annaba
Directeur	M BENYACOU B SLIM.	Professeur	Université de Annaba
Co-directeur	M GAUTHIER-CLERC MICHEL	Chargé de recherche	Tour du Valat France
Rapporteur	M ^{me} BENHOUBOU SALIMA	Professeur	INA Alger
Examineur	M SIBACHIR ABDELKRIM	Professeur	Université de Batna

RESUME

Cette étude s'inscrit dans l'optique de l'évolution des traits de vie de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* (P), à travers les patrons spatio-temporels de la reproduction, dans le lac Tonga, son unique site nord-africain de nidification qui semble lui offrir des conditions optimales.

Les premiers individus arrivent dans la région en avril, les premières pontes sont amorcées à la fin mai où en début juin, selon la stabilité des niveaux d'eau. Les nids sont influencés par les conditions écologiques de deux manières: directement, en modifiant la disponibilité de matériaux de construction et indirectement, en modifiant la répartition de la colonie (la taille des nids a régressé au cours des années alors que la distance entre nids voisins a augmenté).

Les changements du milieu ne semblent pas avoir une influence sur les traits biométriques des oeufs ainsi que sur la taille de ponte. Ils ne sont pas non plus influencés par la date de ponte et la distance des nids par rapport à la berge du lac ni par la distance entre nids voisins. Par ailleurs, il n'y a pas de relation entre taille des oeufs et taille de ponte, excluant ainsi la théorie du Trade-Off ou compromis.

La position des îlots de reproduction dans le lac ainsi que la date de ponte, n'ont aucune influence sur le succès reproducteur. Il est par ailleurs élevé, pour toutes les saisons, notamment quand les conditions climatiques régnantes au moment de l'initiation des pontes, sont favorables. En revanche, les éclosions sont influencées par la taille de ponte.

Aucun des paramètres de la reproduction ne semble être influencé par la latitude, puisque les résultats sont semblables à ceux obtenus en Europe, le succès à l'éclosion semble même plus élevé et plus stable par rapport à ceux obtenus dans d'autres régions, ce qui explique être la fidélité de la colonie au lac Tonga.

Mots clés : *Chlidonias hybrida hybrida* - lac Tonga - caractéristiques des nids – Biométrie des œufs - succès à l'éclosion.

SUMMARY

This study is conducted in the context of the evolution of life history traits of the Whiskered Tern *Chlidonias hybrida hybrida* (P), through the spatio-temporal reproduction patterns, in Lake Tonga, its single north-african nesting site, which offer optimal conditions.

The first terns arrived in the region in April, the first eggs are initiated at the end of May where in early June, depending on the stability of water levels. Nests are influenced by environmental conditions in two ways: directly, by altering the availability of construction materials and indirectly by altering the distribution of the colony (nest size has declined over the years and the distance between neighboring nests increased).

Environmental changes do not seem to have an influence on the egg size and clutch size. They are not influenced by laying date and the nest distance from the lake shore, or by the distance between neighboring nests. Moreover, there is no relationship between egg size and clutch size, thus excluding the Trade-Off theory.

The position of nests in the lake as well as the laying date, have no effect on hatching success. It is high for all seasons, especially when the prevailing weather conditions at the laying initiation, are favourable. However, the hatching success is influenced by clutch size.

None of the reproductive parameters seems to be influenced by latitude, the results are similar to those in Europe. The hatching success seems more higher and more stable compared with those obtained in other regions, explains the fidelity of the colony at Lake Tonga.

Keywords: *Chlidonias hybrida hybrida* - Lake Tonga - nests characteristics – egg size - hatching success.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à :

*Monsieur **Mohamed El Hadi KHEBBEB**, Professeur à l'université de Annaba d'avoir eu la gentillesse d'examiner ce travail et d'en présider le jury.*

*Monsieur **Slim BENYACOUB**, Professeur à l'université de Annaba d'avoir accepté de diriger ce travail, de lui avoir prêté beaucoup d'attention et de m'avoir fait confiance pour le mener jusqu'au bout. Je lui témoigne ma profonde gratitude et toute ma reconnaissance pour son aide précieuse, tout au long de ma carrière professionnelle.*

*Monsieur **Michel Gauthier-Clerc** qui a accepté de co-diriger cette thèse en dépit de ses occupations Je lui dois beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives et son aide pour l'accueil et les conditions de travail privilégiées qui m'ont été offertes au sein de la station biologique de la tour du Valat.*

*Mme **Salima BENHOUHOU**, Professeur à l'école nationale des sciences agronomiques (ENSA) d'El Harrach, Alger, qui a consenti à faire partie du jury, et y a consacré de son temps en dépit de ses charges. Mes sincères remerciements*

*M. **Abdelkrim SIBACHIR**, Professeur à l'université de Batna, qui a bien voulu me faire l'honneur de juger ce travail et faire partie du jury. Je lui exprime également mon profond respect pour ses qualités humaines qui l'auréolent.*

*M. **Jerzy BANBURA**, de l'Université de Łódź, Banacha Pologne, dont l'aide a été précieuse pour l'élaboration de deux articles sur l'espèce. Qu'il en soit vivement remercier.*

*Une pensée à la mémoire du Professeur **Yassine CHABI** qui n'a jamais cessé de croire en nous, pour ses encouragements pour sa façon de nous mettre la pression 'positive' sans oublier le professeur **M^{ed} Guellati** pour sa gentillesse et pour m'avoir presque ordonné de continuer le travail sur les guifettes.*

Plusieurs personnes ont contribué à ce travail notamment :

*M. **Denis POINSOT**, université de Rennes, pour sa gentillesse et ses qualités humaines. M. Poinot qui m'a initié au logiciel R, et pour son article autant humoristique que constructif « statistiques pour statophobes », qu'il en soit vivement remercié.*

*Un grand merci est adressé à toute l'équipe de la Station biologique de la Tour du Valat (Camargue) pour sa gentillesse et sa disponibilité, Je tiens à souligner l'aide précieuse de M. **Jean Jalbert**, les conseils de Mme **Jacqueline Crivelli**, responsable de la bibliothèque, Mme*

Nicole Yaverckovski et M. Jean Rocher pour leur précieuse amitié, Marie-Antoinette pour son agréable compagnie.

la charmante équipe de chercheurs et stagiaires de l'année 2007, que chacun trouve ici, l'expression de mes meilleurs sentiments! en particulier Céline Langlais, Lucie Schmaltz, Marine, Martha (l'italienne) et Jonathan pour les soirées (crêpes), Abdennour Bouchekeur, Med Gharbi, le trio de marocaines ; Ibtissam, Nardjes et Sihem

M. Moncef BENDJEDID, directeur du Parc National d'El Kala pour ses encouragements ainsi qu'à toute son équipe.

Un clin d'œil particulier à mes amis M. Boukheroufa Mehdi et Mme Boukheroufa-Sakraoui Ferial, pour leur amitié sans failles et leur aide précieuse pour la réalisation de ce manuscrit et de la présentation l'orale, sans oublier le matraquage dont j'ai fait l'objet et qui m'a permis d'en finir avec cette thèse. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude.

Mes vifs remerciements vont à mes amis qui ont suivi de près l'avancement de ce projet, pour leur encouragement et leur amitié :

M. Raouf Boulahbal, Mme Nawel Bensouilah-Djebari et M. Mourad Bensouilah, M., Mme et M. Sakraoui, Mme Rym Dadci-Sakraoui et M. Walid Dadci, Mme Nadia Rouag-Ziane et M. Rachid Rouag, Mme Nedjma Sammar-Laaroussi et M. Faouzi Sammar, Mme Dahdouh-Berreguain et M. Moïz Dahdouh, Nawel Hani-Boudechiche et M. Aziz Hani,

Enfin que chacun des membres de ma famille trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de mon amour avec un clin d'œil à tous mes neveux et nièces.

Une pensée particulière à la mémoire de mes chers parents qui m'ont toujours témoigné un amour inconditionnel et m'ont encouragé et soutenu dans tous mes projets.

je leur dédie ce travail.

Sommaire

Introduction.....	01
Matériel et méthodes.....	09
I Présentation de l'espèce.....	09
I.1 Description de l'espèce.....	09
I.2 Systématique et distribution.....	10
I.2.1 Systématique et distribution mondiale de l'espèce <i>Chlidonias hybrida</i>	10
I.2.2 Reproduction, hivernage et mouvements migratoires de la sous-espèce <i>Chlidonias hybrida hybrida</i>	12
I.2.2.1 Aire de reproduction	12
I.2.2.2 Hivernage et mouvements migratoires.....	14
I.3 Ecologie de l'espèce.....	15
I.4 Tendances des effectifs.....	16
II. Contexte géographique.....	18
II.1 Contexte géographique régional.....	18
II.2 Climat de la région d'étude	21
II.2.1 Synthèse climatique de la région d'étude	21
II.2.2 Synthèse des données pluviométriques pour les années d'étude.....	22
II.3 Présentation du site d'étude.....	24
II.3.1 Situation du lac Tonga.....	24
II.3.2 Hydrologie du lac Tonga.....	27
II.3.3 Les richesses biologiques du lac Tonga.....	28
III Matériel et méthodes d'étude.....	28
III.1 Etude des nids.....	30
III.1.1 Caractéristiques des nids.....	30
III.1.2 Méthodes.....	32

III.2 Etude des œufs.....	34
III.2.1 Caractéristiques des œufs.....	34
III.2.2 Méthode.....	36
III.3 Etude de la reproduction.....	37
III.3.1 Paramètres de la reproduction.....	37
III.3.2 Méthode.....	38
Résultats.....	40
I Caractéristiques des nids.....	40
I.1 Description des matériaux utilisés dans la construction des nids.....	40
I.2 Fréquences des plantes dans les nids.....	41
I.2.1 Pour l'ensemble des années d'étude.....	41
I.2.2 Pour chacune des années d'étude.....	42
I.3 Position des nids dans les patchs de nénuphars.....	43
I.3.1 Variations annuelles des positions des nids.....	43
I.3.2 Variations saisonnières des positions des nids.....	44
I.4 Variations de la distance des nids par rapport à la berge du lac.....	46
I.4.1 Variations annuelles des distances par rapport à la berge.....	46
I.4.2 Variations saisonnières des distances par rapport à la berge.....	47
I.5 Distances entre nids voisins.....	47
I.5.1 Variations annuelles des distances entre nids voisins.....	47
I.5.2 Variations saisonnière des distances entre nids voisins.....	49
I.6 Caractères biométriques des nids.....	50
I.6.1 Variations annuelles des caractères biométriques.....	50
I.6.2 Relation entre les différents caractères biométriques des nids.....	51
I.7 Relations entre la composition des nids et leurs caractéristiques biométriques.....	53
I.7.1 Les composantes principales et les proportions des plantes.....	53
I.7.1.1 Les différences annuelles des composantes principales des nids.....	54
I.7.1.2 Cas des nids construits sur la surface (2006).....	56
I.7.2 Les composantes principales des dimensions des nids.....	56
I.7.2.1 Les composantes principales et les dimensions des nids (sans les nids sur l'eau).....	56
I.7.2.2 Cas des nids pour 2006.....	57

I.8 Relation entre les composantes principales de la composition des nids et celles de leur (taille et forme).....	59
II. Caractéristiques des œufs.....	61
II.1 Le bilan des mesures biométriques des œufs (2005).....	61
II.1.1 Relation entre les différents paramètres biométriques des œufs.....	64
II.2 Le Volume des œufs	65
II.2.1 Relation entre le volume et les différents paramètres.....	66
II.2.1.1 La distance par rapport à la berge.....	66
II.2.1.2 Relation entre le volume des œufs et la date de ponte.....	66
II.2.1.3 Relation entre le volume des œufs et la taille de ponte.....	67
II.3 Analyse des traits biométriques des œufs entre deux périodes.....	68
III Paramètres de la reproduction.....	70
III.1 Initiation des pontes.....	70
III.1.1 Date de ponte.....	70
III.1.2 Flexibilité des dates de ponte au sein d'une même colonie.....	72
III.2 Localisation de la colonie par rapport à la berge.....	75
III.2.1 Localisation de la colonie par saison.....	75
III.2.2 Localisation des groupes de la même colonie par rapport à la berge.....	76
III.2.3 Relation entre l'éloignement de la berge et la date de ponte.....	78
III.3 La taille de ponte.....	79
III.4 L'incubation.....	81
III.5 Les éclosions.....	83
III.6 Le succès à l'éclosion.....	85
III.6.1 Le succès à l'éclosion pour chacune des saisons dans son ensemble.....	85
III.6.2 Le succès à l'éclosion dans les îlots de chacune des saisons.....	87
III.6.3 Effet de la date de ponte sur le succès à l'éclosion.....	88
III.6.4 Effet de l'éloignement de la berge et le succès à l'éclosion.....	89
III.6.5 Effet de la taille de ponte sur le succès à l'éclosion.....	89
Discussion.....	92
Conclusion et Perspectives.....	117
Références Bibliographiques.....	122

LISTE DES FIGURES



N°	Intitulé	Page
1	Distribution mondiale l'espèce <i>Chlidonias hybrida</i>	12
2	Distribution de la sous-espèce <i>Chlidonias hybrida hybrida</i>	13
3	Voies de migration	15
4	Répartition des effectifs en nombre de couples de Guifette moustac	17
5	Répartition des hotspots dans le monde	18
6	Carte du complexe humide d'Annaba-El Kala	20
7	Position d'El Kala dans le climagramme d'Emberger	22
8	Moyennes mensuelles des précipitations	23
9	Position du lac Tonga dans le territoire du parc National d'El Kala	25
10	Carte de délimitation du bassin versant du lac Tonga	27
11	Fréquences d'occurrence des plantes pour toutes les saisons	42
12	Fréquences annuelles des plantes	43
13	Fréquences annuelles des positions des nids	44
14	Variations saisonnières des positions des nids	45
15	Différences annuelles des distances par rapport à la berge	47
16	Différences annuelles des distances entre nids voisins	49
17	Différences annuelles des mesures biométriques nids	50/51
18	Relation entre les traits biométriques des nids	52
19	Différences annuelles des 3 éléments des nids	55
20	Composantes principales 1 de la taille et la position des nids	58
21	Composante principale 2 de la forme et la position des nids	59
22	Fréquences des longueurs, des largeurs et des poids des œufs	63
23	Relations entre les paramètres biométriques des œufs	64/65
24	Fréquences des volumes des œufs de la guifette	65
25	Relation entre le volume des œufs et la distance / berge	66
26	Relation entre le volume des œufs et la date de ponte	67
27	Relation entre le volume des œufs et la taille de ponte	67
28	Moyennes des longueurs, largeurs et volumes des œufs 1996/2005	68/69
29	Moyennes des dates de pontes (3 années)	71
30	Initiation des de pontes pour chacune des saisons (îlots)	73
31	Fréquences des dates de pontes	74/75
32	Distance par rapport à la berge pour les trois années	76
33	Localisation des groupes de la même colonie, par rapport à la berge	77
34	Relation entre la date de ponte et la distance par rapport à la berge	78/79
35	Pourcentage des tailles de ponte	80
36	Fréquences annuelles des durées d'incubation	82
37	La date moyenne d'éclosion pour les trois saisons	83
38	Fréquences annuelles des dates d'éclosion	84/85
39	Taux à l'éclosion pour les trois saisons	86
40	Succès à l'éclosion au niveau des îlots	87/88
41	Relation entre le succès à l'éclosion et la date de ponte	88
42	Relation entre le succès à l'éclosion et la distance par rapport à la berge du lac	89
43	Relation entre le succès à l'éclosion et la taille de ponte	90

Liste des tableaux



N°	Intitulé	Page
1	Sites Ramsar de la wilaya d'El Tarf	19
2	Nombre de nids étudiés par saison	39
3	Distances moyennes des nids par rapport à la berge	46
4	Distances moyennes entre les nids voisins	48
5	Caractéristiques biométriques des nids	50
6	Les proportions des plantes dans les nids	54
7	Dimensions linéaires des nids	57
8	Corrélation entre les composantes principales de la composition des nids et les composantes principales de la taille et forme des nids	60
9	Mensurations des œufs	62
10	Dates de ponte moyennes	71
11	Distances moyennes par rapport à la berge	75
12	Tailles de ponte moyennes	80
13	Durées moyennes d'incubation	81
14	Dates moyennes d'éclosion	83
15	Succès moyens à l'éclosion	86
16	Données bibliographiques des dimensions des nids (cm)	95
17	Données bibliographiques sur la biométrie des œufs	98
18	Données bibliographiques sur la taille de ponte	105
19	Données bibliographiques sur les durées d'incubation	108

Liste des photos

N°	Intitulé	Page
1	Guifette adulte en plumage nuptial	9
2	Poussins de guifette	10
3 (a et b)	Rive ouest du lac Tonga	24
4 (a et b)	Nupharaie de la rive ouest du lac	32
5	Marquage des nids	33
6 (a-c)	Nids de guifettes	41
7	Nids voisins	48
8	Nid de guifette sur l'eau	53
9	Œufs de la Guifette moustac	56
10	Groupe de Guifettes au dessus des nids	70
11(a et b)	Poussins et juvénile de Guifette moustac	85



INTRODUCTION GENERALE

Il existe actuellement un consensus chez les scientifiques travaillant sur la biodiversité pour dire que, si nous continuons à détruire les écosystèmes au rythme actuel, à la fin du 21^e siècle nous aurons éliminé la moitié ou davantage des plantes et animaux de la planète (**Wilson 2007**). Bien que le rythme d'extinction des espèces soit un processus naturel, on parle actuellement de la sixième crise d'extinction dont le rythme ne cesse d'augmenter de façon très rapide et sans précédent. Par ailleurs, une étude menée à l'université de Leeds, a mis en évidence le risque d'extinction de 15% à 37% des espèces avant 2050 et que le taux d'extinction des espèces pourrait être 1000 à 10000 fois supérieur à ce qu'il est naturellement (**Thomas et al. 2004**).

Les relations de cause à effet entre le changement global et les actions anthropiques liés à l'accroissement démographique, ont conduit à des bouleversements à différents niveaux d'organisation biologique. En effet, l'urbanisation et le développement des infrastructures, la surexploitation des milieux et des ressources, les introductions d'espèces envahissantes, les pratiques agricoles intensives, les changements d'habitats, les différentes formes de pollution et le changement climatique planétaire, conduisent à la modification profonde et durable des écosystèmes et par voie de conséquences à la perte de biodiversité dans le monde (**Noss et al. 2006**).

A ce titre, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (**UICN**) établit annuellement une liste des espèces menacées (*Liste rouge de l'UICN*) qui constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales et constitue un indicateur de l'état de la biodiversité. Elle s'appuie sur une série de critères précis pour évaluer le risque d'extinction de milliers d'espèces et sous-espèces. Ces critères s'appliquent à toutes les espèces et à toutes les parties du monde (**UICN 2009**).

Dans sa dernière édition (version 2)(**UICN 2012**) et sur les 65518 espèces étudiées, 20219 sont classées menacées. Parmi ces espèces, 41% des amphibiens, 13% des oiseaux et 25% des mammifères sont menacés d'extinction au niveau mondial. C'est également le cas pour 31% des requins et raies, 33% des coraux constructeurs de récifs et 30% des conifères.



Les chiffres indiqués ci-dessus ne concernent que les espèces qui ont été évaluées à ce jour pour la Liste rouge de l'UICN et toutes les espèces du monde n'ont pas été évaluées, le classement d'une espèce sur la liste lui confère une priorité pour le monitoring, pour le développement de recherches la concernant et même des actions directes sur le terrain. Les études à entreprendre doivent impérativement, tenir compte des facteurs pertinents tels que l'abondance, les menaces (**Beissinger et al. 2000 ; Carter et al. 2000**), le taux de perte de ses habitat et des autres facteurs écologiques (**Dunn 2002**) et socio-économiques. Elle implique donc une connaissance de l'écologie des espèces puisque l'importance des traits des espèces sur le fonctionnement des écosystèmes a été démontrée (**Tilman et al. 1997a ; Hector et al. 1999**) et la compréhension des causes et des conséquences de la perte de biodiversité est primordiale, afin d'appréhender les enjeux de l'érosion de la biodiversité et de faire des choix pertinents de conservation.

Cette nouvelle approche est née des besoins accrus des populations humaines en ressources et du souci de conservation de la biodiversité, c'est une science pluridisciplinaire qui étudie les aspects de la biodiversité, les répercussions des actions anthropiques sur cette biodiversité et le développement de stratégies pouvant, freiner l'extinction des espèces et promouvoir l'utilisation rationnelle et durable des ressources biologiques, il s'agit de la biologie de conservation dont l'un des fondateurs est **Soulé (1986)**. Cette science vise à ériger des outils concrets pour la gestion des espèces, des communautés, des écosystèmes et des paysages. Elle s'intéresse donc aux processus de maintien de la biodiversité, analysés à différents niveaux spatio-temporels et écosystémiques (**Thienpont 2005**).

Parmi les analyses spatio-temporelles effectuées, la sélection de l'habitat, à différentes échelles, est une donnée de base de l'écologie d'une espèce, essentielle pour toute étude plus approfondie (**Palma et al. 1999**).

En effet, la sélection de habitat est un point-clé de la compréhension des processus évolutifs (**Stearns 1992 ; Begon et al. 1996**) et une donnée fondamentale pour des applications en gestion et conservation des espèces, permettant d'effectuer des prédictions sur l'évolution des populations (**Teixeira et Arntzen 2002**).



La réduction des sites peut également forcer les animaux inféodés à ces milieux, à disperser dans de nouveaux environnements pour survivre (**Hobbs 2000 ; Ewers et Didham 2005**) et pour optimiser leur succès reproducteur (**Kokko et al. 2004**).

Face aux différents changements de leur environnement, les organismes adoptent des mécanismes complexes de réponses (**Parmesan et Yohe 2003**). Ces stratégies de réponse sont liées à leur valeur adaptative (fitness), concept fondamental en évolution traduisant la capacité des individus à survivre et à optimiser leur succès reproducteur dans un environnement auquel ils sont confrontés, ou d'en adopter un nouveau.

Le choix entre la fidélité au site et la dispersion sont deux comportements déterminés par des compromis (*trade-off*) entre coûts et bénéfices et obéissent à des phénomènes multiples et complexes qui tiennent à la fois aux conditions de l'habitat (facteurs biotiques et abiotiques) et aux stratégies démographiques adoptées par les organismes.

La dispersion des organismes joue un rôle dans leur dynamique et son intensité détermine en grande partie le lien entre les populations dans un cadre méta-populationnel (**Hanski 2001 ; Hanski et Gaggiotti 2004**) et dans leur différenciation génétique (par brassage génique (**Bohonak 1999**), puisque dans certains cas, la modification des écosystèmes peut entraîner l'isolement d'une tache d'habitat dont la population a alors un risque plus élevé de disparition sous diverses contraintes telles que la prédation, les événements catastrophiques, la consanguinité et la dérive génétique (**Keller et Waller 2002 ; Tallmon et al. 2004 ; Beebee 2005**) s'il n'existe pas d'immigration d'individus en provenance d'une autre population (*rescue effect*) (**Brown et Kodric-Brown 1977**). La dispersion permet également la recolonisation des habitats après des événements d'extinction (**Johnson et Gaines 1990 ; Whitlock 2001**).

Deux types de causalités de la dispersion, ont été envisagés. D'une part, les facteurs ultimes (des mécanismes évolutifs) tels que la compétition intraspécifique pour les ressources (Murray 1967, Moore et Ali 1984), le partenaire sexuel, la variabilité de l'environnement (stochasticité), l'évitement de consanguinité (qui se traduit par une diminution des performances individuelles et du succès reproducteur) (**Chen 1993 ; Bensch et al. 1994 ; Keller et al. 1994 ; Madsen et al. 1996 ; Hitching et Beebee 1998**) et d'autre part, les



facteurs proximaux (mécanismes immédiats) formés par l'ensemble des processus physiologiques et sociaux agissant sur l'individu et provoquant son départ.

Sous les pressions sélectives, le comportement nomade des organismes demeure privilégié si les habitats sont instables ou engagés dans un processus de succession écologique (**Olivieri et Gouyon 1997**). Même si les habitats sont stables, l'accès aux ressources peut être limité par l'augmentation de la densité. Il peut alors devenir plus avantageux de risquer une émigration périlleuse que de demeurer dans un site où il n'y a pas d'avenir (**Boissy et al. 2009**). Certains organismes choisissent alors de disperser afin de limiter les pertes de temps et d'énergie inhérentes à la compétition (**Murray 1967**).

La dispersion en réaction à des conditions défavorables, présente des risques associés à la réinstallation (**Ganter et Cooke 1998**). En effet, entreprendre un déplacement peut être très coûteux pour l'individu, par la dépense d'énergie qu'il représente et le risque de mortalité. De même, l'installation dans un nouvel environnement peut comporter un désavantage pour l'individu (**Gauffre 2009**). Ainsi le coût lié à la dispersion peut contre-sélectionner ce comportement (**Gandon et Michalakis 2001**).

A contrario, la fidélité au site de reproduction, est considérée comme une source d'avantages (**McNicholl 1975 ; Greenwood et Harvey 1982 ; Nager et al. 1996 ; Forero et al. 1999 ; Boulinier et al. 1996 ; Boulinier et Danchin 1997 ; Hinde 1956 ; Greenwood 1980 ; Schieck et Hannon 1989 et Koivula et al. 1993**). Elle demeure la meilleure stratégie adoptée au fil de l'évolution pour certaines espèces. Il s'agit d'un comportement à forte valeur adaptative puisqu'elle permet aux individus d'optimiser le temps d'installation sur les sites de reproduction et donc une économie d'énergie (**Greenwood et Harvey 1982 ; Harvey et al. 1979 ; Balkiz 2006**).

Cette stratégie offre également l'avantage d'une meilleure connaissance des territoires pour l'exploitation de leurs ressources (**Freer 1979 et Gavin et Bollinger 1988**) et permettrait d'éviter les coûts de la dispersion (**Part et Gustafsson 1989**). La fidélité au site est aussi liée à la fréquence de prédation du site, un lieu où la pression de prédation est faible les années précédentes, peut être favorisé (**Blancher et Robertson 1985**). Les risques liés à la fidélité au site sont traduits par la structuration génétique des populations (**Slatkin 1987**).



De nombreuses espèces migratrices présentent un haut degré de fidélité au site à des stades spécifiques de leur cycle annuel (**Greenwood 1980 ; Anderson et al. 1992 ; Robertson et Cooke 1999**). Cette fidélité est dépendante de la stabilité de l'habitat (**Baeyens 1981 ; Newton et Marquiss 1982 ; McNicholl 1975 ; Burger 1982**), par exemple chez les oiseaux de mer coloniaux, (**Sadoul et al. 1996**) et la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (**Trotignon et al. 1994**). La fidélité au site existe notamment si la présence de la ressource est prévisible et si cette dernière est suffisante pour ne pas être consommée rapidement (**Hunt et al. 1999**).

La stabilité d'un habitat, est traduite, selon plusieurs auteurs, par le succès reproducteur (*public information hypothesis*) (**Boulinier et Danchin 1997 ; Danchin et Wagner 1997**). En effet, une grande variété de taxons aviaires ayant eu un fort succès reproducteur l'année précédente, préfèrent retourner dans leur site de reproduction la saison suivante (**Haas 1997 ; Delius 1965 ; Darley et al. 1977 ; Nolan 1978 ; Weatherhead et Boak 1986 ; Parejo et al. 2005 ; Paton et Edwards 1996, 1998**) alors que la désertion des sites peut faire suite à un échec de la reproduction (**McNicholls 1975 ; Gauthier 1990 ; Beletsky et Orians 1991 ; Payne et Payne 1993 ; Gavin et Bollinger 1988 ; Freer, 1979**).

Le succès reproducteur est considéré comme indicateur de la bonne qualité du site (**Burger 1982 ; Hoover 2003 ; Klopfer et Ganzhorn 1985 ; Burger et Gochfeld 1990 ; Nager et al. 1996**), la réussite de la reproduction étant associée à la disponibilité en ressources alimentaires (**Pinot, 2009**) qui, elle même reflète la qualité d'un site.

La fidélité au site de reproduction est connue pour de nombreux oiseaux (Klopfer et Hailman 1965) et elle est fréquente chez les oiseaux coloniaux (**Coulson et White 1958 ; Tinbergen 1952 et 1961 ; Courtney 1980**).

En plus des avantages de la fidélité au site de reproduction, la colonialité offre des avantages supplémentaires tels que la stimulation sociale, la vigilance collective, la détection précoce et la défense collective contre les prédateurs.

Notre étude s'inscrit dans la problématique de conservation d'une population de Guifettes moustacs et plus précisément la sous-espèce *Chlidonias hybrida hybrida*. Cette espèce coloniale migratrice, se reproduit de façon régulière, au niveau du lac Tonga, l'unique site de



reproduction en Afrique du Nord connu à l'heure actuelle et ce, malgré l'existence d'autres zones humides limitrophes à ce lac et le nomadisme qui caractérise cette espèce en Europe, où les colonies sont instables et changent fréquemment de site même après l'initiation des pontes (**Trotignon 1994 ; Cézilly et Hafner 1995 ; Fuggles-Couchman 1962**).

En Algérie, la guifette moustac bénéficie d'une protection, par l'arrêté du 17 janvier 1995, complétant le décret n° 83-509 du 20 août 1983, relatif aux espèces animales non domestiques protégées. Par ailleurs, le lac Tonga bénéficie de plusieurs protections : il est inscrit sur la liste de Ramsar depuis 1982, année d'adhésion de l'Algérie à la convention portant le même nom ; il est classé en zone de protection intégrale au sein du parc national d'El Kala ; Le parc lui-même est classé Réserve de la Biosphère par l'UNESCO, dans le cadre de son programme '*Man and biosphere*'.

En Europe, la Guifette moustac est classée espèce en déclin, ce qui lui confère le statut de protection par plusieurs conventions. Elle figure ainsi en Annexe I de la directive des oiseaux (qui compte les espèces rares, vulnérables ou en voie de disparition) et en Annexe II de la convention de Berne (espèces sauvages migratrices).

Le lac Tonga est le site de reproduction le plus septentrional de l'aire de reproduction de la Guifette moustac, puisque ses quartiers de nidification sont plutôt européens. De ce fait, nous sommes confrontés à la théorie selon laquelle, en limite d'une aire de reproduction d'une espèce, les conditions environnementales sont souvent assez différentes de celles régnant au cœur de l'aire et souvent, apparaissent moins favorables par rapport aux conditions optimales rencontrées au cœur de l'aire auxquelles l'espèce est fondamentalement adaptée (**Montadert, 2005**).

L'intérêt de cette étude est donc d'essayer de déterminer les conditions d'accueil du lac Tonga pour la population de Guifettes moustacs entre deux périodes pour comprendre l'attractivité de ce site vis à vis de cette espèce, à travers l'évaluation des conditions écologiques au niveau de ce site et leur influence sur la reproduction.



Les résultats obtenus, notamment ceux afférents aux taux de réussite de la reproduction, nous renseigneront d'une part sur la qualité du site et d'autre part, nous permettront de détecter l'effet de la marginalité sur la colonie.

Le présent travail s'articulera donc sur les axes suivants :

Une première partie est une synthèse bibliographique se rapportant à la connaissance de l'espèce à travers les travaux antérieurs dans un contexte local et régional ainsi que sur les caractéristiques du site d'étude.

Une deuxième partie expérimentale, organisée en trois volets :

Un premier volet traite de la sélection de l'habitat à l'échelle du nid, visant le rôle, le choix et l'utilisation des plantes comme matériaux de construction des nids.

L'étude se base sur des relevés de terrain sur deux périodes 1996 et 2005/2006 et aborde les patrons globaux de sélection des tailles, formes et composition des nids, les variations temporelles de manière saisonnière et inter-annuelles et les variations spatiales telles que la position des nids dans les différents groupes, les distances entre nids voisins, et la distance des nids par rapports à la berge du lac).

Le deuxième volet s'intéresse aux traits biométriques des œufs

La taille des œufs qui reflète l'investissement des parents, peut également, être utilisée dans l'analyse de l'adaptation d'une espèce dans le temps par rapport aux changements de l'environnement à travers ses variations au sein de la même espèce. Ce volet aborde les tendances temporelles saisonnières et annuelles de la taille des œufs ainsi que les variations spatiales au sein de la colonie, entre deux périodes (1996 et 2005).

Le troisième volet s'intéresse aux patrons spatio-temporels d'installation des individus au sein de la colonie, en s'appuyant sur la récolte de données depuis l'installation des reproducteurs sur les deux périodes 1996/1997 et 2005. Les valeurs des succès reproducteurs



liées directement aux propriétés physiques du site - sont calculées et les différences saisonnières et inter-annuelles - sont mises en avant.

l'ensemble des résultats, nous permettrait d'évaluer à travers les différents paramètres, les changements de l'habitat et l'influence de ces changements sur le succès de la reproduction.

Ce dernier, nous expliquerait d'une part l'effet de la position du site par rapport à l'aire de reproduction de l'espèce et d'autre part confirmerait l'hypothèse de la fidélité de la colonie à son site de reproduction.

Les résultats des paramètres de chacune des phases de la reproduction seront discutés à une échelle internationale et des propositions de nouvelles problématiques qui nous semblent, importantes à développer, seront émises.

II. Contexte géographique

II.1 Contexte géographique régional

Le Nord algérien fait partie d'une des régions considérées et à juste titre, comme des plus riches en espèces mais aussi comme les plus menacées de la planète (**Fig.5**). Ces régions sont appelées *Hotspots* 'points chauds de la biodiversité' (selon l'ONG Conservation International) ou Ecorégions prioritaires selon le WWF (Fond mondial pour la nature).

Les hotspots accueillent environ 65 % de toutes les espèces animales et végétales de notre planète. La moitié des plantes et 42 % des vertébrés terrestres du monde sont endémiques à ces zones.

Sur le plan de la diversité végétale, le bassin méditerranéen est le troisième *hotspot* le plus riche, parmi les 34 hotspots de la biodiversité du monde (**Mittermeier et al. 2004**). Il recèle environ 13.000 espèces de plantes endémiques.

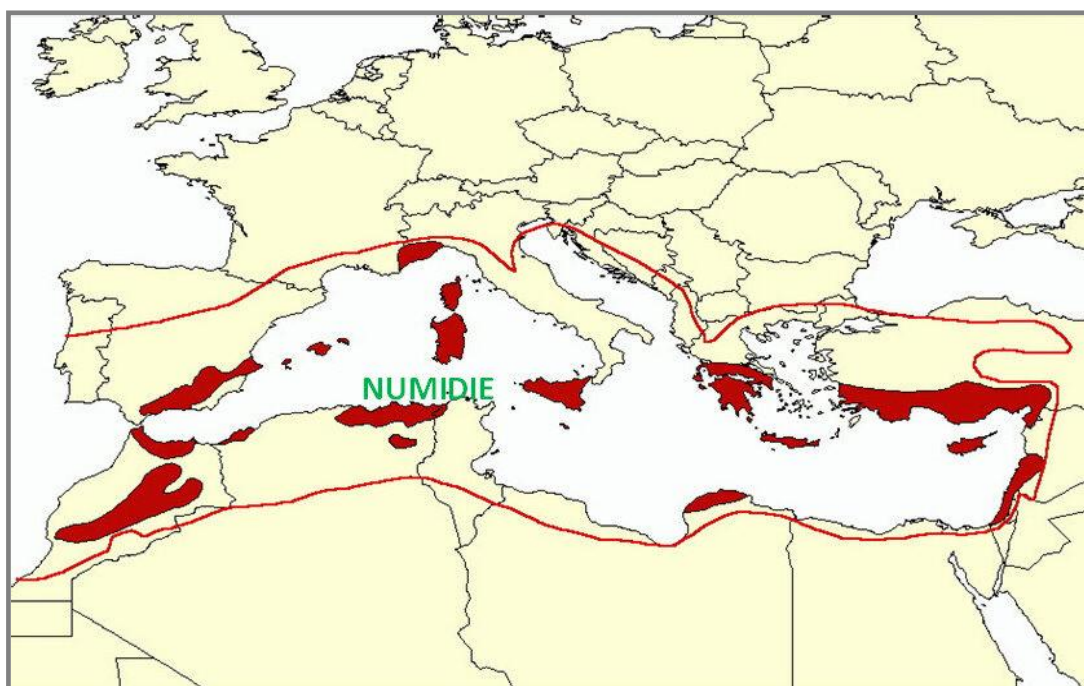


Figure 5 : Les hotspots de la biodiversité en Méditerranée

(Critical ecosystem partner-ship fund. 2010)

Un territoire d'une superficie 80.000ha situé dans la wilaya d'El Tarf, l'extrême nord-de l'Algérie, a été érigé en aire protégée, il s'agit du Parc National d'El Kala, créé par le décret 83-462 du 23 juillet 1983, après évaluation de ses potentialités en matière de diversité biologique et paysagère.

Ce territoire est inclus dans le *hotspot* du bassin méditerranéen, qui avec ses zones humides et celles de toute la Numidie littorale, héberge un ensemble aussi important qu'original de la flore algérienne (Véla et Benhouhou 2007).

La particularité incontestée de ce parc est certainement l'existence d'un complexe de zones humides qui s'étend jusqu'aux frontières algéro-tunisiennes à l'extrême Nord-Est de l'Algérie. Le lac Tonga, le lac Oubeira, la lagune du Mellah, les marais de Bouredim, le lac bleu, le lac noir et l'aulnaie de Aïn Khia, sont inclus dans le territoire du Parc National alors que d'autres zones humides non moins importantes sont limitrophes : le marais de la Mekhada et le lac des oiseaux. Ces deux zones humides sont également classés sites Ramsar (Tab.1) et (Fig.6).

Les zones humides de ce complexe, sont différentes par plusieurs facteurs : le degré de salinité, la superficie, la forme, la durée d'inondation, la profondeur, la couverture végétale et le rôle écologique.

Tableau 1: Sites Ramsar de la wilaya d'El Tarf

(* sites inclus dans le Parc National d'El Kala)

Zone humide	Année de classement
Lac Tonga *	1982
Lac Oubeïra*	1982
Lacs Mellah et Bleu*	2004
Aulnaie de Aïn Khia*	2002
Lac Noir*	2002
Lac des Oiseaux	2000
Marais de la Mékhada	2002

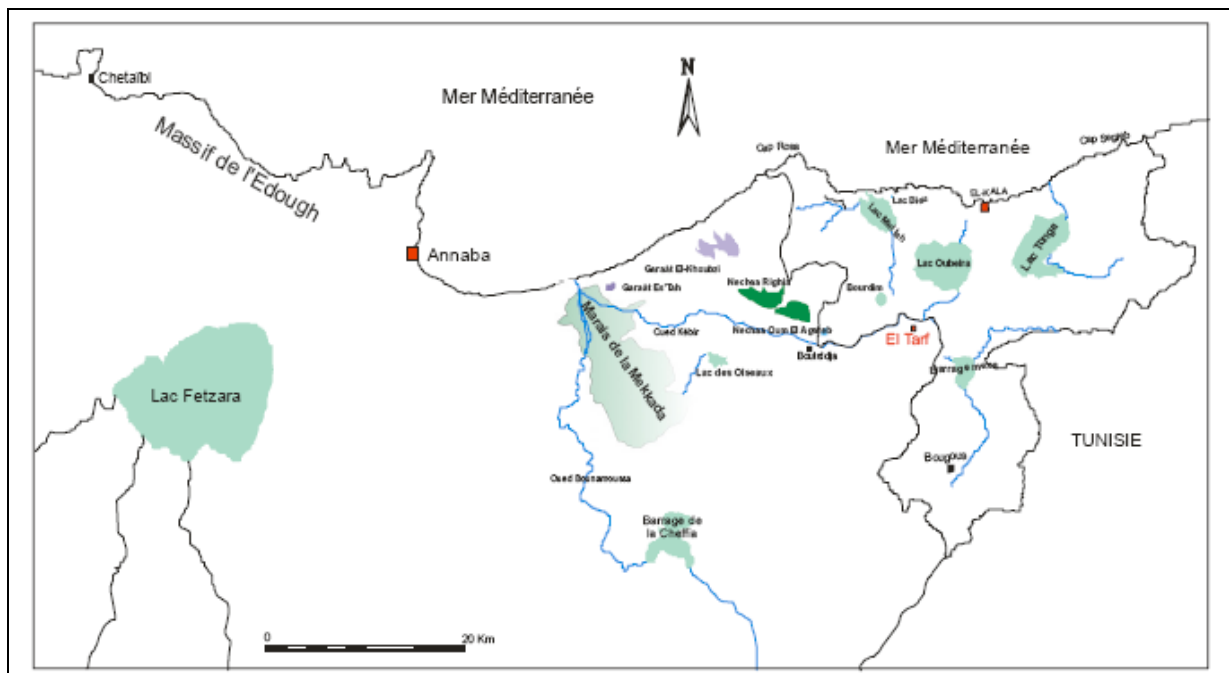


**Figure 6 : Localisation du complexe humide de Annaba-El Kala
(Benyacoub et al. 1998)**

Toutes les zones humides naturelles incluses dans le territoire du parc national, sont classées « Réserves intégrales » par la législation du Parc National d'El Kala et ce dernier a également été classé par l'UNESCO en date du 17 décembre 1990 en "Réserve de la Biosphère", dans le cadre du programme "*Man and Biosphere*". Il est le plus grand parc du Nord du pays.

La variété et la richesse biologique de ce parc sont le reflet d'une variété de milieux naturels, composés de :

Une côte de quarante kilomètres, entre le Cap Rosa et le Cap Segleb, constitué d'un littoral rocheux entrecoupé de plages de sable parfois dunaire et de petites criques.

Un cordon de dunes littorales qui pénètre par endroits jusqu'à 20 km. Il est couvert par une végétation thermophile bien caractéristique avec comme espèce principale le chêne kermès *Quercus coccifera* auquel s'associe le genévrier oxycèdre *Juniperus oxycedrus* et le genévrier de Phénicie *Juniperus phoenicea*. Ce cordon est classé zone primitive ou sauvage dans le Parc, pour son caractère non altéré par l'homme.

Les plaines sub-littorales présentant un relief plat à ondulé dont la partie Nord se réduit à une série de petites vallées que draine l'oued El Kébir Est. C'est là où l'on rencontre plusieurs cuvettes et dépressions intercollinaires, occupées par des lacs et des étangs, formant l'un des plus riches complexes humides de la Méditerranée occidentale totalisant une superficie de 5575 hectares. Les richesses faunistique et floristique, classent ce complexe dans le troisième rang dans le bassin méditerranéen après les Marismas du Guadalquivir en Espagne et la Camargue en France (Chalabi, 1990).

Les montagnes telliennes caractérisées surtout par des forêts de chêne liège *Quercus suber* et de chêne zeen *Quercus faginea*.

II.2 Climat de la région d'étude

II.2.1 Synthèse climatique de la région d'étude

La température situe la région d'El Kala, dans un climat de type méditerranéen chaud. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver au djebel Ghorra, avec environ 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement à 0°C. Les mois les plus froids sont janvier et février et les plus chauds sont juillet et août.

Le climagramme d'Emberger (**Fig.7**), situe la région d'El Kala dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud, à la limite de l'étage humide. Cependant les reliefs vont largement déterminer l'existence de sous étages qui vont influencer sur la diversité physiologique des habitats.

En effet la zone du Parc National est une véritable mosaïque d'étages bioclimatiques de végétation. Nous pouvons distinguer en gros deux étages bioclimatiques de végétation : l'étage sub-humide et l'étage humide.

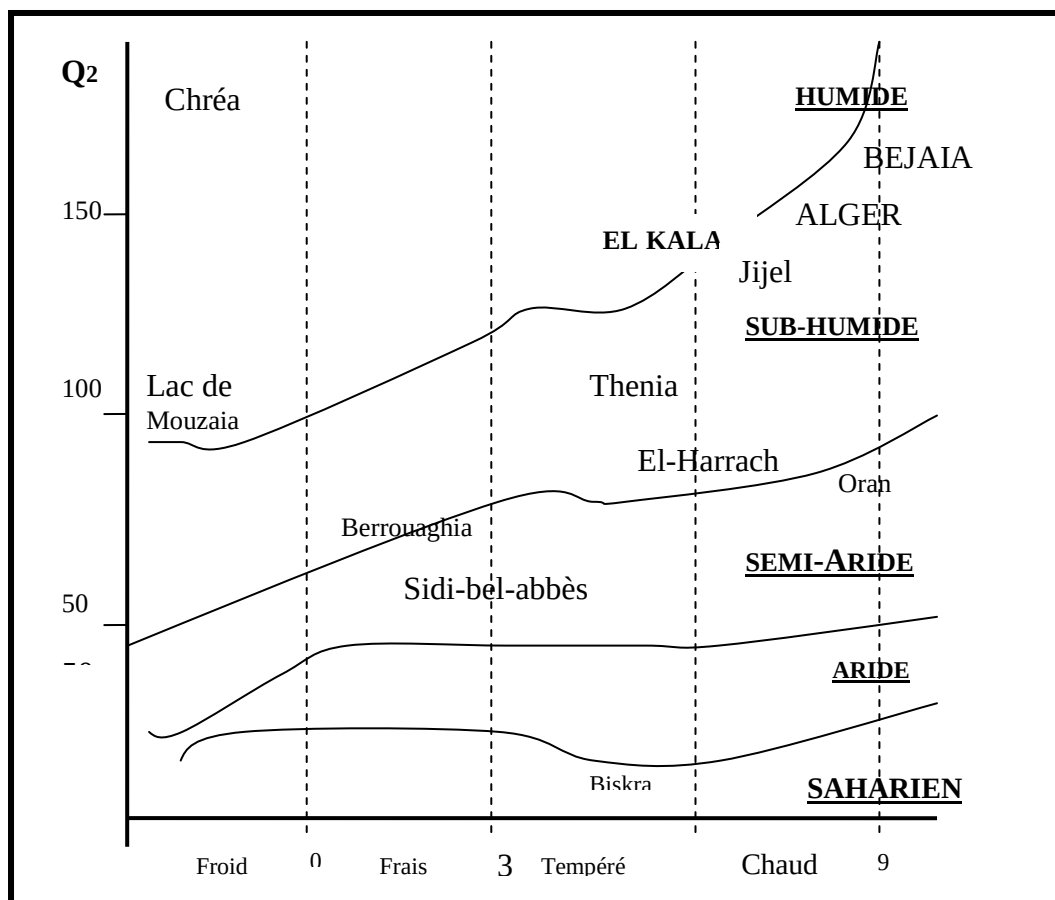


Figure 7 : Position d'El Kala dans le climagramme d'Emberger

II.2.2 Synthèse des données pluviométriques pour les années d'étude

Les conditions météorologiques peuvent affecter la reproduction des espèces aviaires aquatiques, elles peuvent conditionner le développement des herbiers des plans d'eau qui servent de matériaux de constructions et de support des nids, elles influencent donc les dates d'installation et de ponte, elles peuvent également traduire la difficulté de l'alimentation par l'indisponibilité des proies.

Pour ces raisons nous avons jugé utile de faire une petite analyse des précipitations mensuelles des deux périodes d'étude.

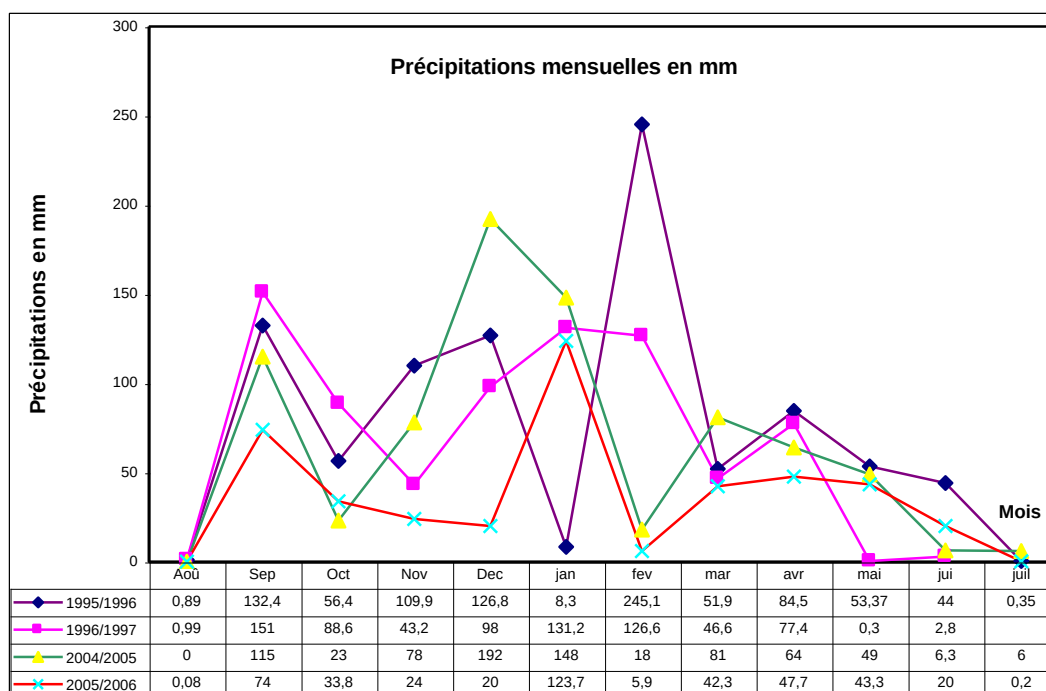


Figure 8 : Moyennes mensuelles des précipitations pour les années d'étude

(Source : Station météorologique d'El Kala)

La saison 1995/1996 a enregistré un total de précipitations de 913.91mm alors qu'en 1996/1997 elle est de 766.69 mm.

La saison 2005/2006, le total des précipitations est de 780.3 mm et en 2006/2007 il est de 434.98 mm (**Fig.8**).

La saison pluviométrique 1995/96 est caractérisée par une importante pluviométrie par rapport aux autres, totalisant 913.91mm. La quantité enregistrée du mois d'août 1995 jusqu'au mois d'avril 1996 est de 816.19mm représentant 89.31% du total annuel, il s'agit de la période pré-installation des guifettes. Cependant, la pluviométrie pour cette même saison a continué même pendant la reproduction où l'on a enregistré 53.37mm, courant mois de mai, 44 mm en juin et 0.35 mm en juillet 97.72 mm (10.69% du total annuel) (**Fig.8**).

Le total des précipitations de 1996/1997 est de 766.69mm, de août jusqu'au mois d'avril, il est de 763,59 mm représentant 99.59 % du total annuel. Le mois de mai, 0.3mm, en juin, 2.8mm et en juillet pas de données, 0.41% du total annuel (**Fig.8**).

Pour 2004/2005, le total des précipitations est de 780.3, la quantité enregistrée du mois d'août 2004 jusqu'au mois d'avril 2005 est de 719mm représentant 92.14% du total annuel, en mai, 49 mm, juin 6.3 et en juillet 6mm, 7.86% du total annuel (**Fig.8**).

Pour 2005/2006, le total des précipitations est de 434.98 mm dont 371.48mm sont tombés entre août et avril représentant 85.4% du total annuel, alors qu'en mai, 43.3mm, en juin 20mm et en juillet 0.2mm 14.6% du total annuel (**Fig.8**).

II.3 Présentation du site d'étude

II.3.1 Situation du lac Tonga



Photos 3 (a et b) Rive ouest du lac Tonga (Clichés : Bakaria F., 1996 et 2006)

Situé à 36° 49' N et 36° 32' E, de forme ellipsoïde et d'une superficie de 2600 ha, d'une longueur de 7,5 km, une largeur de 4 km environ et d'une profondeur moyenne de 70 cm (**Fig. 9**).

Le lac Tonga est un lac d'eau douce, de type palustre, en communication avec la mer par un canal artificiel, l'oued Messida, il est couvert en partie par des hélophytes : scirpes, phragmites et typhas (**Photos 3 a,b**).

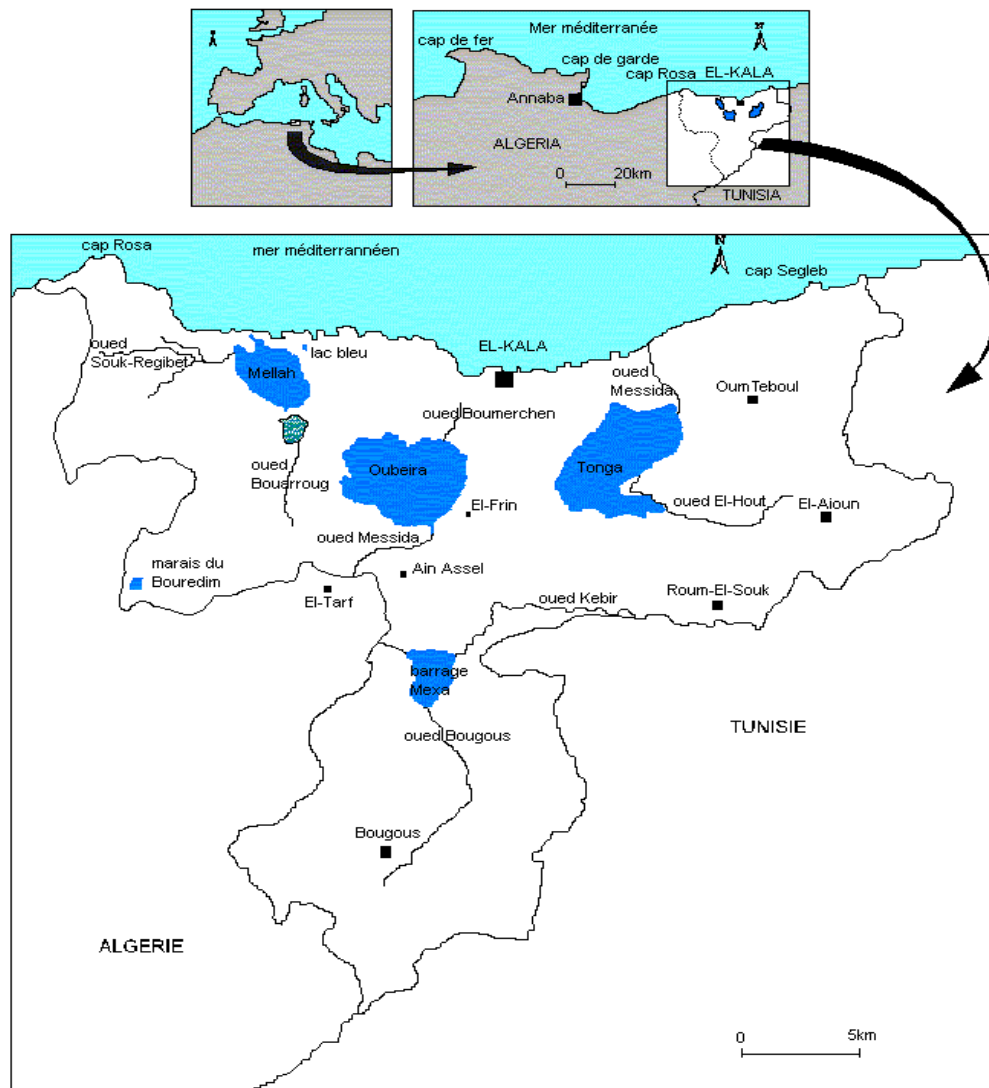


Figure 9 : Position géographique du lac Tonga dans le Parc National d'El Kala
(Benyacoub et al. 1998)

Le lac Tonga occupe une vaste dépression côtière située entre la ville d'El Kala et Oum Teboul et à 5 km de la mer. Du sud-est au sud-ouest, le lac est bordé par les derniers contreforts de la Kroumirie.

Au Nord, il est séparé de la mer par un bourrelet de dunes littorales. La cuvette du lac et les deltas qui le bordent ont une superficie globale de 3917 hectares dont 2517 hectares sont occupés par la cuvette proprement dite (**de Belair 1993**). Le lac appartient aux domaines de l'Etat mais les terres agricoles qui le bordent, sont de statut privé.

L'origine du lac date du Quaternaire, les mouvements tectoniques de cette ère géologique ont permis son creusement jusqu'au niveau de la mer, il formait alors une lagune marine. Le relèvement dû aux apports terrigènes, entraînés par les oueds le long des pentes des montagnes voisines a rehaussé son fond jusqu'à la cote maximale de 5,75 m. Au fond du lac se développent les argiles de Numidie qui assurent l'imperméabilité de cette dépression laguno-marine qui s'est transformée en lac d'eau douce par l'envasement du fond à la suite de dépôts importants de limons arrachés aux collines.

Le lac Tonga est alimenté par un bassin versant situé à (08° 29' et 08° 38' E et 36° 30' N) et d'une superficie de 150 km². Il est limité au Nord par de crêtes dunaires, variant entre 75 et 100 m d'altitude et au nord-ouest par un Djebel culminant à 167 m avec Argoub Ereched, il a pour limite ouest le bassin versant du lac Oubeira (**De Belair 1990**) (**Fig.10**), il est constitué de deux sous-bassins :

Le sous-bassin versant de Oued El Eurg au Nord, draine les eaux du NE et de l'E, la route d'Oum Teboul à El Aïoun, délimitant la ligne de partage des eaux entre ces deux sous-bassins versants.

Le sous-bassin versant d'Oued El Hout au Sud, limité au Nord par une série de Kefs (à altitude variant d'Ouest en Est entre 209 m et 513 m, l'Est par la route d'El Aïoun à Ain Draham et au Sud par la route d'El Aïoun à la mecha Oued el Hout.

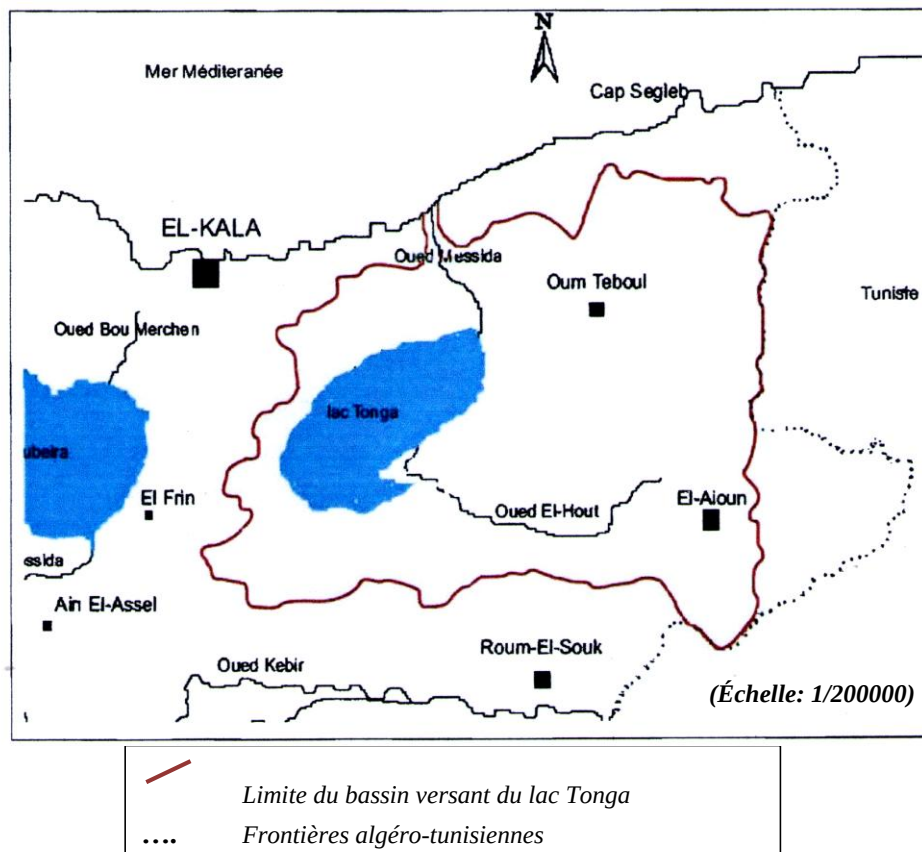


Figure 10. Carte de délimitation du bassin versant du lac Tonga (Belair (De), 1990)

II.3.2 Hydrologie du lac Tonga

Le lac Tonga est alimenté d'une part par les affluents (petits ravins secs en été) tout au long de la rive Ouest et Sud, d'autre part par de véritables oueds et de deux sous bassins versants, celui de Oued El Hout au Sud-Est et Oued El Eurg au nord. L'oued Messida est l'exutoire du lac vers la mer.

Durant la colonisation, plusieurs zones humides algériennes, telles que le marais de la Mekhada, le lac Fetzara, le lac Halloula dans la Mitidja (qui a disparu), le marais de Mendil, le marais de la Macta et le lac Tonga ont fait l'objet de plusieurs tentatives de drainage pour être réalloué au profit de l'agriculture. Ce projet avait un but double, assainir la région très éprouvée par le paludisme et récupérer des terres très fertiles au profit des colons.

Avant les tentatives d'assèchement, le lac Tonga était le réceptacle des eaux de deux importants cours d'eau, l'oued El Hout au sud-est du lac et l'oued El Eurg qui draine le nord-est. Actuellement le lac ne reçoit plus les eaux de l'oued El Eurg. L'émissaire est un canal aménagé (oued Messida) pour drainer les eaux du lac vers la mer.

II.3.3 Les richesses biologiques du lac Tonga

Les richesses faunistiques et floristiques du lac Tonga l'ont hissé au rang des sites mondialement connus à travers sont classement depuis 1982 sur la liste de Ramsar. Cette reconnaissance était essentiellement basée sur son importance comme habitat pour les oiseaux d'eau. Actuellement, le classement des sites s'intéresse à d'autres aspects tels que l'intérêt limnologique, hydrologique, importance en terme de biodiversité (richesses floristiques, entomologiques, herpétologiques et ichtyologiques etc.).

Le lac Tonga compte quatre vingt deux espèces végétales, appartenant à trente et une (31) familles botaniques et parmi lesquelles 32 espèces, représentant 39% de l'ensemble sont classées d'assez rares à rarissimes (**Kadid 1989**). Parmi les espèces rares : *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba*, *Utricularia exoleta*.

La disposition en mosaïques de la végétation du lac Tonga, la présence de surfaces d'eau libre, la présence d'îlots flottants de grands arbres, lui confère une diversité des habitats permettant l'installation d'une faune très riche et variée.

Parmi les espèces animales que compte ce site, les oiseaux aquatiques sont les mieux étudiés. Ils sont représentés par un nombre d'espèces sédentaires, d'espèces hivernantes, d'espèces estivantes nicheuses et non nicheuses. Il constitue également un site d'escale pour les espèces de passage qui font dans ce site une halte migratoire pour le repos, l'alimentation la nourriture et la quiétude, nécessaires aux deux traversées : automnale et printanière.

Les oiseaux d'eau nicheurs comptent plusieurs espèces dont certaines sont très rares ou en déclin dans leur aire de répartition telles que le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*.

D'autres espèces non moins importantes nichent au niveau de ce site telles que la Foulque macroule *Fulica atra*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*, plusieurs espèces d'Ardéïdés (Aigrette garzette *Egretta garzetta*, Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis*, Héron crabier *Ardeola ralloïdes*, Héron pourpré *Ardea purpurea*, Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*, Blongios nain *Ixobrychus minimus*, et le Butor étoilé *Botaurus stellaris*), deux espèces de Grèbes (castagneux et huppé) et le Busard des roseaux *Circus aeruginosus*.

En hiver, ce site accueille des effectifs très importants d'Anatidés, de foulque macroule, de Limicoles sont régulièrement observés ainsi que des rapaces tels que et le Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* (espèce sédentaire). Pour la liste exhaustive des espèces aviaires, voir le plan de gestion du parc national d'El Kala (**Benyacoub et al. 1998**).

En ce qui concerne les insectes, les Odonates constituent un des groupes de faune les plus étudiés au niveau du lac Tonga, en effet (22) espèces y ont été recensées appartenant à quatre familles, *Lestidae*, *Coenagrillonidae*, *Aeshnidae* et *Libellulidae* (**Saouèche 1993**). Les adultes et les larves de ces espèces constituent une bonne partie de l'alimentation des guifettes.

Sur le plan herpétologique, plusieurs espèces de reptiles et amphibiens vivent au niveau du lac Tonga, l'Emyde lepreuse *Mauremys leprosa*, la Grenouille verte *Rana saharica*, le Discoglosse peint *Discoglossus pictus*, le Crapaud de Mauritanie *Bufo mauritanicus*, le Triton de poiret *Pleurodels poireti*, le pasammodrome algiré *Psammodromus algirus*, le Sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le Lézard ocellé *Lacerta pater* et la Couleuvre vipérine *Natrix maura* (**Rouag 1999**).

Le mammifère inféodé aux zones humides et présent au niveau du lac Tonga est la loutre d'Europe *Lutra lutra*.



DISCUSSION

Malgré le caractère nomade de la guifette moustac en Europe, l'espèce semble être fidèle au lac Tonga. L'arrivée des guifettes dans la région se fait par petit groupes, les individus sont d'abord éparpillés au niveau des zones humides de la région pour l'approvisionnement en nourriture suite aux pertes subies au cours de la migration du printemps puis, ils se concentrent, courant avril, au niveau du site de reproduction et ce pour toutes les années d'étude. Par ailleurs **Rizi (1994)**, a noté l'arrivée des premières guifettes sur le lac Tonga en avril.

En Brenne (France), les premières guifettes sont arrivées en mars de 1981 à 1987 et le nombre n'a augmenté qu'au cours du mois d'avril et essentiellement en mai. Pour **Trotignon et al. (1989)**, l'arrivée des guifettes est située en moyenne le 3 avril. Toutefois, l'arrivée de tous les nicheurs se produit en avril et en mai, parfois même en juin (**Bernard et Teyssier 2008**).

Une fois sur le site de nidification, les guifettes ne cessent d'errer dans toutes les directions pour s'alimenter. Les concentrations se font ensuite au niveau de la zone de nidification et les mouvements sont plus localisées au niveau de la nupharaie, située au nord-ouest du lac, elles commencent alors à transporter les matériaux nécessaires pour la construction des nids, à partir de ce moment l'agressivité entre les individus et les scènes de pillage des brindilles et de kleptoparasitisme commencent (**obs. pers**).

La répartition des colonies des guifettes moustacs, est connue pour être étroitement liée à la distribution de la végétation aquatique, surtout les plantes flottantes dont plusieurs espèces sont utilisées comme supports des nids d'une année à l'autre ou d'un site à l'autre. Parmi ces espèces, la renouée amphibie *Polygonum amphibium*, la châtaigne d'eau *Trapa natans*, la Villarsie *L'Oenanthe sp.*, le Nénuphar blanc *Nymphaea alba* et le Nénuphar jaune *Nuphar luteum* (**Benmergui et Broyer 2005**).

L'utilisation de la Châtaigne d'eau *Trapa natans* a été signalée au lac Anzali (Iran) (**Sehhatisbet et Nezami 2007**), celle du Nénuphar blanc *Nymphaea alba* ou *Nymphoides peltata* en Roumanie, (**Cazacu 2006**), des joncs *Juncus sp.*, *Ranunculus aquatilis* pour



certaines populations européennes (Borodulina, *in* **Cramp et Simmons 1977** et **Kapocsy 1995**) et exclusivement du Nénuphar blanc dans quelques zones humides françaises (**Paillisson 2006**).

Dans notre zone d'étude et nonobstant quelques nids construits sur des amas de végétation à la surface de l'eau en 2006, les nids sont exclusivement déposés sur les feuilles du nénuphar blanc.

Les guifettes nichent au niveau de la partie ouest du lac, selon un axe *Nord-ouest –Sud-ouest*, choisissant des patchs de nénuphars situés à proximité des zones d'eau libre.

Depuis que la gestion de l'eau et de la végétation du lac a été abandonnée, le lac Tonga a considérablement changé, la zone couverte par les nénuphars ayant augmentée (**Benyacoub et Chabi 2000**). Les changements dans la structure de la végétation du lac expliquent les tendances dans l'écologie de la nidification des guifettes moustacs sur la période d'étude de près de dix ans.

Le premier changement observé concerne le déplacement de la colonie vers le centre du lac. En effet, la distance moyenne a augmenté de plus de 4 fois de 1996 à 2005 et de plus de 5 fois de 1996 à 2006. Ce déplacement peut être expliqué par la préférence des guifettes pour la proximité des surfaces d'eau libre, pour la détection précoces des prédateurs aériens et de s'éloigner des dérangements causés par les braconniers.

Le déplacement des nids vers le centre est par ailleurs, observé au cours de la saison puisque le développement des nénuphars, se fait dans le même sens avec la progression de la saison de nidification.

La combinaison de plusieurs facteurs, détermine la distribution des nids chez les oiseaux coloniaux, (**Bennett et Owens 2002**), ceux liés à la pression de la prédation induisent les oiseaux à nicher aussi près que possible les uns des autres, alors que l'agressivité intraspécifique entre les individus nicheurs, fonctionne dans le sens opposé.



Dans le cas étudié, le changement de la localisation de la colonie a conduit à une distance plus élevée entre nids (la distance du plus proche voisin a doublé entre 1996 et 2005-2006), ce qui pourrait avoir pour corollaire une diminution de l'agressivité inter-territoriale des guifettes adultes. Ceci serait similaire chez différentes espèces de Laridés (**Bukacińska et Bukaciński 1993**).

Les tendances à long terme de l'hydrologie et de la végétation du lac en combinaison avec des facteurs de court terme, influencent la biologie des guifettes et de l'ensemble de la diversité aquatique, les oiseaux comme les plantes, insectes..... Bien évidemment, il existe une tendance à long terme de prolifération du nénuphar blanc dans le lac Tonga, la phénologie de l'évolution de cette espèce par rapport à d'autres plantes, peut changer d'une année à l'autre en réponse à la température du printemps et à la quantité de précipitations (**Paillisson et Marion 2006**). De même de légères différences dans le climat peuvent causer des fluctuations du niveau d'eau et changer les conditions d'émergence et de croissance des différentes espèces de plantes, qui peuvent à leur tour influencer la reproduction des guifettes ainsi que le choix des matériaux de construction du nid. Tous ces effets ont été reflétés dans les différences marquées, trouvées dans la composition des nids dans cette étude.

En effets, les différences inter-annuelles semblent résulter à la fois des changements à long terme de la végétation et à plus court terme, à l'influence des conditions météorologiques, notamment la pluviométrie. Les nids construits en 2005-2006 contiennent d'une part, 20% moins de *Scirpus lacustris* (L.) que ceux trouvés en 1996 et d'autre part, le *Phragmites australis* (Cav.) a eu de plus en plus tendance à être utilisé. Certaines différences annuelles ont probablement été causées par les précipitations relativement élevées en 1995-1996, faibles en 2004-2005 et beaucoup plus faibles en 2005-2006. Le total des précipitations en Mai a été similaire dans toutes les années d'étude, mais la pluie a été particulièrement concentrée dans le temps en 1996 et plus dispersée en 2005 et 2006.

Le profil de la variation de la taille et de la forme du nid, correspond, dans une large mesure à la variation dans la composition. La différence de la taille des nids entre 1996 et 2005-2006, est très marquée avec des diamètres externes, deux fois plus grands en 1996. En Italie (**Spina 1986**) a également trouvé une variation allant de 23 à 80 cm entre les sites et entre les années



(Tab. 16). Une plus petite différence notée dans la taille de la plate-forme des nids entre 2005 et 2006, serait probablement liée à la similitude dans la phénologie de la végétation entre ces deux années.

Une grande variation multidimensionnelle dans la taille des nids de la Guifette moustac a été signalée. Des différences dans la moyenne du diamètre de la coupe (interne) des nids ont varié de 7 cm à 14 cm pour la population algérienne et de 7 cm à 10 cm pour les populations italiennes (Spina 1986).

Les diamètres externes des nids sont différents d'un pays à l'autre, cette différence réside certainement dans la nature des matériaux utilisés pour la construction des nids, disponibles dans le voisinage immédiat du nid dans chaque site. Les mesures disponibles sont ceux de la Croatie (Muzinic et Délic 1997), de plusieurs sites humides d'Italie (Spina 1986), de la Camargue en France (Lomont 1945), de l'Afrique du sud (Allan 1988 ; Tarboton et al. in Allan 1988) et d'autres régions européennes (Kaposky in Spina 1986 ; Cramp et al. 1977) (Tab.16).

Tableau 16 : Données bibliographiques des dimensions des nids (cm)

Auteur	n	Diamètre externe	Diamètre interne	Profondeur
Lomont (1945)		50	15 - 20	
Spina (1986)	32	36	8	
	11	36	7	
	22	80	(10 ± 1)	
	10	23	7.2	
Kapocksy in Spina (1982)	35	(52 ± 14)		
Tarboton et al. in Allan		(130x120)		
Cramp et al. (1977)		75	(20 - 30)	2
Muzinic et Delic (1997)		(42 ± 2)	9 ± 1.5	
Présente étude	150	49 (34 - 68)	15 (5.5 - 21)	1,80 (0.5 - 4.0)

Nous n'avons pas de données comparatives pour la forme des nids, qui est principalement liée à la profondeur de la coupe. La variation de cette dernière est faible, mais avec une relation nette avec la composition du nid. En effet la relation entre la taille et la forme des nids et leur



composition n'est pas très nette, comme l'ont montré, les corrélations significatives et relativement faibles entre les différentes composantes principales. Cela suggère que les différences inter-annuelles de la composition des nids, bien que fondamentales, ne tiennent pas complètement compte de la variation de la taille et de la forme du nid. La différence de la taille des nids, entre 1996 et 2005-2006, semble être liée à la baisse de l'utilisation du scirpe *Scirpus lacustris* et l'augmentation de l'utilisation du phragmite *Phragmites australis* dans la construction du nid, qui est évidemment liée, d'une part à l'emplacement de la colonie à une plus grande distance de la rive du lac et d'autre part, aux changements de la végétation. Cette relation entre la composition des nids et leurs taille et forme, est modifiée par certains facteurs locaux (petites échelles). Ces derniers, peuvent être perceptibles lorsque l'on compare les nids situés dans des positions différentes dans la colonie en 2006.

L'emplacement d'un nid au sein de la colonie est lié à des différences dans le support des nids. En effet, les nids situés au centre et à la périphérie des patchs de nénuphar, sont construits sur les feuilles de ce dernier, tandis que certains nids sont construits sur des amas de végétation à la surface de l'eau. En conséquence et à petite échelle, aux différentes positions des nids, correspondent différentes compositions.

Les variables caractérisant la taille, la forme et la composition des nids diffèrent en effet, en réponse aux variations écologiques saisonnières et inter-annuelles de l'habitat (emplacement des nids dans la colonie). En outre, la taille du nid est en corrélation avec sa composition.

Tous les résultats indiquent que la principale fonction des nids de guifettes moustacs est de servir de support pour les œufs, pour les adultes incubateurs et pour les oisillons, ce qui correspond à l'hypothèse de **Collias et Collias (1984)**.

Les changements des niveaux d'eau constituent le défi le plus important pour la reproduction des guifettes. Contrairement aux nids construits dans des trous des arbres des espèces forestières, les nids des oiseaux liés à l'eau tels que ceux de la guifette, ne semblent pas avoir le rôle du maintien de la température pendant l'incubation et la couvaison ni d'être limités par l'espace (**Hansell 2000 ; Mazgajski et Rykowska 2008**). Par ailleurs, les oisillons restent à proximité du nid pendant plusieurs jours après l'éclosion (**Cramp 1985 ; Kapocsy 1995 ; Bakaria 2002**) et souvent y retournent (**Paillisson et al. 2006**).



La construction du nid ne semble pas servir de protection contre l'ecto-parasitisme ou pour servir à des fins d'hygiène (**Alabrudzińska et al. 2003**). Elle n'est pas non plus liée à la taille de la couvée qui est presque constante chez cette espèce (**Bakaria et al. 2002**).

Aussi bien la sélection des sites de nidification que la taille des nids, peuvent être des composantes sociales du système de signalisation qui indiquent la qualité des oiseaux adultes (**Herranz et al. 2004 ; Tomas et al. 2006 ; Alvarez et Barba 2008**).

Comme les deux sexes participent à la construction, il est également concevable que le niveau d'investissement dans la construction peut être, sexuellement sélectionnée (**Palomino et al. 1998**). La construction de grands nids nécessite plus de temps et d'efforts de vols qu'un petit nid. Compte tenu de certaines contraintes physiques et la disponibilité des plantes adéquates à la construction d'un nid et sa sécurité, il y a toujours une possibilité que des facteurs sociaux et sexuels, y compris l'apprentissage social, puissent influencer les processus de décision engagés au cours de la construction du nid et son maintien (**Giraldeau 1997**).

Concernant les œufs, l'analyse biométrique effectuée en 2005, concerne des nids situés à une distance moyenne de 781 m par rapport à la berge du lac et contenant en moyenne 2.67 œufs. La taille de ponte de cet échantillon n'est influencée ni par la localisation des nids par rapport à la rive du lac ni par la date de ponte. Cette dernière est en moyenne située au 3 juillet $\pm$ 13 jours, s'étalant du 14 juin au 25 juillet pour les 89 nids.

Les moyennes des longueurs et des largeurs des œufs sont comparables à celles trouvées en 1996 sur le même site (**Bakaria 2002**). Il n'existe pas de différences notables, pour les longueurs des oeufs pour les deux périodes, ni avec celles rapportées par **Rizi (1994)**, sur le même site.

Les données sur les longueurs et les largeurs des œufs des guifettes algériennes, sont également comparables à celles trouvées dans d'autres régions, notamment pour les grands échantillons, en France (**Latraube 2006**), en Italie (**Spina 1992 ; Witherby in Spina 1982**), en Afrique du sud (**Allan 1988**), en Croatie (**Muzinic et Delic 1997**), en Iran (**Sehhatiasabeti et Nezami 2006**) et dans plusieurs zones humides européennes (**Cramp 1985**) (**Tab. 17**).



Tableau 17 : Données bibliographiques sur la biométrie des œufs (n ; moy±sd)

Auteur	n	Longueur	Largeur	Poids
Latraube, 2006	(662)	38.52 ± 1.74	27.86 ± 0.87	14.73 ± 1.36
Spina, 1992	(100)	39.23	28.41 ± 0.77	
Witherby in Spina, 1982	(32) (7)	35.2 - 40 35.9 - 39.6	24.8 - 28.2 26.7 - 28.8	
Allan 1988	(49)	39.2 (35.3-42.1)	28.8 (26.5 - 30.8)	
Keller et Kraska	(24)	39.7	28.45	
Schönwetter (in Cramp 1985)	(168)	39	28.2	
Muzinic et Delic (1997)	(151)	38.4 ± 1.83	28	
Sehhatiasabeti et Nezami (2006)	2 colonies	38	28	
Rizi (1994)	(350)	38.71± 1.77	28.14 ± 0.79	14.86
Bakaria (2002)	(71)	38.55 (36.6-40.83)	28.1 (26.72-29.03)	
Présente étude	(238)	38.63± 1.177 (35.55 - 41.9)	28.00 ± 0.67 (25.99-29.26)	14.7 ± 0.492 (13.3-15.75)

Les traits biométriques des œufs entre la population algérienne et les populations européennes ne sont pas très différents, notamment celles de la population française. L'effet de la latitude n'est pas perceptible pour les guifettes moustacs pour les régions méditerranéennes. Cependant une petite différence est notée pour la population d'Afrique du sud (**Allan 1988**) et celle de la Pologne, région partagée entre la Biélorussie, la Pologne et l'Ukraine (**Keller et Kraska in Cramps 1985**), ces différences sont, à notre avis dues, au nombre non représentatif, d'œufs échantillonnés (**Tab.17**).

Il est important de signaler que pour la guifette moustac, le troisième œuf n'est pas plus petit que les deux premiers (**Latraube 2006 ; Paillisson et al. 2008**). C'est valable pour la Guifette leucoptère *Chlidonias leucoptera* (**Bargiel et Banbura 2003**), alors que pour la majorité des espèces aviaires la différence (intra-ponte) de la taille des œufs est prononcée. **Dunn (1979)** a aussi noté l'inexistence de différences intra-ponte de la taille des œufs chez la guifette noire ce qui laisse supposer (faute de références le contredisant) que le genre *Chlidonias* est particulier sur ce plan par rapport aux autres Sternidés et Laridés qui présentent des



différences intra-pontes de la taille des œufs, ce qui a souvent pour corollaire des différences du succès reproducteur.

La taille des œufs est traduite par le volume dont le calcul fait intervenir les longueurs et les largeurs en plus de la constante k qui est relative à l'espèce. Ce paramètre est en moyenne équivalent à celui calculé en 1996, à celui trouvé pour la même colonie (**Rizi 1994**) et à celui de la population française qui est de $14.6 \pm 1.3 \text{ cm}^3$ ($n=662$ œufs) (**Latraube 2006**).

Il a été démontré chez certaines espèces que la taille des œufs augmente avec la latitude (Encabo et al. Horak et al. in **Encabo 2002**) ; Lack, Klomp; Perrins et Birkhead in **Gil-Delgado et al. 2005** ; **Yom-Tov et al. 1994** et Moreau, Martin; Rowley et Russell; van Zyl, in **Evans et al. 2005**). Cette tendance est également valable pour certaines espèces sédentaires nord-africaines dont les œufs sont plus petits comparés à ceux d'Europe comme chez la Foulque macroule *Fulica atra* (**Rizi 1999**), la Mésange charbonnière et la Mésange bleue (**Chabi et al. 2000**). D'après nos résultats, les œufs de la population algérienne de guifettes, ne sont pas plus petits que ceux des guifettes de la rive Nord de la Méditerranée.

Par ailleurs, la distance qui sépare les nids de la berge du lac, n'a aucun effet sur la taille des œufs des guifettes, pourtant l'effet centre-périphérie est connu chez un grand nombre d'espèces coloniales dont les individus les plus performants et expérimentés, occupent le centre tandis que les jeunes femelles et les couples tardifs en général, occuperaient la périphérie comme c'est le cas du Goéland à bec cerclé *Larus delawarensis* (**Ryder et Ryder 1981**) dont les œufs des nids situés au centre sont plus grands que ceux de la périphérie.

La taille des œufs de la population algérienne ne présente pas non plus de variations saisonnières, le même résultat est noté en 1996 pour cette colonie (**Bakaria 2002**) et (**Paillisson 2008**) pour l'espèce. Ce résultat est noté chez l'Erismature à tête rousse *Oxyura jamaicensis*, (**Pelayo 2001**), chez certains Laridés (**Piorotti et Bellerose 1986**), pour le Faucon des moineaux *Falco sparverius* (**Wiebe et Bortolotti 1995**), pour 4 espèces d'Alaudidés (**Suarez 2005**) et pour une population de Mésange charbonnière d'Espagne (**Encabo et al. 2001**), alors que pour une grande majorité d'espèces aviaires, la taille des œufs



affiche une régression saisonnière. Cette dernière est attribuée, selon plusieurs études, soit à la diminution des ressources alimentaires (**Christians et al. 2002, Encabo et al. 2002 ; Sanchez-Lafuente 1993 ; Wiebe et Bortolotti 1995 et Mills 1979**) soit à l'inexpérience, à l'âge et à la condition physique de la femelle (**Christians et al. 2002**). Certains auteurs rapportent que les femelles tardives sont en général les plus jeunes (**Potti 1993, Wiebe et Bortolotti 1995 ; Coulson et Thomas 1985 ; Wendeln 1997 ; Boersma et al. 1980 ; Coulson et al. 1969**).

La taille des œufs de la guifette moustac, n'est pas influencée par le facteur proximal interne qu'est la taille de ponte. Ce résultat est identique à celui trouvé en 1996 et à celui de la population de la Brenne (France) (**Latraube 2006**).

L'investissement des guifette moustac ne semble pas suivre la stratégie du compromis entre la taille de ponte et la taille des œufs, qui est adoptée chez 169 populations de 146 espèces (56% des espèces actuelles), 65 genres (75 %) et 11 familles (92%) chez presque toutes les familles taxonomiques, selon une synthèse d'**Iverson et al. (1993)**.

Par ailleurs, chez les espèces nidifuges comme la guifette, l'existence d'un compromis entre la taille des œufs et la taille de pontes, semble être rare (Rohwer, 1988, Pehrsson, 1991, Williams et al. 1993a in **Sanchez-Lafuente 2004**).

Du fait que la latitude, la date de ponte, la taille de ponte et la distance par rapport à la berge n'interviennent pas dans la décision de pondre de gros œufs chez la population de guifettes au lac Tonga, nous émettons l'hypothèse que la stabilité saisonnière de la taille des œufs et de la taille de ponte, peut être liée à l'abondance et la diversité de la nourriture au niveau du lac Tonga tout au long de la saison de reproduction ce qui épargnerait aux oiseaux les déplacements vers d'autres sites à la recherche de la nourriture, en plus du fait que les espèces nidifuges produisent des œufs riches en énergie ce qui réduit les soins parentaux (Sotherland et Rahn 1987 in **Pelayo 2001**).

L'abondance de la nourriture au niveau du lac Tonga peut influencer la qualité des conditions des parents puisque selon **Martin (1987)**, la disponibilité de nourriture peut avoir des effets



indirects sur la qualité de l'œuf à travers la condition parentale accrue et **Blomqvist et al. (1997)**, trouvent que l'allocation de ressources pour la formation des œufs, peut covarier avec des effets, dont les traits des parents.

Ajouté à la nourriture et la qualité des parents, la quiétude au niveau de ce site qui pourrait avoir, des effets positifs, en épargnant aux parents l'énergie nécessaire à la réponse aux dérangements, qui ont un effet négatif sur la reproduction.

Un autre facteur peut être responsable en partie de la stabilité de la taille des œufs, il s'agit des facteurs héréditaires intrinsèques. En effet, ce facteur n'est pas à exclure, puisque la taille des œufs est souvent, très héritable (**Ojanen et al. 1979**), Moss et Watson 1982 ; Larsson et Forslund 1992 *in* **Pelayo 2001**). La variation héréditaire dans la taille des œufs, peut persister dans une population en dépit des fortes pressions sélectives.

L'initiation des pontes a eu lieu au cours de la troisième décade du mois de mai et les pontes se sont étalées jusqu'à la mi-juillet. **Etchecopar et Hüe (1964)** suggèrent que les pontes commencent début juin en Afrique du nord. **Laraube (2006)** rapporte qu'en région méditerranéenne, la Guifette moustac commence à se reproduire entre la fin mai et le début du mois de juin. En Dombes et la plaine du Forez (France), la plupart des pontes de la guifette moustac sont déposées de la fin mai à la mi-juillet. **Bernard et Teyssier (2008)** et **Snow et Perrins (1998)** trouvent que dans la plupart des pays européens, les pontes commencent dans la deuxième moitié du mois de mai et début juin. En Russie, elles sont enregistrées tard en mai (Borodulina *in* **Cramp et Simmons 1977**) et au Turkménistan, en juin (**Cramp et Simmons 1977**). **Trotignon et al. (1989)** ont noté des pontes à la fin du mois d'avril en 1986 et 1987 dans les étangs de la Brenne (France). Nous remarquons que malgré la variation des dates de premières pontes en Europe, elles ne sont pas différentes en moyenne de celles de la population algérienne.

L'initiation des pontes chez la guifette moustac, est conditionnée d'une part, par le développement des feuilles de nénuphars, (**Spina 1986 ; Bakaria et al. 2002 ; Paillisson et al. 2006 ; Bernard et Teyssier 2008**) et d'autre part, par les conditions climatiques régnantes, notamment en début de saison. En effet, au niveau du lac Tonga et pour les deux périodes



d'étude, les premières pontes sont enregistrées la dernière décade du mois de mai. Cependant en 1996 et après l'échec des premières pontes, les femelles n'ont réinitié leurs pontes que 17 jours plus tard par rapport à 1997 et 19 jours plus tard par rapport à 2005.

Il est important de signaler que l'échec des premières pontes en 1996, a fait suite aux fortes pluies dont la conséquence directe est l'élévation du niveau d'eau. Le même constat a été également signalé pour l'année 1993, pour la même colonie et pour les mêmes raisons et les nouvelles pontes n'ont eu lieu en moyenne, que le 7 juin (**Rizi 1994**).

Il est donc clair que les variations des conditions climatiques locales d'une année à l'autre, en particulier la pluviométrie, conditionnent la date des premières pontes chez cette espèce. **Tarboton et al. (1975)** et **Tarboton et al. (1987)** rapportent qu'en Afrique du sud, l'initiation des pontes chez la Guifette moustac *Chlidonias hybrida delalandii* est tributaire de la pluviométrie durant les mois d'octobre à janvier. L'interruption de l'incubation et l'abandon des couvées est connu chez la guifette, quand les conditions ne sont pas bonnes, tel le cas des inondations (**Tomialojck 1994**).

Les conditions climatiques peuvent compromettre la reproduction et retarder les pontes par l'élévation du niveau d'eau entraînant la destruction des nids et l'immersion des feuilles de nénuphars, qui constituent le support presque exclusif des nids (**Coulson 2002**). D'autre part, elles compromettent la disponibilité alimentaire nécessaire aux adultes incubateurs et à l'élevage des poussins. **Ramos et al. (2002)**, rapportent que l'initiation des pontes chez la Sterne de Dougall *Sterna dougallii* et le nombre de couples dépendent des conditions climatiques régnantes au début de la saison de reproduction notamment en mai et début juin.

Plusieurs auteurs rapportent que chez la Guifette moustac et les autres espèces de guifettes, il existe une flexibilité dans les dates des premières pontes car ces espèces sont très sensibles aux fluctuations des niveaux d'eau (**Chapman-Mosher 1986**). Ceci est confirmé par les premières pontes enregistrées à la fin juin dans les réservoirs de pisciculture en Hongrie et en Slovaquie (Radetzky 1960, 1961, in **Bakaria et al. 2002** et **Ferianc 1977**). En Pologne, le maximum de l'activité de reproduction a été enregistrée dans un réservoir de pisciculture, en



juillet et août, car ce site a fait l'objet de grandes variations du niveau d'eau par les pisciculteurs et les guifettes n'ont pu pondre qu'après la stabilité des niveaux d'eaux.

Les basses températures printanières sont connues comme facteur pouvant limiter la disponibilité alimentaire ce qui a pour corollaire un retard des pontes. Tel est le constat pour un nombre espèces d'oiseaux d'eau dans le réservoir Jeziorsko (Pologne) de 1986 à 1996 (**Janiszewski et al. 1998**) ainsi que pour la Sterne arctique *Sterna paradisaea* (**Evans et McNicholl 1972**).

La photopériode est également une réponse qui a été proposée en tant que mécanisme expérimentalement prouvé, responsable des variations locales de la date de ponte comme c'est le cas pour la Mésange bleue du sud de la France *Cyanites caeruleus caeruleus* (**Lambrechts et al. 1997**). Les espèces de l'arctique dont les sternes, ont la capacité de retarder les pontes quand les conditions climatiques sont sévères au printemps et d'attendre jusqu'à la fonte de la neige (**Perrins 1970**), (Bird et Bird 1940 ; Gudmundsson 1956 in **Evans et McNicholl 1972**).

Pour un grand nombre d'espèces, la date de ponte augmente avec la latitude comme chez la Mésange charbonnière *Parus major* (**Sanz 1998 ; Gordo et al. 2008**). **Andersen (1994)** rapporte que le Moineau domestique *Passer domesticus* retarde la date de ponte de 2 jours pour chaque degré de latitude ou de 3 à 4 j pour chaque degré de latitude selon Johnston, 1954 in **Andersen (1994)**. L'augmentation de la latitude peut également retarder la spermatogenèse et donc de la formation des œufs (Threadgold 1960 in **Andersen 1994**). La Guifette moustac ne semble pas présenter des variations latitudinales par rapport à la date des premières pontes, le seul facteur que nous avons trouvé pouvant l'affecter est la variation des niveaux d'eau.

La période de ponte, la plus longue a été enregistrée en 2005. Cette année est aussi la plus précoce pour l'initiation des pontes (17 mai) par rapport à 1996 (5 juin) et à 1997 (19 mai).

La plus courte est enregistrée en 1996 ce qui confirme le constat de **Trotignon (1989)**, qui rapporte que la période de ponte est plus courte lorsque les femelles pondent plus tard dans la saison. Il convient de préciser que l'année 1996 a connu des conditions climatiques rigoureuses qui ont conduit à un retard des pontes lors de l'installation des oiseaux. Les pluies



enregistrées en mai (53.37 mm) sous forme d'averses ont provoqué une élévation rapide du niveau d'eau du lac, la désintégration des nids, la probabilité d'hypothermie des œufs et l'abandon par les parents. Les pontes ont été retardées jusqu'en début juin coïncidant avec la baisse du niveau d'eau et la réémergence des feuilles de nénuphars.

Chez la guifette moustac, les pontes se font par vagues successives (**Bakaria 2002 ; Trotignon et al. 1994 et Latraube 2006**). En effet, les vagues de ponte sont des groupes de nids au sein desquels les pontes sont quasi-synchrones alors que pour la colonie dans son ensemble, elles sont asynchrones d'où l'étalement des pontes tout au long de la saison.

L'étalement des pontes chez les espèces coloniales des oiseaux de mer, a été interprété par **Besnard 1998** et (Beer 1966 in **Grobois 2001**), comme étant une stratégie adoptée par les oiseaux reproducteurs, leur permettant de faire face à l'instabilité intra-saisonnière des habitats occupés par ces espèces.

Les pics de pontes présentent aussi des variations annuelles, en fonction des dates de pontes. Ils ont eu lieu entre le 5 et 10 juin, en 1996, alors que pour les deux autres années, ils sont enregistrés plutôt dans la saison à savoir entre le 20 mai et le 4 juin en 1997 et entre le 25 et 30 mai en 2005.

La localisation de la colonie par rapport à la rive du lac Tonga en 2005 a beaucoup varié, elle est presque 5 fois plus importante par rapport à celle notée en 1996 et presque 4 fois plus qu'en 1997. Ce facteur proximal externe présente une relation étroite et positive, avec la date de ponte, notamment pour 1997 et 2005 qui évoluent dans le même sens de telle façon que les nids sont situés de plus en plus loin de la berge au cours de la saison.

Cette tendance est conditionnée par l'évolution même du support de leurs nids en l'occurrence les feuilles de nénuphar *Nymphaea alba*, dont l'émergence se fait dans le sens berge-centre du lac au cours de la saison estivale.



Cette relation est absente en 1996, du fait de la particularité de cette année par rapport aux autres (la colonie étant limitée dans l'espace et dans le temps). Les premières pontes ont eu lieu au niveau des îlots plus ou moins loin de la berge par rapport aux dernières qui ont eu lieu autour des premiers noyaux installés. D'autre part, la période de ponte en 1996 était courte et les nids étaient plus proches les uns des autres pour qu'il y ait une relation entre la date de ponte et la distance par rapport à la berge.

La taille de ponte de la Guifette moustac, varie de 1 à 4 œufs par femelle, elle est en moyenne, pour les trois années cumulées, de 2.6 ± 0.7 (686 nids). Elle est identique à celle trouvée en 1993 dans la même population (**Rizi 1994**) et à celle des populations européennes, en Italie (**Spina 1982** et **Fornasari 1992**), en Croatie (**Muzinic et Delic 1997**), en France (Lac de Grand lieu, France) (**Latraube 2006** ; **Paillisson 2008**) et en Roumanie (**Cazacu 2006**) (**Tab.18**).

Tableau 18 : Données bibliographiques sur les tailles de pontes (n=nombre de nids)

Auteur	n	Taille de ponte moyenne
Spina 1982	(178)	2.6
	(84)	1.5
Sehhatisabet et Nezami 2007	(344)	2.16
	(128)	1.8
Fornasari 1992		2.6
Barati et al., 2010	(121)	2.5
	(161)	2.7
Muzinic et Delic 1997		2.6
Rizi 1994		2.6
Cazacu 2006	(80)	2.5
Latraube 2006	(269)	2.5
Paillisson 2004		2.7
Paillisson 2005		2.2
Paillisson 2006		2.4
Paillisson 2007		2.1
Paillisson 2008		2.2
Présente étude		
1996	(169)	2.6
1997	(215)	2.6
2005	(302)	2.6

Les pontes les plus fréquentes sont celles de 3 œufs pour les trois années, suivies par celles de 2 œufs et les moins fréquentes sont celles de 1 œuf. Les pontes à 4 œufs sont moins nombreuses et celles de 5 œufs sont exceptionnelles au Tonga.



Borodulina in **Cramp et Simmons (1977)** montre que chez la Guifette moustac 71 % des couvées sont constituées de 2 œufs et 29% de 3 œufs. **Sehhatisabet et Nezami (2007)** rapportent qu'au niveau du lac Selkeh (Iran), des pontes de 2 et 3 œufs représentaient plus de 67% des pontes (n=467) et des pontes rares de 4 et 5 œufs. Au niveau du lac Tonga, plus de 50% des couvées contiennent 3 œufs et ce, pour chacune des années d'étude.

Swift (1960) suppose qu'une ponte de 3 œufs, chez la guifette moustac, est normale alors celle de 4 œufs serait la ponte de 2 femelles. **Paillisson et al. (2008)** ont montré qu'il existe un parasitisme conspécifique des nids avec un pourcentage significativement plus élevé dans les pontes de trois œufs (9 %) que dans les pontes de deux œufs (2 %). La méthode utilisée est indirecte par la biométrie des œufs.

Au vu des données précédentes (**Tab.18**), il est clair que pour la population algérienne de guifettes, la taille de ponte n'est pas différente par rapport à celle des populations européennes, la taille de ponte est en moyenne comprise dans la fourchette établie par la bibliographie et présente même une stabilité inter-annuelle, notamment par rapport à celles de la population française (**Paillisson 2004 ; 2005 ; 2006 ; 2007 et 2008**). Ces résultats sont différents de ceux obtenus chez un grand nombre d'espèces, dont la taille de ponte est positivement corrélée à la latitude parmi ces espèces, la Sterne caspienne *Sterna caspia* (Lack ; Klomp ; Perrins et Birkhead in **Gil-Delgado et al. 2005 ; Yom-Tov et al. 1994 ; Barlow et Dowding 2002**), le Moineau domestique *Passer domesticus* (**Andersen 1994**), certains hérons (Palmer 1962 ; Henny and Bethers 1971 ; McAloney 1973 ; Rodgers 1980a ; Custer et al. 1983a in **Pratt et Winkler 1985**).

Pour plusieurs espèces aviaires, la taille de ponte régresse au cours de la saison comme c'est le cas pour, la Guifette noire *Chlidonias niger* (**Shealer et al. 2006**), le Héron garde-bœufs (**Sibachir et al. 2008 ; Samraoui et al. 2007**) le moineau domestique *Passer domesticus* (**Andersen 1994**), le Canard colvert (**Shah et al. 2008**), le Fuligule morillon *Aythya fuligula* (Hill, in **Shah 2008**), la Grande aigrette *Casmerodius albus* et le Grand héron *Ardea herodias* (**Pratt et Winkler 1985**) et le Savacou huppé *Cochlearius cochlearius*, au Costa Rica (**Gómez et al. 2006**).



Le déclin saisonnier de la taille de ponte est attribué à plusieurs facteurs, tels que la différence d'appétit à trouver la nourriture, entre les individus efficaces qui se reproduisent les premiers et ceux qui leur succèdent, donc le facteur performance des parents (**Mills 1979**), la qualité de la femelle (**Christians et al. 2001**), la diminution de la disponibilité alimentaire au cours de la saison (Soikkeli 1973 ; Shugart et al. 1978 *in* **Barlow et Dowding 2002** ; Brinkhof et Cavé 1997 ; Siikamäki 1998 *in* **Antolos et al. 2006**). **Eldridge et Krapu (1988)** ont prouvé que la baisse des ressources alimentaires peut servir de base à la baisse saisonnière de la productivité ainsi, chez des canards en captivité à qui on avait ajouté des aliments, le nombre d'œufs pondus avait alors augmenté. Par ailleurs, **Mills (1979)** a noté chez le Goéland à bec rouge

Chroicocephalus scopulinus, une augmentation de la taille de ponte avec le pic de présence des proies de cette espèce.

Au déclin saisonnier de la nourriture s'ajoute la décroissance de la qualité de l'habitat au cours de la saison, qui sélectionne les individus pondant précocement et contre-sélectionne les reproducteurs tardifs (**Newton et Marquiss 1984** ; **Perrins 1970** ; **Price et al. 1988** ; **Spear et Nur 1994** ; **Sydeman et al. 1991**).

Certaines espèces ajustent leur taille de ponte (**Mock et Parker 1998**), tels les derniers arrivés dans la colonie qui suppriment le troisième œuf (Bergman *in* **Barlow et Dowding 2002**). Chez plusieurs espèces de manchots, le premier œuf, plus petit, est éjecté (**Williams 1980** ; **St. Clair et al. 1995**). L'ajustement peut s'opérer même au stade poussins par la réduction de la nichée, quand les conditions sont défavorables (**Leclaire 2010**).

Alors que la majorité des espèces présentent une régression saisonnière de la taille de ponte, résultant des facteurs sus-cités, la population de guifettes du lac Tonga, présente une stabilité de la taille de ponte tout au long de la saison de reproduction et ce pour les deux périodes d'étude. C'est aussi le cas pour l'espèce en Croatie (**Muzinic et Delic 1997**).

La taille de ponte de la Guifette moustac n'est pas non plus affectée par l'emplacement des nids par rapport à la berge du lac. Par contre l'effet centre-périphérie a été noté pour l'espèce,



en Iran de telle façon que la taille de ponte au centre du lac est plus importante qu'à la périphérie (**Minias et al. 2011**)

La taille de ponte des guifettes moustac au niveau du lac Tonga, affiche une constance saisonnière, annuelle et spatiale. Cette stabilité est, à notre avis, due, d'une part, à la qualité du site d'accueil et d'autre part à la diversité du régime alimentaire de la guifette moustac qui lui permet d'assurer l'exploitation des ressources trophiques tout au long de la saison, il est connu, que l'opportunisme trophique, affecte la production d'œufs, (Murphy, 1986; Kennamer et al. 1990 ; Pehrsson, 1991; Bolton et al. 1992; Perrins, 1996, *in Sanchez-Lafuente 2004*).

Les durées d'incubation les plus fréquentes sont celles de 19 et 20 jours suivies par celles de 21 jours et les moins fréquentes sont celles de 18 jours. Nos données sont comprises dans la fourchette établie par une synthèse bibliographique, (Hoeher, Ivanauskas, Borodulina *in Cramp 1985*), **Géroutet 1972 ; Swift 1960 ; Rizi 1994 ; Muzinic et Délic 1997**) (**Tab.19**).

Tableau 19 : Données bibliographiques sur les durées d'incubation

Auteur	Durée moyenne d'incubation (jours)
Hoeher (Cramp, 1985)	17
Ivanauskas (Cramp et al, 1985)	19
Géroutet (1972)	20
Borodulina in Cramp et al. (1985)	18 - 20
Swift (1960)	18 - 21
Rizi (1994)	18 - 23
Bakaria (2002)	18 – 21
Présente étude (2005)	18 – 21

En général, chez les Sternidés de mer, les deux partenaires participent à part égale à la couvaison (**Nisbet 1973**). Pour le genre *Chlidonias* et selon plusieurs auteurs cités par **Spina (1982)**, le plus gros de l'investissement est fait par la femelle. Pour la guifette moustac **Spina (1982)** et **Latraube (2006)**, trouvent que les femelles passent plus de temps à couvrir que les mâles, ceci en supposant que malgré l'inexistence de dimorphisme sexuel chez la Guifette



moustac, les individus à joues blanches sont les femelles et ceux ayant les joues noires sont des mâles (**Latraube 2006**).

Les mâles ne couvent que par intervalles ne dépassant pas trente minutes. Or, **Swift (1960)**, a rapporté que les deux partenaires chez la guifette moustac couvent de façon égale et se relayent toutes les 25 minutes, la couvaison débutant avec la ponte du dernier œuf.

Au cours de la couvaison, le mâle n'apporte pas de nourriture à sa compagne, il semble qu'elle s'alimente par ses propres moyens pendant que le mâle la remplace au nid. La même observation a été faite au niveau du lac Tonga où l'individu incubateur chasse aux alentours immédiats du nid et que ce dernier couve plus d'une heure de temps (**obs. pers.**). Il nous a cependant été difficile de faire la différence entre mâle et femelle.

Chez la Guifette moustac, les parents dépensent beaucoup d'énergie dans et la maintenance des nids jusqu'à l'envol des jeunes ce qui confortera le principe d'allocation d'énergie proposé par **Levins (1968)** ; c'est-à-dire que les besoins en énergie d'un individu sont répartis en budgets : maintenance, croissance, reproduction et survie et les individus sont ainsi contraints de réaliser les meilleurs compromis possibles pour répartir l'énergie entre différents budgets (**Stearns 1992**).

Les seuls nids tolérés dans la colonie sont ceux du Grèbe castagneux *Podiceps ruficollis* et plus rarement ceux du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, ces deux espèces profitent de la vigilance des guifettes pour la protection de leurs nids et poussins, notamment contre les prédateurs aériens (**obs. pers.**). En Roumanie, **Gache et Muller (2004)** et **Cazacu et Gache (2005)**, ont noté la présence d'une colonie mixte de plus de 304 nids de Guifette moustac *Chlidonias hybrida*, 22 nids de Guifette noire *Chlidonias niger*, 23 nids de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* et 4 nids de Grèbe à cou noir *Podiceps nigricollis*.

Les éclosions des œufs ont suivi le même schéma que les pontes en s'étalant pour les deux saisons 1997 et 2005, respectivement sur 50 et 58 jours alors qu'en 1996, la période d'éclosion est de 30 jours. La date moyenne des éclosions pour toutes les saisons est enregistrée (n=593 nids) le 28 juin avec une période d'éclosion du 6 juin au 3 août soit un étalement des éclosions sur 58 jours.



Le succès à l'éclosion représenté par le rapport entre le nombre d'œufs éclos et le nombre total d'œufs pondus, est important pour chacune des années. Cependant en 1996 il est significativement plus faible qu'en 1997 et 2005. Ceci est dû aux pertes causées par les pluies enregistrées au début et pendant la saison de reproduction d'une part et d'autre part, par la densité des nids plus élevée en 1996 qu'en 1997 et 2005. La densité est traduite par la distance inter-nids qui a doublé en 2005 par rapport à 1996.

En Europe, le succès à l'éclosion de la Guifette moustac est différent en fonction des sites et des années. En effet en Iran, il est de 57 %, 83 % et 76% respectivement pour un groupe de la région de Zarrinkola et deux groupes de la région de Marzoonabad (**Amini-Nasab et al. 2004**), toujours en Iran, le succès à l'éclosion varie de 35% au lac Anzali et de 53% au lac Zarivar (**Barati et al. 2010**) et en Croatie, il est de 88% (96 nids) (**Muzinic et Délic 1997**).

En Australie, Smith et O'Connor, *in* **Cramp et al. (1985)** ont estimé le succès à l'éclosion d'une colonie de Guifette moustac à 66%. Chez la Guifette noire *Chlidonias niger* en Amérique du Nord, le taux d'éclosion, a été estimé à 89% (**Servello 2000**).

Pour des espèces coloniales proches des guifettes, **Braby et al. (2001)** ont noté un succès à l'éclosion de 80% chez la Sterne des baleiniers *Sterna balaenarum* en Namibie, pour la Sterne caspienne *Sterna caspia*, il est de 81% (**Barlow et Dowding 2002**).

Pour toutes les espèces aviaires, les pertes au stade des œufs, sont d'origines diverses telles que l'infertilité des œufs, le prélèvement par la prédation, le prélèvement par les collectionneurs, le roulement des œufs hors du nid, suites aux dérangements causés par les braconniers ou par les scientifiques, une étude récente de **Braby et al. (2001)**, a attribué la différence entre le succès à l'éclosion de la Sterne des baleiniers *Sterna damara* de deux sites, aux dérangements au niveau d'un site par rapport à l'autre qui était sous protection. Le dérangement peut être dû aussi à l'effet de la densité qui en étant en dessous ou en dessus d'un certain seuil, peut être dramatique pour la colonie (**Antolos et al. 2006**).

Pour la Guifette moustac, les pertes sont causées par le roulement des œufs hors du nid, notamment lors des mouvements de panique (*panic flights*) des adultes incubateurs (**Coulson**



2002) à l'approche des intrus tels les prédateurs aériens et les humains (braconniers ou scientifiques).

Au niveau du lac Tonga, les intrusions notées, des prédateurs aériens, sont celles du Milan noir *Milvus nigrans*, du Grand corbeau *Corvus corvus* et celles du Busard des roseaux *Circus aeruginosus*. Elles sont en général infructueuses grâce à la vigilance des guifettes (**obs. pers.**) - appelées et à juste titre sentinelles des marais (**Hellio et Ingen 1991**) - mais occasionnent des pertes considérables en œufs qui roulent hors du nid ou dans l'eau.

La destruction des nids et de leurs contenus, fait occasionnellement suite au passage de braconniers qui cherchent à capturer des foulques ou des canards, qui se dissimulent au niveau de la nupharaie pour leur mue post-nuptiale, (**Bakaria 2002**).

Mais les effets les plus spectaculaires, sont dus aux facteurs climatiques. En effet, il est rapporté que les orages et l'élévation rapide des niveaux d'eau peuvent avoir des effets catastrophiques chez les espèces à nids flottants (Cuthbert 1954 ; Bergman et al. 1970 ; Gilbert et Servello 2005 in **Shealer et al. 2006**). Ils provoquent de façon directe la désintégration des nids, l'hypothermie des œufs et l'élévation du niveau d'eau provoque l'immersion des nids, de leurs contenus et de leur support.

La forte perte au stade œuf chez les Guifettes moustac a été causée par des fortes pluies (**Rizi 1994 ; Bakaria 2002 ; Amininasab et al. 2004**). Il en est de même pour une colonie de Guifette noire *Chlidonias niger* dans la province de British Columbia au Canada, où le vent a provoqué des vagues et une élévation des niveaux d'eau, ce qui a provoqué 27 % de pertes d'œufs (**Chapman-Mosher 1978**) et de fortes précipitations ont provoqué une perte de 37% des nids de Guifettes noires (Bailey 1977 in **Chapman-Mosher 1978**). Les effets des intempéries ont été notés pour une colonie de Sterne royale *Thalasseus maximus* (**Lenzi et al. 2010**) et pour une population de Savacou huppé *Cochlearius cochlearius* au Costa Rica (**Gómez et al. 2006**).

Les conditions météorologiques déterminent donc, le succès reproducteur parce qu'elles jouent non seulement un rôle direct dans la destruction des couvées (**Elkins 1996**), mais aussi



un rôle indirect sur la disponibilité des ressources, notamment des insectes (Robinson *et al.* 2002 ; Van Der Winden et Nesterenko 2003 *in* **Latraube 2006**).

Chapman-Mosher (1978) a remarqué une élévation du taux d'éclosion au cours de quatre années de suivi des colonies de Guifettes noires, coïncidant d'une part, avec la diminution de la pluviométrie en mai et juin et d'autre part, au contrôle des niveaux d'eau ce qui a diminué la submersion des nids.

Chez les oiseaux coloniaux, la désertion des nids et l'abandon des couvées peuvent également avoir lieu quand les parents, face au manque de nourriture, désertent les nids, même après la ponte complète, précocement dans la saison pour optimiser l'énergie dont en dépendent leur survie et leur investissement reproducteur futur. Par ailleurs, chez les espèces nidifuges (poussins émancipés thermiquement dès l'éclosion), la phase de la fonction des parents se limite à l'incubation et un simple gardiennage après éclosion (**Spee 2010**).

Nonobstant les pertes au stade œufs, le succès à l'éclosion chez la population de guifettes reste important et les pertes après éclosion, sont difficiles à déterminer, quoique les causes soient bien connues. En effet, après éclosion, les poussins sont sujets à la noyade, à la prédation, à l'hypothermie, à l'abandon du poussin issu du dernier œuf et à l'infestation des poussins par les parasites (**Cézilly et Hafner 1995**).

Dans la présente étude, les pertes au stade poussin, n'ont pas été quantifiées à cause du caractère semi-nidifuge des poussins de guifettes. En effet, à notre approche des îlots de nidification, les poussins s'éloignent de leurs nids et se mélangent en cherchant l'abri au dessous des feuilles de nénuphars, ou en nageant vers d'autres îlots, guidés par les parents.

En dépit de cet handicap, le succès de la reproduction a été calculé pour deux lots de 30 nids chacun (82%.96 et 84.64%, dans un lac artificiel Marzoonabad en Iran (**Amininasab et Ghahramanpouri 2011**). Ces taux confirment, dans une certaine mesure, l'hypothèse selon laquelle le taux du succès reproducteur est en général élevé chez les oiseaux coloniaux.



Le succès à l'éclosion chez la population de Guifette moustac au lac Tonga, n'est pas influencé par la date de ponte. Les couples qui s'installent tardivement ont autant de chance que les précoces, de mener leurs pontes à terme et avoir des taux d'éclosion aussi performants que les couples installés en début de saison. Ceci est valable pour chacune des années prise à part. Ce constat est signalé pour deux populations iraniennes (**Barati et al. 2011**) malgré la destruction des nids en fin de saison, résultant de l'accessibilité des nids, faisant suite au drainage du site.

La majorité des espèces aviaires, montre un déclin saisonnier du succès reproducteur et de la survie des poussins, selon plusieurs auteurs, ce déclin est inhérent à plusieurs facteurs tels que la détérioration des conditions environnementales (Perrins 1970 ; Norris 1993 ; Lepage et al. 1999 *in Semones 2003*), la dégradation des ressources alimentaires au cours de la saison, à l'inexpérience des couples tardifs, la variation de la pression de la prédation, le parasitisme (Sydeman et al. 1991 ; Ogden 1994 ; Martin 1996 *in Semones 2003*), les averses de l'été (Perrins 1966 *in Semones 2003*), la combinaison de certains de ces facteurs.

Chez le Héron gardeboeufs, **SiBachir et al. (2008)** trouvent que les couples précoces du Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis*, produisent plus de poussins du fait qu'ils sélectionnent les meilleurs emplacements des nids (hauteurs des nids qui doivent être propices pour l'espèce). D'autres auteurs trouvent que le succès reproducteur peut être plus important ou égal chez les retardataires que les précoces à cause des attaques des prédateurs en début de saison, par exemple chez la Sterne pierregarin *Sterna hirundo* (**Nisbet et Welton 1984 ; Morris et al. 1976**).

Le seul facteur proximal interne, qui semble avoir un effet sur le succès reproducteur des guifettes, est la taille de ponte. En effet, malgré le nombre limité d'œufs pondus par femelle, généralement 3 et 2, rarement 4, les grandes pontes présentent un meilleur succès à l'éclosion. Cet effet est aussi rapporté par **Latraube (2006)**, pour la population française de guifettes et chez une colonie de *Sterne pierregarin* au Canada (**Morris et al. 1976**). Il est le résultat de l'abandon des nids à un œuf, par le couple reproducteur, suite à une attaque de prédateur ou des congénères pilleurs de nids. Ceci a été démontré pour plusieurs espèces comme le Gobe-mouche noir *Ficedula hypoleuca* (**Järvinen 1999**), la Sterne naine *Sterna albifrons* (**Hong et**



al. 1998), le Goéland d'Hermann en Californie (**Velarde 1999**), l'Engoulevent à collier roux *Caprimulgus ruficollis* en Espagne (**Aragónés 2003**), la Sterne pierregarin *Sterna hirundo* (**Morris et al. 1976**) et pour plusieurs espèces d'Ardéidés coloniaux (**Rodgers 1980 (a,b)** ; Tremblay et Ellison 1980 in **Pratt et Winkler 1985**).

La distance des nids par rapport à la berge du lac, n'a eu aucune influence sur le succès à l'éclosion pour les trois saisons et le même résultat a été noté chez la Guifette moustac en Pologne (**Minias 2011**) et chez la Sterne caspienne *Sterna caspia* (**Antolos et al. 2006**).

Les conditions météorologiques sur les sites de reproduction sont déterminantes, elles influencent sérieusement, le succès à l'éclosion. Les dégâts sont causés, d'une part, par la quantité de pluies et d'autre part, par leur qualité (puissance et durée dans le temps). Toutes les études sur cette espèce et sur ses semblables, montrent que les grosses pertes sont dues à ce facteur (**Sehhatisabet et Nezami 2006** ; **Paillisson 2008** ; **Bernard et Teyssier 2008**) pour la guifette moustac et (**Chapman-Mosher 1978**) pour la guifette noire.

La stabilité des paramètres de la reproduction de la colonie au niveau du lac Tonga, semble être assurée d'une part, par la qualité même de ce site qui constitue un habitat pour la reproduction et une zone d'alimentation offrant une gamme de proies tout au long de la saison de reproduction. Ceci permet aux guifettes, une optimisation du temps passé à la recherche de la nourriture. D'autre part, elle est due au régime alimentaire opportuniste, des guifettes (**Crawford 1977** et **Dostine et Morton 1989**).

En effet, les guifettes se nourrissent de différentes espèces proies de vertébrés et invertébrés, identifiées, à travers une analyse de 55 contenus stomacaux de guifettes de la région de l'Alligator rivers, située au Nord de l'Australie (**Dostine et Morton 1989**) et dont la plupart sont aquatiques ou avec des affinités aquatiques. Les invertébrés sont dominants par le nombre d'items alors que les vertébrés sont plus importants en termes de poids sec et représentés surtout, par de petits poissons.

D'après la même étude (**Dostine et Morton 1989**), l'analyse des proies a permis de les classées en six catégories indiquant que la guifette peut se nourrir dans différents milieux.



En effet, les proies peuvent être des invertébrés aquatiques, des invertébrés de la végétation flottante et émergée, des invertébrés terrestres, des amphibiens, des petits poissons de fond et des poissons de la végétation littorale.

Schifferli (1955) et **Swift (1960b)** relèvent qu'en Camargue les guifettes se nourrissent principalement de larves et adultes d'insectes aquatiques (grenouilles, têtards et des petites carpes), d'insectes qu'elles capturent en vol et des morceaux de plantes aquatiques.

En Hongrie (Hortobagy) et au lac Balaton, les oiseaux au nid sont principalement nourris de larves de dytiques, en ex URSS, elle se nourrit de quelques espèces de Coléoptères, de sauterelles, de grenouilles, de criquets, de fourmis et d'araignées (Borodulina, *in Cramp et al. 1985*). Elle peut se nourrir de souris *Mus musculus* en grand nombre (Hobbs, *in Cramp et al. 1985*). Le caractère opportuniste du régime alimentaire des moustacs a été démontré chez la Guifette noire (*Chlidonias niger*) consommatrice d'insectes, de poissons et de batraciens (**Cramp 1985**).

Au Tonga, le régime alimentaire n'a pas été étudié, mais les espèces pouvant constituer la nourriture de la guifette sont multiples. En effet, ce site est très riche en espèces d'invertébrés et de vertébrés. Les Odonates sont représentés par 22 espèces, appartenant à quatre familles: Lestidae, Coenagrillonidae, Aeshnidae et Libellulidae (**Saouèche 1993**) et les espèces de poissons sont, le Barbeau *Barbus callensis*, l'Anguille *Anguilla anguilla* et de Gambusie *Gambusia affinis* et beaucoup d'autres espèces d'invertébrés telles que, la sangsue *Hirudo medicinalis*, Ostracoda, *Osellus sp.*, une grande variété d'espèces d'Ephéméroptères, d'odonates, d'Hémiptères, de Coléoptères, d'espèces de Chironomidae et Ceratopogonidae. Par ailleurs, d'après **Morgan (1982)**, la richesse spécifique des gastéropodes hisse le lac Tonga au premier rang de tous les sites visités en Algérie et en Tunisie.

Selon **Van der Winden (2004)**, les poussins nécessitent des apports de calcium et de protéines, contenu dans les insectes et les poissons (ce qui contraint donc les adultes à exploiter à la fois les étangs et les prairies. Ainsi, la qualité du milieu environnant et sa structure ont une influence sur le succès de reproduction de la guifette noire. Enfin, Il y a peu d'information sur la durée d'élevage des oisillons par les parents. Dans la littérature, les



auteurs cités par **Cramp et al. (1985)** notent des durées de 20 à 24 jours, (**Géroudet 1972**), 23 jours et même 29 jours, pour des poussins élevés en captivité (**Cordonnier 1986**). Au Tonga, elle est de 19 à 20 jours (**obs. pers.**).

D'après Mees *in* **Cramp et al. (1985)**, les juvénile de l'année restent dans leurs quartiers d'hivernage le premier été puis retournent sur les sites de nidification pour se reproduire à l'âge de deux ans. Cependant, suite à une opération de baguage, **Latraube et al. (2006)** ont montré que la reproduction est possible à partir de l'âge de un an.

La migration vers les quartiers d'hivernage en Afrique, commence au niveau du lac Tonga, en septembre. Néanmoins, un petit groupe d'une vingtaine d'individus hiverne dans la région et a été observé au Tonga, à l'Oubeïra, au Mellah et même au niveau du Lac des oiseaux. En Brenne (France) (**Trotignon 1989**) et en Camargue où l'hivernage de plusieurs dizaines d'individus a été noté.

La saison de la reproduction de la colonie de Guifette moustac dans son ensemble, depuis son apparition jusqu'à son départ vers ses quartiers d'hivernage a duré environ 22 semaines en 1996 et 20 à 21 semaines en 1997 et 2005. Ces durées sont incluses dans la fourchette établie par **Cramp et al. (1985)** qui rapportent que la migration du printemps pour le Paléarctique occidental, s'étale de mars à mai et la migration automnale de la fin juillet jusqu'à la fin octobre. Les zones d'hivernage de l'espèce pour le paléarctique, sont en général connues, mais ne sont pas bien déterminées pour la population algérienne du lac Tonga, faute de programme de baguage.

Tenant compte de la réussite de la reproduction, on peut confirmer la bonne qualité du lac Tonga pour la population de guifettes. Par ailleurs, le succès des guifettes est élevé par rapport à celui des autres colonies qui nichent dans d'autres zones géographiques, ce qui démontre que cette espèce en déclin modéré dans son aire de distribution géographique, trouverait un habitat particulièrement favorable à sa nidification au niveau du lac Tonga. Ce site semble offrir des conditions optimales de quiétude, de diversité des ressources trophiques, de protection contre les prédateurs terrestres et de disponibilité des matériaux de construction. La fréquentation massive par les touristes estivants reste modérée et épargne encore ce site, ce qui peut expliquer également la fidélité des guifettes.



III Matériel et méthodes d'étude

III.1 Etude des nids

III.1.1 Caractéristiques des nids

Bien que le rôle principal des nids de la faune aviaire est de donner aux œufs et aux poussins, un espace approprié pour se développer, une protection des oisillons contre les prédateurs et les aléas environnementaux, jusqu'à leur envol (**Elkins 1983**), il y a une grande variation entre les différentes espèces dans la construction du nid (tailles, formes, emplacements et modes d'utilisation) (**Collias et Collias 1984 ; Hansell 2000**).

Il est généralement possible de distinguer les espèces par les caractéristiques de leurs nids, mais cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de variations intraspécifiques, au contraire, la variation géographique de la quasi-totalité des caractéristiques des nids a été montrée chez certaines espèces (**Schaefer 1976 ; Kern 1984 ; Kern et Van Riper 1984**).

En outre, la variation de la taille et de la structure des nids a également été étudiée au sein des populations, avec des résultats suggérant un sens fonctionnel complexe des nids en particulier pour la capacité des espèces à répondre à l'évolution des facteurs de l'environnement (**Palomino et al. 1998 ; Powell et Rangen 2000 ; Alabrudzińska et al. 2003 ; Herranz et al. 2004 ; Alvarez et Barba 2008 ; Moreno et al. 2008**).

Plusieurs idées, qui ne sont pas mutuellement exclusives, ont été proposées pour expliquer la signification fonctionnelle de la variation intra-population dans la taille et la construction des nids. En effet, **Collias et Collias (1984)** ont souligné que la fonction la plus fondamentale d'un nid est de servir comme structure stable pour l'élevage des oisillons. La stabilité dépend évidemment des propriétés du support des nid, du milieu et de la disponibilité de matériaux de construction et la combinaison de ces facteurs pourrait déterminer les caractéristiques d'un nid, y compris sa taille.

Une autre idée est que la taille du nid permet, un confort thermique pour les œufs et les oisillons en développement par leur isolation de l'environnement externe (**Kern 1984**).



D'autres auteurs ont suggéré que la variation dans la taille des nids correspond aux prévisions de la taille de la couvée (**Snow 1978 ; Hansell 2000**).

Chez certaines espèces qui nichent dans des trous, la taille du nid peut être le résultat d'un certain équilibre entre le risque de prédation, la possibilité de subir les effets des intempéries et des raisons d'hygiène (**Wesolowski et al. 2002 ; Alabrudzińska et al. 2003 ; Mazgajski et Rykowska 2008**).

La taille des nids est également suggérée comme étant un indicateur de la qualité des parents et une base d'un ensemble d'hypothèses sur ses fonctions sociales et sexuelles (**Palomino et al. 1998 ; Herranz et al. 2004 ; Tomas et al. 2006 ; Alvarez et Barba 2008**).

Pour remplir son objectif ultime de fournir une plate-forme de support pour les œufs et la sécurité des oisillons pendant leur développement, le nid de la guifette moustac *Chlidonias hybrida*, est une structure construite sur plantes flottantes (ou directement sur la végétation aquatique qui émerge, suite à la baisse du niveau d'eau), qui doit normalement être suffisamment stable et hydrodynamique pour résister aux fluctuations des niveaux d'eau. Les propriétés hydrodynamiques des nids dépendent de la composition des matériaux et de la taille qui peut être modifiée en fonction de la nature du support de l'ensemble de la structure.

Le choix de l'emplacement des nids dans les colonies est susceptible d'être liée à la distribution des ressources alimentaires et des matériaux pour la construction des nids et par conséquent, de surfaces d'eau libre et des îlots de végétation. L'emplacement des nids détermine le type du substrat du nid, avec différents matériaux nécessaires à sa construction. La structure adéquate du nid dépendra donc des plantes utilisées pour sa construction, ces plantes refléteront directement la taille et la forme du nid.

En général, nous émettons l'hypothèse que la variable (taille et forme) des nids de la guifette moustac est un trait fonctionnel qui est optimisé par le choix du matériel végétal par les oiseaux adultes en fonction de la disponibilité des matériaux de construction, des substrats et des sites de nidification à l'intérieur de la colonie.



Nous supposons que la taille et la composition du nid devraient être différentes si les conditions écologiques sont différentes entre années. Nous, nous attendons à ce que la taille et la forme des nids seront mises en corrélation avec leur composition, en fonction de la saison de reproduction, de l'emplacement de la colonie et de la position dans le site de nidification.

III.1.2 Méthodes

L'analyse des nids a commencé à partir de la fin du mois de mai, nous les avons cherché au niveau des herbiers flottants, notamment ceux du nénuphar blanc *Nymphaea alba* (**Photo 4a et b**).



Photo 4 (a et b) : Parties de la nupharaie au niveau du lac Tonga

(Cliché :Bakaria 2006)

Les nids échantillonnés ont été marqués individuellement, inspectés et décrits en détail et les plantes qui les composent ont été identifiées dans les 10 jours suivant la date de la première ponte des œufs: 88 nids en 1996, 89 en 2005 et 86 en 2006 (**Photo 5**).



Photo 5 : Marquage des nids

Pour exploiter au mieux les résultats, concernant les nids,

- Nous avons calculé la fréquence d'occurrence de chacune des espèces de plantes qui composent les nids. Cet indice écologique représente le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués et en termes de constance, **Dajoz (1985)** distingue trois groupes.
 - Les espèces du premier groupe sont qualifiées de constantes lorsqu'elles se retrouvent dans 50% ou plus des relevés effectués dans une même communauté.
 - Celles du second groupe sont accessoires car elles ne sont présentes que dans 25 à 49% des prélèvements.
 - Les espèces accidentelles ont une fréquence d'occurrence allant de 10 à 24%.
 - Les espèces très accidentelles ou sporadiques ont une fréquence inférieure à 9%.
- Nous avons pris en compte les paramètres suivants :
 - Le diamètre externe de la plate-forme du nid,
 - Le diamètre interne (celui de la coupe du nid)
 - La profondeur de la coupe ont été mesurés.
 - Les proportions des plantes dans chaque nid par rapport au volume total du nid ont été évaluées.



- La distance qui sépare les nids de la rive du lac a été estimée (distance par rapport à la berge).
- La distance inter-nids, (le plus proche voisin).
- La position des nids au niveau des îlots (patches) de végétation (centre, périphérie ou à la surface de l'eau) ont été enregistrés.

Les traits biométriques des nids sont liés entre eux et reflètent deux aspects ; la taille et la forme du nid, nous avons calculé les composantes principales basées sur, le diamètre du nid, le diamètre de la coupe du nid et la profondeur du nid et ce pour obtenir deux indices, celui de la taille (SSPC1) et celui de la forme (SSPC2).

De même, nous avons extrait trois composantes principales de la composition des pourcentages des différentes espèces de plantes utilisées dans la construction du nid. Nous avons appliqué la rotation Varimax dans les calculs des principales composantes de ces deux types et nous n'avons gardé que les éléments qui représentaient assez de variations, tels que mesurés par les valeurs propres supérieures à 1.

Les données ont été analysées à l'aide de différents modèles de l'analyse de variance (ANOVA) et de corrélations. Les analyses ont été effectuées avec l'application des logiciels : **R 2.6.0**, **Minitab** et pour certains graphes nous avons utilisé **Excel**.

III.2 Etude des œufs

III.2.1 Caractéristiques des œufs

Les paramètres biométriques des œufs (longueur, largeur, poids et volume) permettent d'estimer l'énergie du contenu d'un œuf (Romanoff et Romanoff *in* **Ojanen et al. 1978**), d'estimer la composition et l'âge d'une population (**Coulson 1963**), de comparer les différentes espèces d'oiseaux (Väisänen, 1969 et 1977 ; Manning 1978 *in* **Ojanen et al. 1978b**), de révéler la chronologie des dates de ponte et la survie des poussins après éclosion (Parsons, Lundberg et Väisänen *in* **Ojanen 1983** ; Schifferli, Bolton, Smith et Brown, **Zduniac et Antczac 2003** ; Williams *in* **Encabo et al. 2002** ; Magrath, Smith et al. Smith et Bruun *in* **Yosef et Zduniac 2004**), d'estimer le poids frais des œufs (**Hoyt 1979**) et la durée



écoulée depuis la ponte et de connaître la date probable d'éclosion (O'malley et Evans, Furness et Furness *in* **Ojanen 1983**).

Les dimensions des œufs peuvent également être utilisées dans l'analyse de l'évolution d'une espèce dans le temps notamment par rapport aux changements climatiques. Les études sur la taille des œufs ont évolué du descriptif aux analyses statistiques des dimensions et des poids (Preston et Preston, Kendeigh et al. Väisänen *in* **Ojanen et al. 1978b**).

Plusieurs facteurs peuvent affecter l'évolution de la taille des œufs chez les oiseaux, comme, la disponibilité de la nourriture pendant la formation de l'œuf jusqu'à l'éclosion (**Mills 1979 ; Ojanen et al. 1978**), la condition physique des femelles ainsi que la disponibilité alimentaire (Huxley, Heïnroth, Lack, Rahn et al. *in* **Ojanen 1983 ; Ojanen et al. 1978**), l'âge de la femelle peut également influencer la taille des œufs (Coulson et Thomas; Wendeln, 1997 *in* **Ojanen 1983**), **Mills 1979**), la pression de la prédation, le rang et le développement de l'œuf avant l'éclosion, la durée d'incubation (Heinroth et al. *in* **Ojanen et al. 1978b**), la latitude (**Encabo et al. 2002**) et enfin la taille de la ponte.

Par ailleurs, la variation de la taille de ponte et la taille des œufs chez les oiseaux a reçu une attention considérable par les scientifiques.

La taille des œufs au sein d'une même espèce peut varier en fonction de la saison, de la taille de ponte, de la position de l'œuf (rang) dans la séquence de ponte. Ces variations intraspécifiques de la taille des œufs ont été démontrées pour plusieurs espèces (Manning, *in* **Ojanen et al. 1978b**).

En effet, différentes espèces ont développé différentes tailles des œufs comme réponse à des conditions environnementales. C'est aussi présumé que la sélection naturelle mène aux variations entre femelles (**Väisänen et al. 1972**) c'est à dire que les femelles s'adaptent différemment à des environnements différents, ainsi, des variations de la taille des œufs au sein d'une même espèce peuvent par conséquent exister.

Les variations des tailles des œufs sont étudiées en inspectant les mécanismes avec les facteurs internes et externes.



- Le volume des œufs en fonction de la taille de ponte (l'investissement des reproducteurs porte-t-il essentiellement sur la taille de la ponte, et donc de la nichée, ou plutôt sur la taille des œufs ou bien n'y a-t-il pas de compromis entre la taille de ponte et la taille des œufs ?).
- Le volume des œufs en fonction de la date de ponte, (y'a-t-il une régression saisonnière de la taille des œufs de guifette comme chez la plupart des espèces aviaires ?
- Le volume des œufs en fonction de l'année (la stratégie de reproduction varie-t-elle selon les conditions environnementales propres à chaque année ? les reproducteurs optent-ils certaines années pour une taille de ponte réduite, avec de gros œufs, ou bien la taille de ponte est-elle plus grande avec ou non une incidence sur la taille des œufs ?
- Le volume des œufs en fonction de l'emplacement des nids par rapport à la berge du lac ? (les nids occupant le centre de la colonie contiennent-ils les plus gros œufs par rapport à ceux situés en périphérie ?).

III.2.2 Méthode

En 2005, nous avons réalisé une série de mesures (longueur, largeur et poids) portant sur 238 œufs appartenant à 89 nids, dans différents patchs de la colonie et à de différentes périodes en relevant la date de ponte et la grandeur de ponte de chaque nid. Nous avons tenu compte de la position du nid au niveau des patchs ainsi que la distance qui le sépare de la rive du lac.

Pour les mensurations des œufs, nous avons utilisé, un pied à coulisse et un peson de 30g. Les mesures ont été prises entre le premier et le cinquième jour de la ponte et nous avons disposé des données des mesures de 70 œufs réalisées en 1996, pour avoir les différences inter-annuelles.

Le volume est calculé à partir des volumes moyens, pour chacune des pontes en utilisant l'équation développée par (Coulson 1963), $EV(cm^3) = k \cdot L \cdot B^2$ où EV est le volume, L est la



longueur et B représente la largeur de l'œuf et la constante K (**Hoyt 1979**). Cette dernière a été estimée pour la guifette à 0,0004866.

Les données ont été analysées à l'aide de différents modèles de l'analyse de variance (ANOVA) et de corrélations, effectuées avec l'application des logiciels : **R 2.6.0** et **Minitab** et pour certains graphes nous avons utilisé **Excel**.

III.3 Etude de la reproduction

III.3.1 Paramètres de la reproduction

Les regroupements sociaux des animaux peuvent se concevoir comme des stratégies, adoptées par les individus afin de remplir au mieux "l'objectif" biologique de la reproduction et dont les avantages sont multiples, la stimulation sociale, la vigilance collective, la détection précoce et la défense collective contre les prédateurs.

Les meilleurs producteurs occupent en général, les meilleurs emplacements pour leurs nids et pondent les premiers, et ont un succès de la reproduction plus élevés que chez les retardataires. La régression saisonnière, semble être universelle chez les oiseaux des régions tempérées, arctiques et antarctiques (**Steeger 1989**).

La guifette moustac, fait partie des espèces coloniales, sa philopatrie est confirmée au niveau du lac Tonga, par son occupation du site, connue de mémoire d'homme et ce malgré son erratisme et son instabilité en Europe (**Trotignon et al. 1994 ; Cézilly et Hafner 1995**).

Hormis les avantages sus-cités de la colonialité pour les populations aviaires, la fidélité au site, permet aux oiseaux de démarrer rapidement leur reproduction en évitant la perte de temps liée à la sélection du site de reproduction et donc maximiser le rendement de reproduction. **Balkiz (2006)** évoque l'effet 'mémoire' chez les oiseaux.

- Il est connu que la colonialité induit un processus conduisant à concentrer les individus expérimentés sur les bons sites et de ce fait, le choix du support des nids, leur emplacement au sein de la colonie de guifettes et leur éloignement de la berge ont-ils un effet sur les performances reproductrices de l'espèce ?



- La colonialité permet la sélection des individus qui pondent tôt dans la saison et contre-sélectionne les retardataires. Est ce que la population algérienne affiche une réduction saisonnière de la nichée ? et à travers la réduction de la taille de ponte y'a t-il une baisse du succès reproducteur au cours de la saison ?
- L'espèce niche régulièrement au niveau du lac Tonga et les sites réputés stables pour une espèce sont considérés comme étant des sites de bonne qualité et où le succès reproducteur constitue un bon indice. qu'en est-il du succès reproducteur de la population du lac Tonga ? ce paramètre a t'il varié depuis 1996 ? et quelle en est la tendance ?
- Le lac Tonga est situé à la limite sud de l'aire de reproduction de l'espèce et de ce fait les conditions environnementales sont supposées moins favorables par rapport à celles rencontrées au centre de l'aire auxquelles l'espèce est fondamentalement adaptée. Cette marginalité a t-elle un effet négatif sur les performantes reproductrices de l'espèce ?

III.3.2 Méthode

Le suivi de cette espèce a été entrepris en 2005 où nous avons réalisé le suivi de **302** nids et nous avons disposé des données de 1996 et 1997.

L'analyse a été réalisée, sur 686 nids contenant 1770 œufs (**Tab.2**) et le suivi a nécessité des incursions dans le lac moyennant une barque à fond plat actionnée par des perches. Ces incursions sont effectuées toutes les 48 heures et duraient en moyenne, cinq heures, ce qui nous a permis de suivre les unités de reproduction, durant toutes les phases de la saison.

En effet, l'observation à partir des berges à l'aide d'un télescope, nous a permis de déceler le début de la nidification, indiquée par le transport des matériaux de construction.

Le suivi de la colonie pendant la reproduction n'est pas une affaire aisée vu, la difficulté d'accès à la zone de reproduction, résultant d'une part, de la densité de la végétation, notamment les grandes plages de nénuphar et d'autre part, de la proximité des nids les uns des autres et donc le risque de destruction des nids par la barque.



Pour être efficace sans pour autant causer des dommages aux nids, nous avons pris des précautions nécessaires, en accédant aux différents patchs de nids, avec l'aide d'un percheur expérimenté.

Tableau 2 : Nombre de nids étudiés par saison

Année	Îlots occupés	Nombre total de nids	Îlots suivis	Nids suivis
1996	17	402	5	169
1997	18	445	5	215
2005	27	407	24	302

Nous avons noté pour chaque nid, la date de ponte, la taille de ponte, la durée d'incubation qui commence chez cette espèce à partir de la ponte du premier œuf (**obs. pers.**), jusqu'à l'éclosion. Nous avons calculé le succès moyen à l'éclosion qui représente le nombre d'œufs éclos sur le nombre d'œufs pondus, les nids contenant 1 œuf, ont été pris en compte, puisque certains ont éclos.

Les analyses statistiques nous permettront de mettre en évidence, l'existence de relations entre : les paramètres sus-cités et l'emplacement des nids dans la colonie, la distance par rapport à la berge et les différences inter-annuelles pour chacun des paramètres.

Pour toutes les analyses, nous avons utilisé le logiciel **R .2.6.0** et **Excel** pour réaliser certains graphes.

I Présentation de l'espèce

I.1 Description de l'espèce

La Guifette moustac est plus grande que les autres guifettes. Elle mesure 23 à 25 cm de la tête à la queue avec une envergure de 70 à 75 cm et un poids de 80 à 85 g (**Cramp et al. 1985 ; Heinzl et al. 1972**). Le bec est aussi long que la tête, les ailes sont larges et la queue est fourchue (**Photo 1**).



Photo 1 : Aquarelle de Guifette moustac adulte en plumage nuptiale
(S. Nicolle : Natura 2000, Commission Européenne)

Elle ne présente pas de dimorphisme sexuel détectable, cependant, **Latraube (2005)**, décrit des caractéristiques différenciant les mâles des femelles. Les mâles ont un bec plus fort et plus court que celui de leur partenaires, quant à la tête, celle du mâle est plus carrée que celle de la femelle. Un autre détail c'est l'attitude de soumission des femelles pendant la parade.

Selon **Dostine et Morton (1989)**, les mâles sont significativement plus grands que les femelles. Par contre, il n'existe aucun critère d'identification du sexe des oiseaux en vol. En hiver, le plumage des adultes est gris avec un front blanc, une calotte tachetée de noir, une petite tâche à côté du cou, un bec noir et des pattes rouges (**Alström 1989**).

En période nuptiale le plumage est très clair, le dessus du corps devient gris bleuâtre alors que le dessous est gris sombre contrastant avec le blanc des joues. Le dessous des ailes et les sous caudales sont blancs. Le bec et les pattes deviennent rouges vifs alors que la calotte est noire (**Photo 1**).

Chez les jeunes, le dos est brun moucheté, contrastant avec des ailes pâles. Le front est blanchâtre avec un petit sourcil pâle sous la calotte rayée, qui devient noire à l'arrière de la tête. Les joues sont noires, la nuque et le croupion sont gris, le dessous est blanc et le bec est noir (**Photo 2**).



Photo 2 : Poussins de guifette (Cliché : Bakaria 2006)

La longévité chez cette espèce est de 10 ans (www.oiseau.net 2005), cependant, les résultats du baguage réalisé en France, donnent une longévité excédant les dix ans (**Latraube 2006**).

I.2 Systématique et distribution

I.2.1 Systématique et distribution mondiale de l'espèce

Le nom de la Guifette moustac, est officiellement devenu *Chlidonias hybrida* (Pallas, 1811) (**David et Gosselin 2002 ; Sangster et al. 2005**), il a remplacé *Chlidonias hybridus* (**Mees 1977 ; Sibley et Monroe 1990 ; Knox et al. 2002**).



L'espèce appartient à l'ordre des Lariformes Charadriiformes, la famille des Sternidae et au genre *Chlidonias* avec deux autres espèces, la Guifette noire *Chlidonias niger* et la Guifette leucoptère *Chlidonias leucopterus*.

La Guifette moustac est représentée par plusieurs sous espèces (**Del Hoyo et al. 1996**), ces sous-espèces sont distribuées comme suit :

- La sous-espèce *Chlidonias hybrida hybrida* est cantonnée en Afrique du Nord, en Europe de l'ouest, en Russie occidentale et centrale, jusqu'au Kazakhstan, les quartiers d'hivernage sont situés en Afrique et au sud-ouest de l'Asie.
- **La sous-espèce *C. h. swinhoi*** est localisée au nord de la Mongolie, Chine de l'est et au sud-ouest de l'Asie.
- **La sous-espèce *C. h. indicus*** se répartie de l'est de l'Iran au Pakistan jusqu'au nord de l'Inde.
- **La sous-espèce *C. h. javanicus*** se trouve au nord de l'Inde et probablement au Sri Lanka et hiverne en Malaisie et en Indonésie.
- **La sous-espèce *C. h. sclateri* ou *delalandii***, se trouve en Afrique australe (Afrique du Sud, Kenya et Madagascar).
- **La sous espèce *C.h. fluviatilis***, se reproduit en Australie et hiverne au nord de la Guinée et à l'est de l'Indonésie.

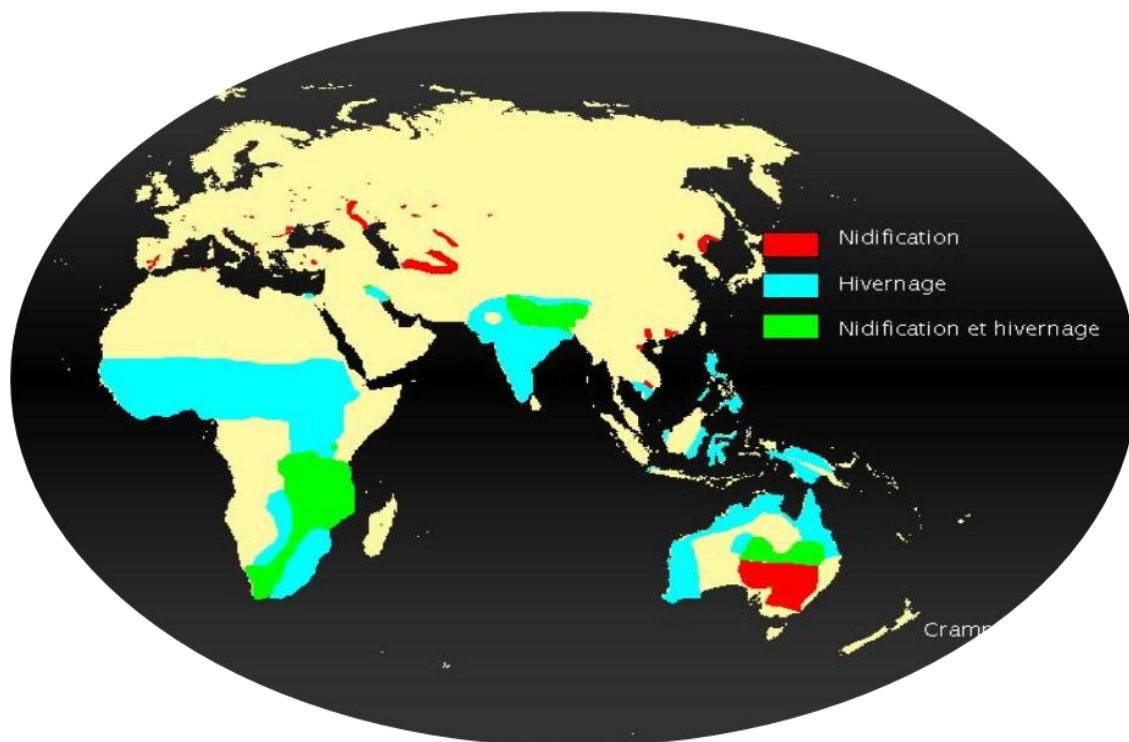


Figure 1 : Distribution mondiale de l'espèce *Chlidonias hybrida*
(Cramp, 1985)

I.2.2 Reproduction, hivernage et mouvements migratoires de la sous-espèce *Chlidonias hybrida hybrida*

I.2.2.1 Aire de reproduction

La guifette moustac *Chlidonias h. hybrida* se reproduit sous les latitudes moyennes et tempérées du Paléarctique Occidental : Europe de l'Ouest et Centrale, Proche et Moyen-Orient, marginalement en Afrique du Nord, à l'est jusqu'à la Russie Occidentale et le Kazakhstan (<http://www.migration.net>).

En Europe, le quart des sites de nidification de la Guifette en Europe, sont principalement en Roumanie, dans les steppes de l'Ukraine et de la Russie (Mees 1979 ; Von Blottzheim et Bauer ; Ilyichev et Zubakin, in Tomialojc 1994 ; Cramp et al. 1985) (Fig.2).

Elle niche dans l'ouest de la France, en Espagne, au Portugal et en Italie. Ses limites d'aire s'avèrent assez instables et des cas de nidification, ou des tentatives, ont déjà été signalés en Autriche, ex Tchécoslovaquie, ex Allemagne de l'ouest, en Pologne, en Belgique et aux Pays bas.

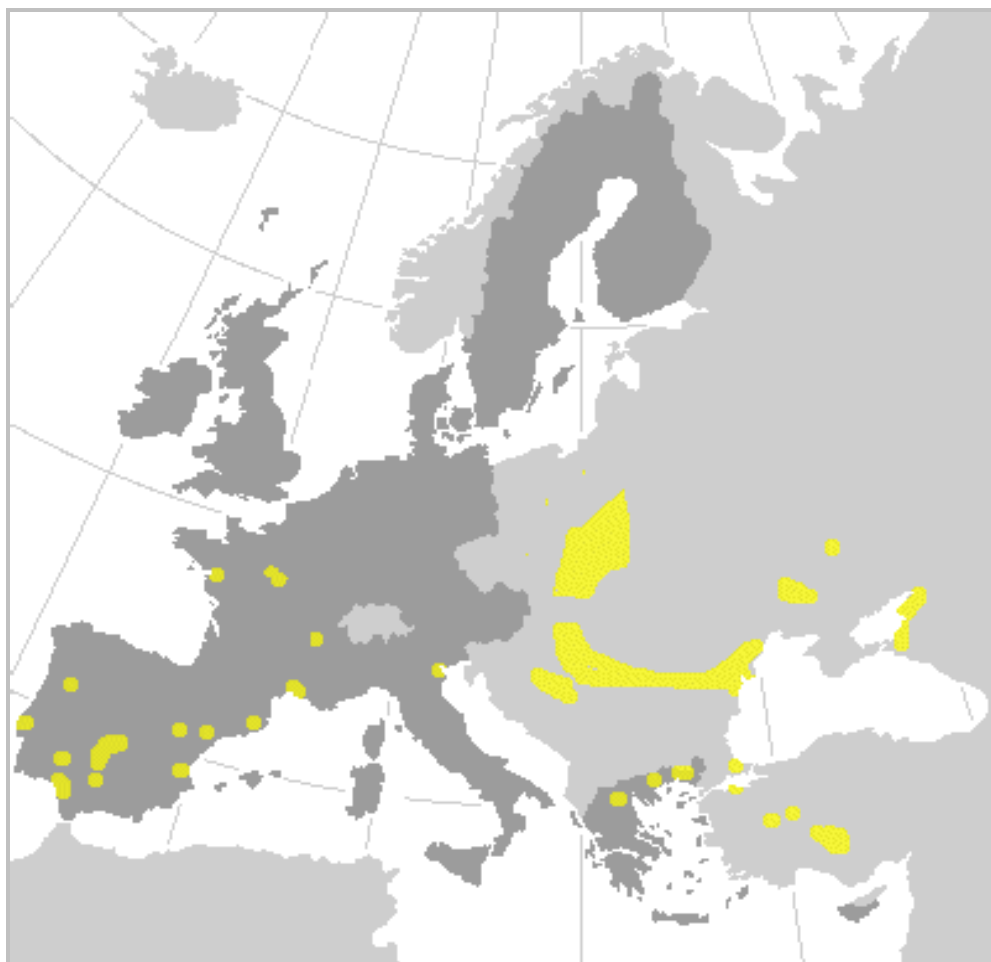


Figure 2 : Aire de reproduction de la sous-espèce *C. h. h.* en Europe
(Site Natura 2000 de la Commission Européenne 2007)

En Afrique du Nord, la guifette moustac a niché de façon certaine au Maroc, à Ras El Douara et Sidi Ben Mansour, maintenant drainés (**de Balzac et Mayaud 1962 ; Mees 1977**). Elle a aussi niché plus au sud à Iriki, Robin 1965, *in* **Mees (1979)**.

En Tunisie, l'espèce aurait niché en petites colonies au Nord et au centre (**De Balzac et Mayaud 1962**) mais selon **Mees (1977)**, ces données restent peu certaines.



En Algérie, **de Balzac et Mayaud (1962)** supposent qu'il pouvait y avoir deux colonies qui subsistent probablement près d'El Kala. 11 individus puis 25 ont été observés en mai au lac Oubeira (**Van Dijk et Ledant 1983**). Elle est confirmée nicheuse régulière dans le Parc National d'El Kala au niveau du lac Tonga (**Rizi 1994 ; Bakaria 2002 ; Bakaria et al. 2002 ; 2009**) alors que jusqu'en 1998, l'espèce n'était pas mentionnée pour l'Afrique du Nord, dans la synthèse de **Snow et Perrins (1998)**.

I.2.2.2 Hivernage et mouvements migratoires

Les régions d'hivernage de la population européenne du sud-ouest se situent en Afrique tropicale de l'Ouest jusqu'au Nord du Zaïre tandis que la population de l'Europe orientale hiverne probablement au Soudan, Ethiopie et au Sud jusqu'au Kenya.

Un petit nombre hiverne déjà en Méditerranée (**Mees 1979**), particulièrement en Espagne (Erard et Viellard, *in* **Cramp et Simmons 1985**), en Algérie (**Cramp et al. 1985**), en Tunisie (Isenmann 1972d *in* **Cramp et Simmons 1985**) et également en Camargue (France).

Cependant, Morel et Roux *in* **Cramp et al. (1985)**, rapportent que la plupart des oiseaux de l'Europe de l'Ouest hivernent au Ghana, leur voie de migration n'est pas bien connue. Selon les reprises faites par la CRBPO (Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux), les guifettes d'Europe de l'Ouest hivernent au Ghana et au Sénégal (**Latraube 2006**) (**Fig.3**).

L'hivernage de la Guifette moustac dans les zones inondées du lac Tchad, suggère une migration trans-saharienne jusqu'au Tchad central à partir de la mi-août à la fin septembre alors que la migration printanière est marquée par l'observation d'un grand nombre d'individus au Nord-Ouest du Maroc à la mi-avril (**Cramp et Simmons et al. 1985**).

La distance des reprises à l'étranger varie entre 570 km et 4123 km (**Fig. 3**). Certains oiseaux ont effectué plusieurs fois le trajet migratoire entre leur site de reproduction et celui d'hivernage.

Selon **Mees (1979)**, les oiseaux restent probablement dans leurs quartiers d'hivernage le premier été, puis retournent à l'âge de deux ans pour se reproduire. Cependant, la reproduction est possible dès l'âge d'un an (**Latraube, 2006**).

La migration du printemps du Paléarctique occidental s'étend de mars à mai (surtout en avril) et la migration automnale de fin juillet jusqu'à la fin octobre (**Cramp et Simmons, 1985**).

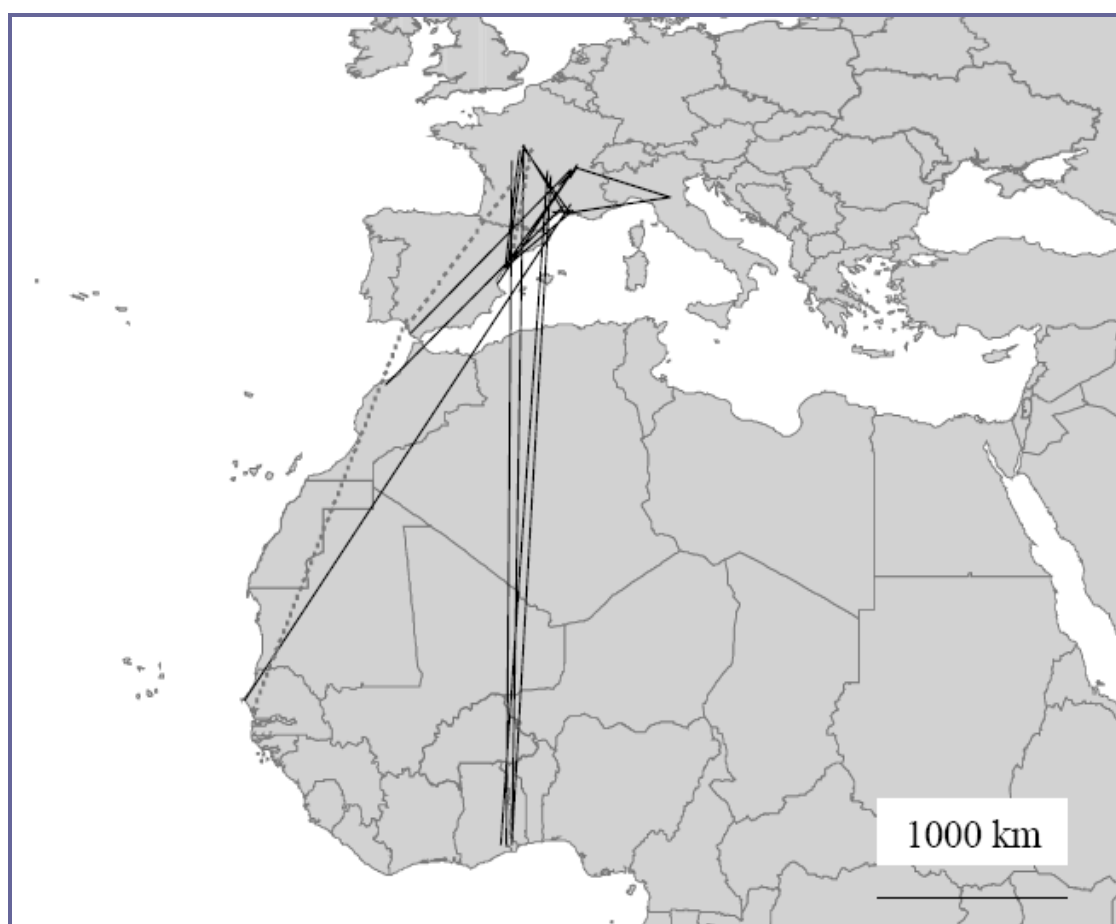


Figure 3 : Voies de migration de l'espèce par baguage et recapture
(**Latraube, 2006**)

I.3 Ecologie de l'espèce

En général, la Guifette moustac se reproduit à basse altitude, mais elle peut parfois s'installer à haute altitude, 2000 m en Arménie, 1500 m en Inde et 1280 m à Madagascar.



Elle fréquente aussi bien les eaux stagnantes que courantes (**Cramp et al. 1985**) et se reproduit préférentiellement dans des lacs d'eau claire, parfois dans des marais (Dementiev et Gladkoven, *in* **Cramp 1985**), ayant une profondeur variant de 15 à 150 cm et communément de 60 à 80 cm (Bourke, Borodulina, et Kapocsy, *in* **Cramp et al. 1985 ; Swift 1960**).

Elle peut s'installer à 50 m de la berge (comme en Camargue, France) et peut occuper des sites artificiels comme les bassins d'élevage de poissons (**Cramp et al. 1985**). En Italie, par exemple la population entière de quatre cent couples reproducteurs, utilise des sites artificiels (**Fasola 1986**).

Les guifettes s'alimentent jusqu'à quatre kilomètres de la colonie et le plus souvent dans un rayon de 2,5 kilomètres (**Swift 1960**), en général seules ou en petits groupes et parfois avec d'autres espèces, telles que la mouette rieuse *Larus ridibundus*, en Hongrie (**Cramp et al. 1985**).

En migration et dans les quartiers d'hivernage, en Afrique de l'Est, elles sont souvent mélangées avec d'autres Sternidés et avec Sternidés et Laridés (Mouettes et Goélands) notamment la Guifette noire (*Chlidonias niger*) et la Guifette leucoptère *Chlidonias leucopterus* et moins souvent avec la Sterne pierregarin *Sterna hirundo* au Zaïre (**Cramp et al. 1985**).

I.4 Tendances des effectifs

La Guifette moustac est une espèce très mobile et l'estimation des effectifs reste très difficile (**Mees 1976 et 1979 ; Tomialojc 1994 et Trotignon et al. 1994**).

La population globale de guifettes moustacs, est estimée à 300 000 à 1 500 000 individus (**Wetlands International 2006**).

La population nicheuse européenne compte moins de 87 000 couples, dont 24 500 à 29 500 hors Russie et Turquie. Elle a subi une régression modérée de 1970 à 1990, puis les effectifs se sont stabilisés durant la période 1990-2000, fluctuant toutefois fortement et sans atteindre pour autant les niveaux ayant précédé son déclin.

Les bastions de l'espèce, abritant plus de 5 000 couples, sont plutôt orientaux : Russie (10 000 à 25 000 couples), Ukraine (5 000 à 8 500 couples) et Roumanie (8 000 à 12 000 couples). (*BirdLife International* 2004) (Fig.4).

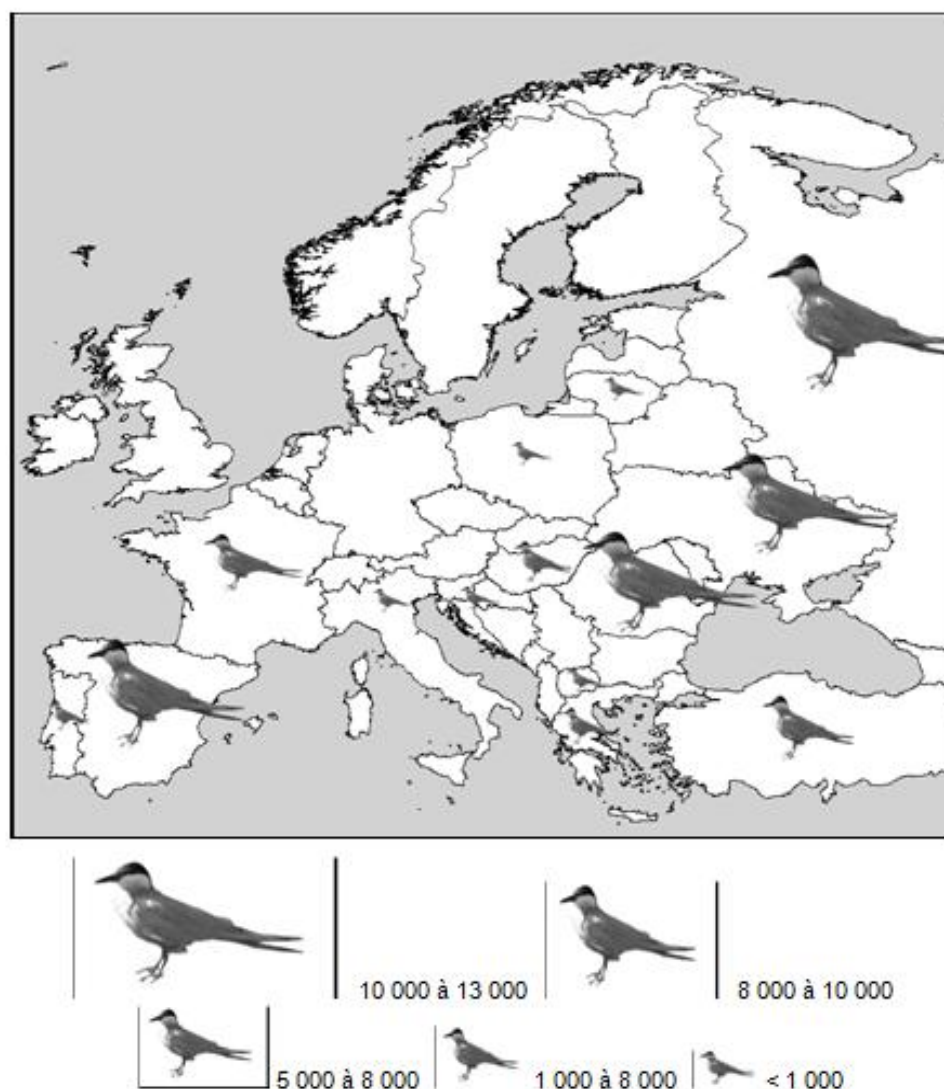


Figure 4 : Répartition des effectifs en nombre de couples de Guifette moustac en Europe
(d'après Heath et al. 2000, BirdLife International/ in *Latraube*, 2006)

En Algérie, l'espèce, connaît une grande stabilité au niveau lac Tonga. Il n'existe cependant pas de données régulières sur les effectifs et une estimation sommaire donne des effectifs l'ordre de 1 200 à 1 500 individus (**obs. pers.**).

I Caractéristiques des nids

I.1 Description des matériaux utilisés dans la construction des nids

Les nids de la plupart des oiseaux d'eau sont largement influencés par la fluctuation des niveaux d'eau de telle façon qu'une élévation du niveau d'eau peut détruire la majorité des nids. Le vent peut également provoquer des dégâts considérables (**Elkins 1983**).

Parmi les nids les plus exposés, on trouve ceux des guifettes moustacs qui sont selon **Lomont (1945)**, des radeaux flottants à découvert, retenus seulement de la dérive par les plantes dressées ou le tapis de renoncules sur lequel ils sont posés. **Etchecopar (1984)** et **Geroudet (1988)**, rapportent que la structure lâche des nids de la guifette moustac et leur situation exposée, sont telles que la moindre bourrasque ou la montée un peu trop rapide des eaux peut les détruire.

Les nids, sont construits sur les feuilles de nénuphars, qui constituent le support idéal (**Photos 5-7**), bien qu'en 2006, nous avons trouvé des nids posés sur des plantes hydrophytes qui commençaient à émerger après la baisse du niveau de l'eau vers la fin de la saison de reproduction.

La plate-forme du nid, est composée de matériaux rigides permettant d'un côté, la flottaison des nids (en cas de remontée des eaux), qui mettent du temps pour se désagréger et qui supportent l'effet du poids des conjoints, ces matériaux sont disponibles et abondants au niveau du lac comme le scirpes (jonc des chaisiers), le phragmite (roseau commun ou sagne) *Phragmites australis* et le rubanier d'eau *Sparganium erectum*.

Pour la coupe des nids, les guifettes utilisent des plantes aquatiques souples telles que le millefeuille aquatique (ou volant d'eau) *Myriophyllum verticillatum*, le potamot à feuilles larges (luisant) *Potamogeton lucens*, le potamot pectiné (à feuilles de peigne) *Potamogeton pectinatus*, des petits morceaux de feuilles de nénuphar blanc *Nymphaea alba*, la renouée amphibie *Polygonum amphibium*, le Cornifle immergé *Ceratophyllum demersum*. Ces plantes s'enroulent facilement formant ainsi la coupe du nid qui reçoit la ponte.



Photos (6 a-c): Nids de guifette moustac

(Clichés : Bakaria 1996 et 2005)

I.2 Fréquences des plantes dans les nids

I.2.1 Fréquences des plantes dans les nids pour l'ensemble des années d'étude

Le nombre de présence d'une plante dans les nids, sans tenir compte de sa proportion dans le volume du nid, pour les saisons d'étude rassemblées selon l'échelle établie par **Dajoz (1985)**.

L'espèce constante, présente dans plus de 50 nids, est le jonc des chaisiers *Scirpus lacustris*, c'est la plus utilisée dans la construction des nids, elle est présente dans 206 nids sur les 263 nids suivis (78. 32%).

Les espèces accessoires, présentes dans 25 à 50 % du nombre total des nids, sont représentées par le myriophylle *Myriophyllum verticillatum*, présent dans 129 nids (49.05%) et le potamo luisant *Potamogeton lucens*, dans 115 nids (43.72%).

Les espèces accidentelles (présentes dans moins de 25% des nids), sont : le cornifle immergé *Ceratophyllum demersum* présent dans 55 nids (20.91%), le roseau commun *Phragmites australis*, dans 50 nids (19.01%), le nénuphar blanc *Nymphaea alba* et le potamo pectiné *Potamogeton pectinatus* présents respectivement dans 28 nids (10.64%) et 27 nids (10.26%).

Enfin le rubanier d'eau *Sparganium erectum* et la renouée amphibie *Polygonum amphibium*, présents dans moins de dix nids sont très accidentelles (**Fi g.11**).

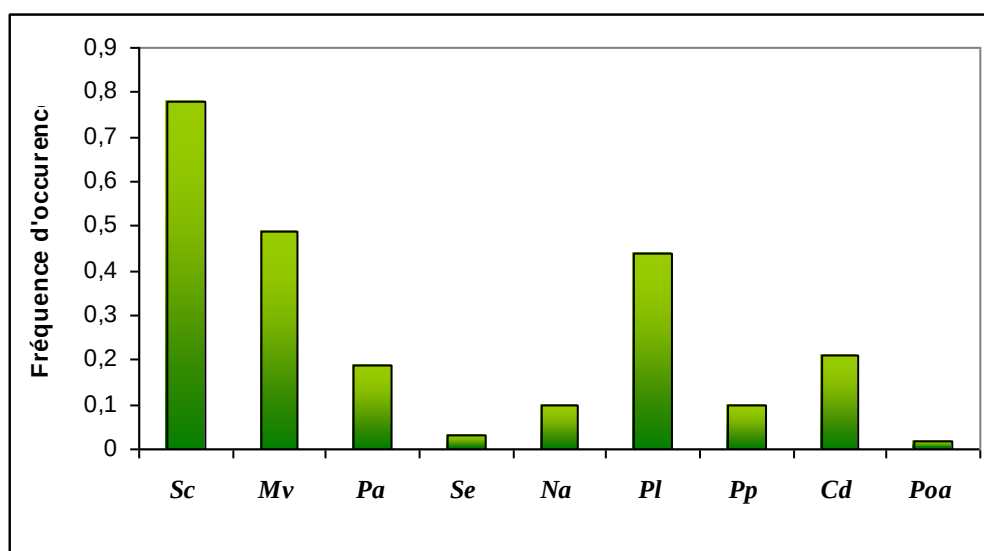


Figure 11 : Fréquence d'occurrence des plantes dans les nids (n=263)

Légende : **Sc:** *Scirpus lacustris* **Mv:** *Myriophyllum verticillatum* **Pa:** *Phragmites australis* **Se :** *Sparganium erectum* **Na:** *Nymphaea alba* **Pl :** *Potamogeton lucens* **Pp :** *Potamogeton pectinatus* **Cd :** *Ceratophyllum demersum* **Poa :** *Polygonum amphibium*

I.2.2 Fréquences des plantes dans les nids pour chacune des années d'étude

Si l'on considère le nombre de présence des plantes pour chacune des années, les différences sont notables (**Fig.12**).

En effet, les guifettes ont utilisé différemment les plantes. Le scirpe et le myriophylle étaient présents dans la plupart des nids, pour les trois années et à moindre échelle le potamo luisant, viennent après le potamo pectiné, le nénuphar blanc et le cératophylle, le phragmite n'a été

utilisé qu'accessoirement en 1996, le sparganier est peu utilisé et même absent en 2006 et enfin le polygonum n'a été utilisé qu'en 1996.

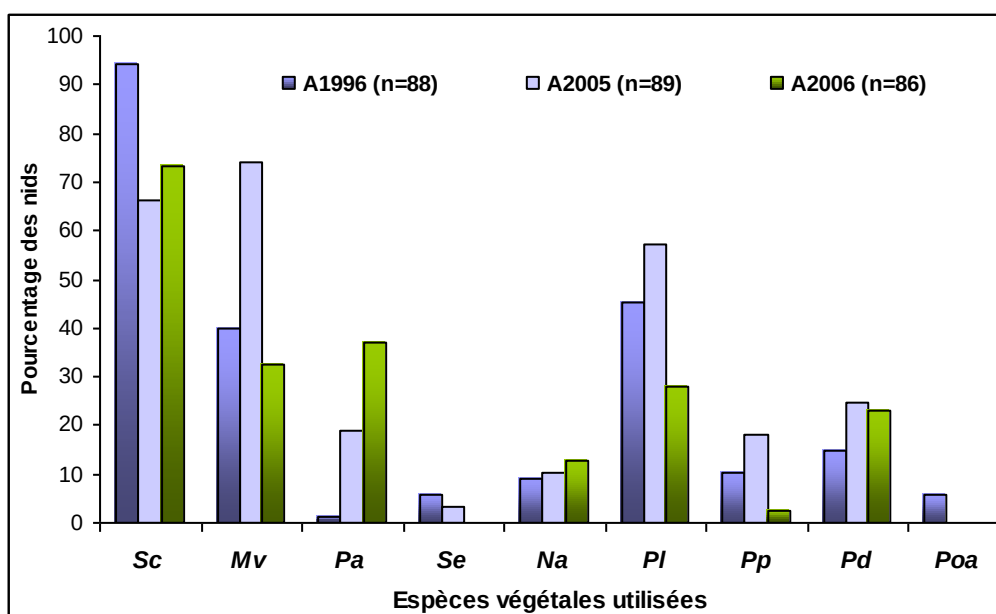


Figure 12 : Fréquences annuelles des plantes

Légende : *Sc* : *Scirpus lacustris* *Mv* : *Myriophyllum verticillatum* *Pa* : *Phragmites australis* *Se* : *Sparganium erectum* *Na* : *Nymphaea alba* *Pl* : *Potamogeton lucens* *Pp* : *Potamogeton pectinatus* *Cd* : *Ceratophyllum demersum* *Poa* : *Polygonum amphibium*

I.3 Position des nids dans les patchs de nénuphars

I.3.1 Variations annuelles des positions des nids

Les nids construits à la périphérie des îlots de nénuphars sont les plus nombreux suivis par ceux, occupant le centre des îlots et enfin les nids posés sur l'eau sont les moins nombreux (Fig.13).

Les guifettes ont tendance à changer d'emplacement de leurs nids, privilégiant de plus en plus la périphérie des îlots de nénuphars et parfois sur les végétaux à même la surface de l'eau (uniquement pour l'année 2006).

En effet, en 1996, sur 88 nids 36 (40.9%) sont au centre des îlots de nénuphars et 52 nids (59.1%) sur les feuilles de nénuphars situées en périphérie des îlots.

En 2005, 6 nids (6.74%) sont construits au centre des patchs et 83 (93.26%) à la périphérie de ceux-ci.

En 2006, 2 nids (2.32%) au centre, 74 (86.04%) en périphérie et pour la première fois 10 nids (11.63%), construits sur la végétation aquatique, émergentes suite à la baisse du niveau d'eau au cours de la saison (**Fig.13**).

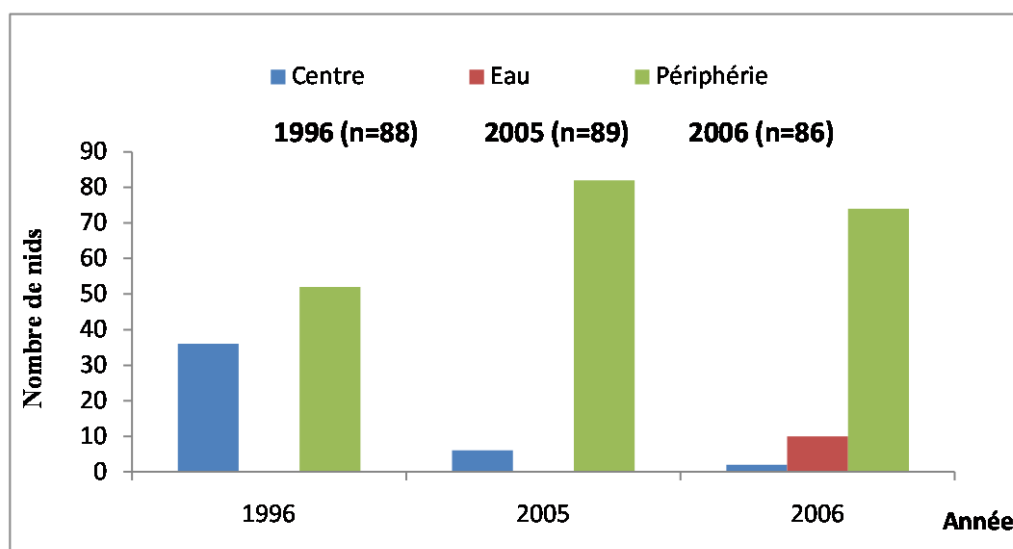


Figure 13 : Fréquences annuelles des positions des nids

I.3.2 Variations saisonnières des positions des nids

Bien que les guifettes privilégient de plus en plus la périphérie des îlots au cours des années, les Anovas des positions des nids n'affichent pas de variations au cours de la saison et ce pour les trois années.

Nous remarquons que les nids construits sur la végétation émergée à la surface de l'eau, sont installés tard dans la saison en 2006 (**Fig.14c**), ce qui coïncide avec la stabilité des conditions climatiques et donc celle du niveau d'eau.

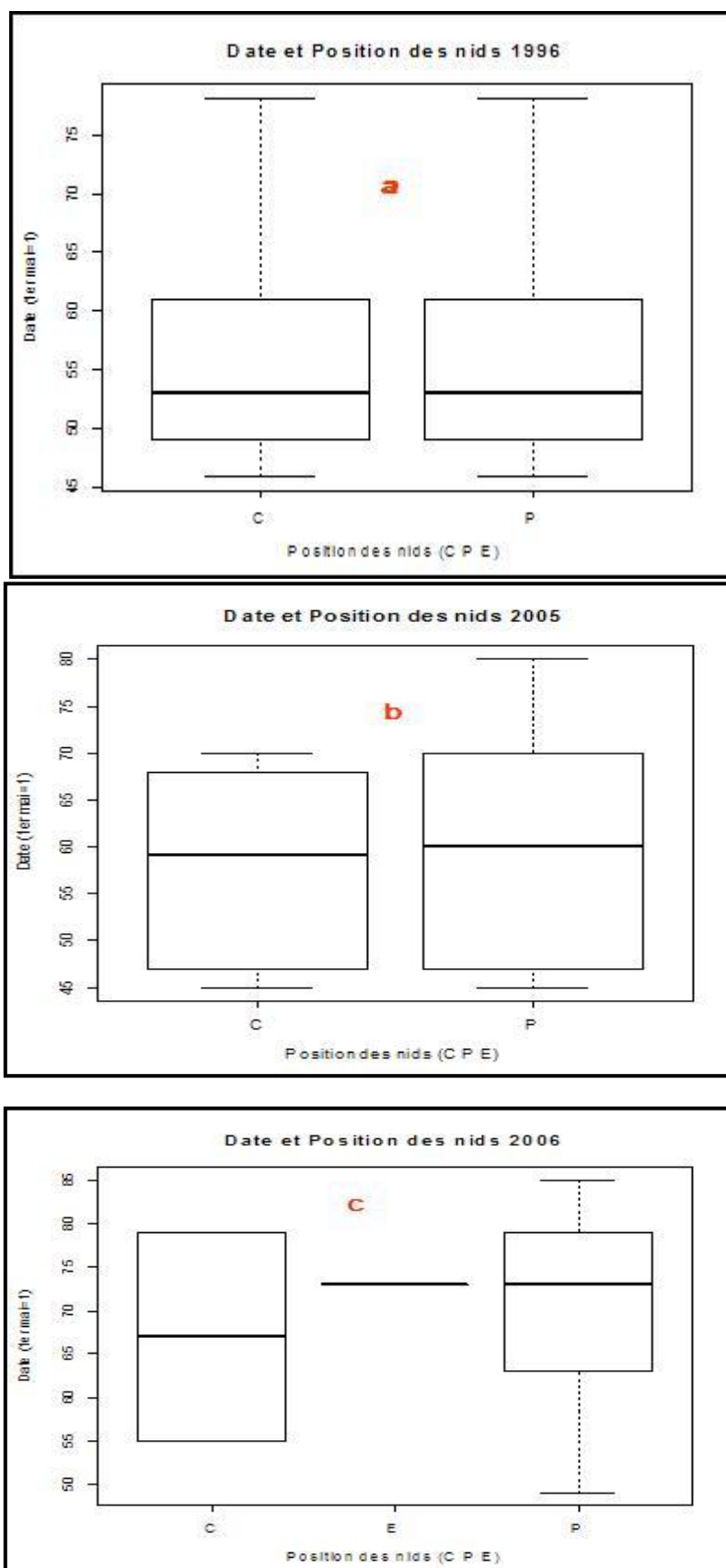


Figure 14 (a- c): Variations saisonnières des positions des nids par année

I.4 Variations de la distance des nids par rapport à la berge du lac

I.4.1 Variations annuelles de la distance des nids par rapport à la berge du lac

La distance moyenne qui sépare les nids échantillonnés, de la berge du lac a fortement augmenté au cours des années d'étude, passant de 175,5 m en 1996 à 785,5 m en 2005, et à 933,0 m en 2006, (**Tab.3**) (**Fig.15**). Toutes ces différences sont significatives (ANOVA: $F_{2,260} = 827,9$; $p < 0,00001$; test Fisher LSD).

Les changements de la structure de la végétation du lac Tonga se traduisent par des changements correspondants, de l'emplacement des sites appropriés pour la nidification.

En effet, la prolifération des nénuphars éliminant de plus en plus les surfaces d'eau libre, explique l'éloignement de la colonie vers le centre, ceci est confirmé par sa préférence pour les positions à la périphérie des patchs (interface nénuphar-eau).

Tableau 3 : Distances moyennes des nids par rapport à la berge 1996, 2005 et 2006)(n=nombre de nids)

Année	Distance par rapport à la berge (m)	Sd
1996 (n=88)	175.51 (120- 340)	13,9
2005 (n=89)	785.51 (600-1290)	13,8
2006 (n=86)	933.02 (750-1140)	14,1
3 années (n=263)	629.6 (120-1290)	353.06

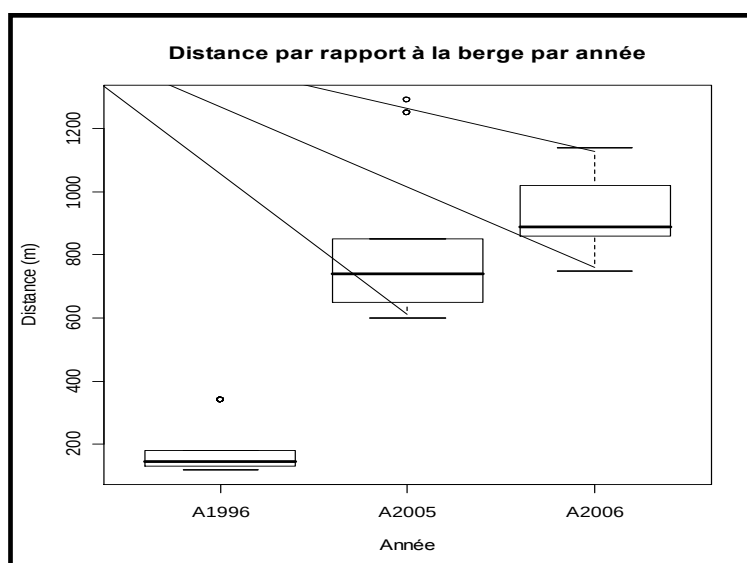


Figure 15 : Variations annuelles des distances par rapport à la berge (m)

I.4.2 Variations saisonnières de la distance des nids par rapport à la berge du lac

La distance séparant la zone de nidification de la colonie par rapport à la rive du lac a augmenté au cours de la saison de reproduction, pour les trois saisons, comme l'a montré une corrélation positive ($r = 0,77$ en 1996 ($n = 88$), $r = 0,52$ en 2005 ($n = 89$) et $r = 0,88$ en (2006 $n = 86$), dans tous les cas, $p < 0,00001$).

En somme, les îlots de nidification de la population de guifettes, sont situés, de plus en plus, loin de la berge au cours de la saison en suivant l'évolution de l'émergence des feuilles de nénuphar de la périphérie vers le centre du lac, au cours de la saison.

I.5 Distances entre nids voisins

I.5.1 Variations annuelles des distances entre nids voisins

La distance inter-nids qui constitue un paramètre traduisant la densité a également augmenté au cours des années, il est en moyenne de $129,1 \pm 10,1$ cm, $229,7 \pm 10,0$ et de $265,7 \pm 10,2$ cm, respectivement en 1996, 2005 et 2006 (**Tab.4**), (ANOVA : $F_{2, 260} = 48,96$; $p < 0,00001$, test de Fisher LSD) (**Fig.16**).



Photo 7 : Distance entre nids voisins
(Cliché : Bakaria 1996)

Tableau 4: Distances moyennes entre les nids voisins (1996, 2005 et 2006)

Année	Distance entre nids (cm)	Sd
1996 (n=88)	129.13 (40- 300)	10,1
2005 (n=89)	229.66 (60-530)	10.00
2006 (n=86)	281.74 (100-530)	10,2
3 années (n=263)	207.81 (40-530)	110.5

Au vu du graphe (**Fig.15**), une différence inter-annuelle évidente apparaît et une ANOVA très hautement significative, ($F=2,260$, $P < 2.2e-16$) comme on pouvait s'y attendre.

Le test de Tukey a déterminé que toutes les différences inter-annuelles sont très hautement significatives.

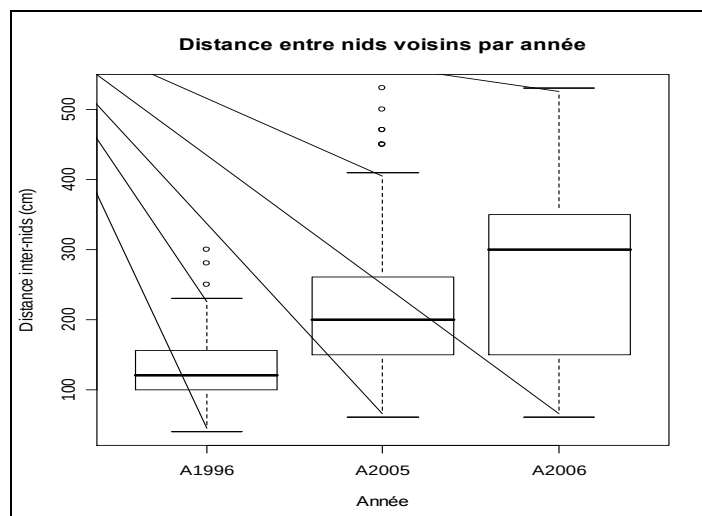


Figure 16 : Différences annuelles des distances entre nids voisins(cm)

Les nids sont deux fois plus éloignés les uns des autres en 2005 qu'en 1996 (la distance moyenne inter-nid ayant augmenté de 1 mètre (IC95% de l'augmentation de distance : [67-133cm])).

Les nids sont encore plus dispersés en 2006, la distance inter-nid avec une augmentation de 52cm. (IC95% 19-84cm] par rapport à 2005.

La dispersion des nids peut être expliquée par l'évolution de la nupharaie obligeant les guifettes à occuper les trouées d'eau disponibles loin de la berge.

I.5.2 Variations saisonnières des distances entre nids voisins

La distance entre nids voisins affiche une faible relation, avec la date pour chacune des années mais pour l'ensemble des nids, la relation est positive et significative ($r= 0,32$; $p = 0,000$, $n=263$) de telle façon que les premiers reproducteurs se rapprochent pour mieux parer à la prédation et se stimuler pour le déclenchement des pontes.

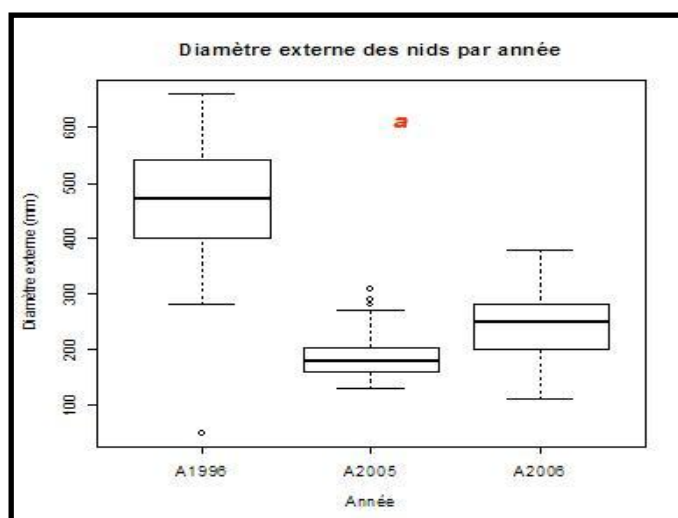
I.6 Caractères biométriques des nids

I.6.1 Variations annuelles des caractères biométriques des nids

Le diamètre externe du nid et celui de la coupe (diamètre interne du nid) étaient en moyenne deux fois, plus grand en 1996 qu'en 2005-2006. Cependant, la profondeur de la coupe montre moins de variations avec une valeur minimale en 2005 (**Fig. 17 a- c**) (**Tab.5**).

Tableau 5 : Biométrie des nids pour les années (1996,2005 et 2006) *= nombre de nids

Année	Diamètre externe (mm)	Sd	Diamètre interne (mm)	Sd	Profondeur de la coupe (mm)	Sd
1996 (n=88)*	471.93 (150-660)	88.78	138.69 (50- 21)	29.04	17.05 (5- 40)	6.00
2005 (n=89) *	187.71 (130-310)	37.51	71.30 (45-105)	12-18	12 (6-20)	2.88
2006 (n=86) *	239.07 (110-380)	63.26	62.08 (38-91)	13.42	15.79 (9-21)	3.136
3 années (n=263) *	299.2243 (50-660)	141.32	91.22 (38-210)	39.567	14.93 (5-40)	4.76



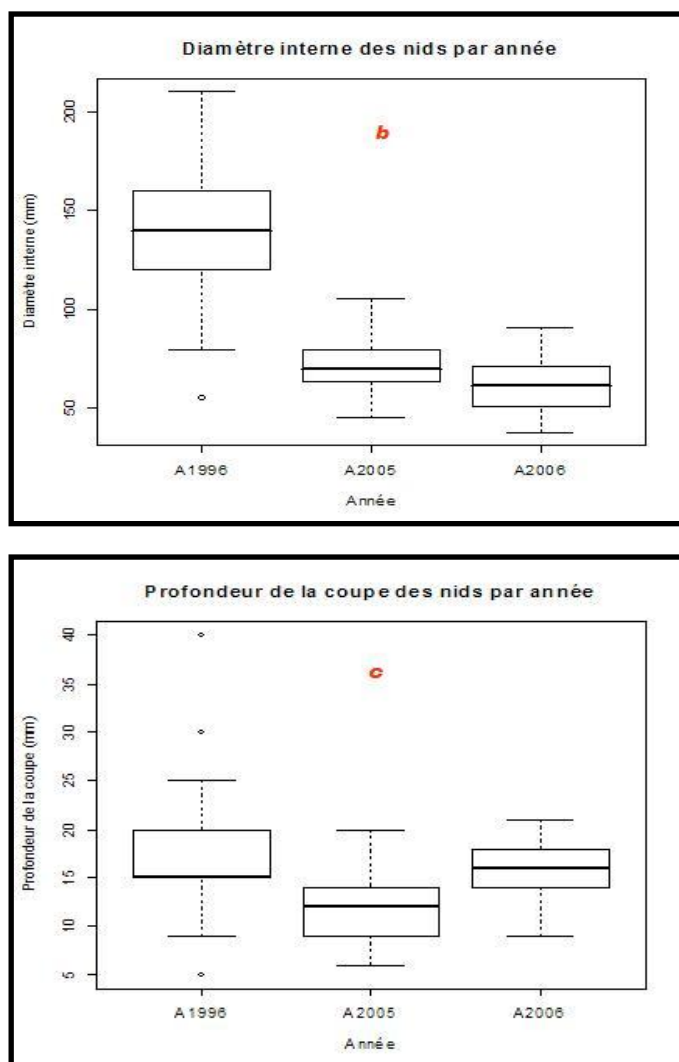


Figure 17 (a- c) : Différences annuelles des mesures biométriques nids

I.6.2 Relation entre les différents caractères biométriques des nids

Une très forte corrélation existe entre le diamètre externe de la plate-forme du nid et le diamètre interne (celui de la coupe du nid) et la profondeur de la coupe avec, respectivement ($r=0,84$ pour les diamètres interne et externe; $r=0,38$ pour le diamètre externe et la profondeur de la coupe et enfin $r=0,36$ pour la profondeur de coupe et son diamètre interne et dans tous les cas $n = 263$, $p < 0,00001$) (**Fig.18 a-c**).

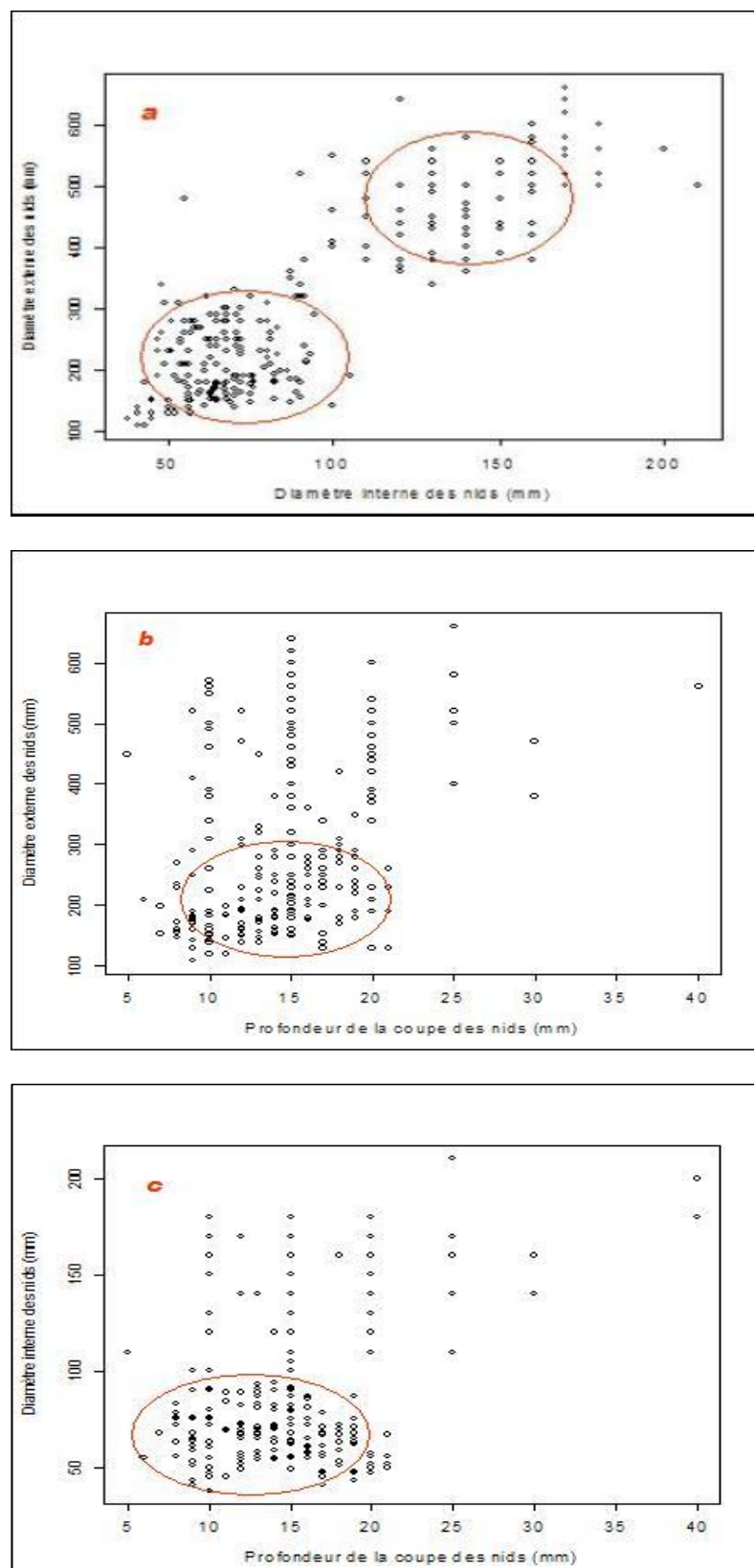


Figure 18 (a-c) : Relation entre les traits biométriques des nids

La moyenne de la distribution tri-dimensionnelles des fréquences des mensurations des nids diffère entre les années (MANOVA: $\lambda = 0,127$ Wilks, $F_{6,516} = 155,73$, $p < 0,00001$), ce qui reflète une variation inter-annuelle dans les différents traits biométriques du nid.

Ces différences sont expliquées par les changements dans les matériaux utilisés dans la construction des nids entre les deux périodes 1996-2005/2006.

I.7 Relations entre la composition des nids et leurs caractéristiques biométriques

I.7.1 Les composantes principales et les proportions des plantes

Les proportions des différentes plantes utilisées dans la construction des nids ont été utilisées pour extraire les composantes principales de la composition des nids, seules trois des composantes principales, ont été retenues (**Tab.6**) dont les valeurs propres étaient supérieures à 1 et représentaient 48,1% de la variation de la composition du nid, (**PC1**, 20,3%, **PC2**, 14,6% **PC3** et 13.2%).

Une analyse des relations entre les fréquences de certaines plantes présentes dans la construction du nid et les composantes principales, montre que les trois principales composantes reflètent un certain équilibre entre la proportion du scirpe lacustre *Scirpus lacustris* (relation négative avec les trois composantes principales) et d'autres composantes des nids (**Tab.6**).

Les composantes principales qui suivent, sont donc des indicateurs de la fréquence de ces plantes dans les nids:

- PC1 - *Potamogeton lucens* (L.),
- PC2 - *Myriophyllum verticillatum* (L.),
- PC3 - *Phragmites australis* (Cav.).

Tableau 6: Les proportions des plantes dans les nids et les composantes principales

	PC1	PC2	PC3
Espèces végétales			
<i>Scirpus lacustris</i>	-0.70	-0.47	-0.40
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	-0.01	0.99	-0.03
<i>Phragmites australis</i>	-0.03	-0.02	0.99
<i>Sparganium erectum</i>	-0.01	-0.09	-0.03
<i>Nymphaea alba</i>	-0.03	-0.03	-0.01
<i>Potamogeton lucens</i>	0.98	-0.11	-0.13
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0.01	0.10	-0.03
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0.01	0.01	0.01
<i>Polygonum amphibium</i>	-0.02	-0.02	-0.03

I.7.1.1 Les différences annuelles des composantes principales des nids

Les 3 principaux éléments des matériaux composant les nids présentent des différences entre les années (**Fig.19a-c**).

Les valeurs moyennes de la composante principale (**PC1**) sont les plus faibles pour 1996, maximale et moyenne pour l'année 2005 et pour 2006 (ANOVA: $F_{2,260} = 10,83$, $p = 0,00003$, test de Fisher LSD).

Les moyennes de l'élément principal (**PC2**) pour 1996 et 2006 étaient similaires et plus bas que pour 2005 (ANOVA: $F_{2, 260} = 22,60$, $p < 0,00001$; test Fisher LSD).

Dans le cas de la composante principale (**PC3**), la structure de la variation moyenne inter-annuelle est en augmentation (ANOVA: $F_{2, 260} = 21,84$, $p < 0,00001$; test Fisher LSD. (**Fig.19a-c**).

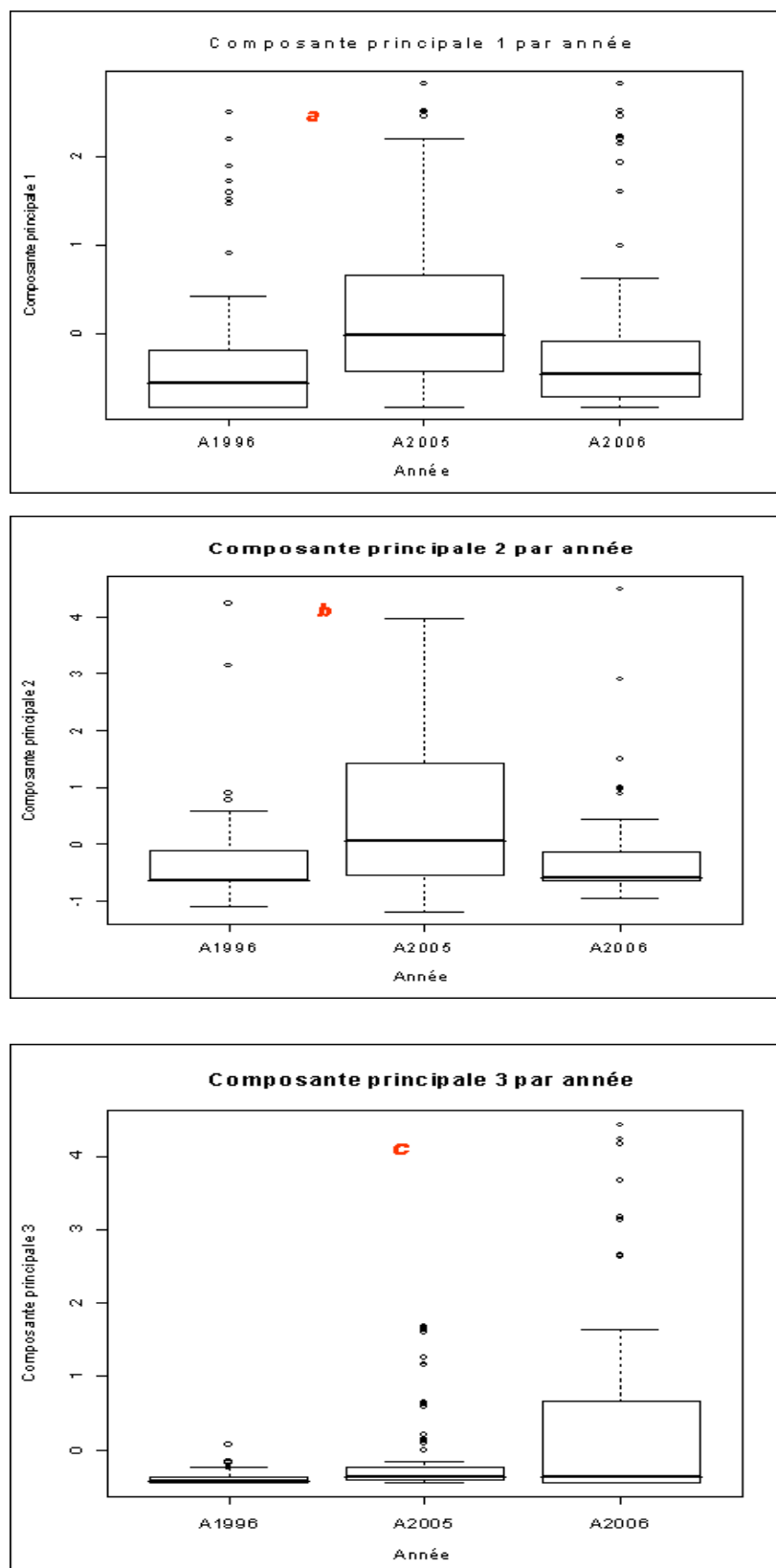


Figure 19 (a-c) : Différences annuelles des 3 éléments des nids

La variation dans les composantes principales des nids correspond aux variations d'une année à l'autre, des fréquences des plantes qui composent les nids, en particulier *Scirpus lacustris* (L.), *Myriophyllum verticillatum* (L.), *Potamogeton lucens* L. et *Phragmites australis* (Cav.) (Fig.11 et 12).

I.7.1.2 Cas des nids construits sur la surface (2006)

Les nids construits directement sur la surface de l'eau ont été exclus de ces analyses, car ils n'étaient présents qu'en 2006. Par ailleurs, ces nids avaient une moyenne plus élevée concernant la composante principale 1 par rapport aux nids construits sur des feuilles de nénuphars (au centre ou à la périphérie des îlots), ces derniers ne sont pas différents entre eux (ANOVA: $F_{2, 83} = 84,95$, $p < 0,00001$, test de Fisher LSD).

Les composantes principales des nids, (PC2) et (PC3), ne diffèrent pas entre elles pour les positions du nid (ANOVA: $F_{2, 83} = 1,27$, $p = 0,29$ et $F_{2, 83} = 1,43$, $p = 0,24$).

La composition des nids déposés à la surface de l'eau diffère des nids construits sur les feuilles de nénuphars (au centre ou à la périphérie des patches) par rapport aux plantes élastiques (souples), en particulier le *Potamogeton lucens*. Ils sont également caractérisés par une faible proportion de plantes rigides.

I.7.2 Les composantes principales des dimensions des nids

Les deux composantes principales (de la taille et de la forme), sont extraites, des dimensions des nids, afin de réduire le nombre de dimensions et de les rendre indépendantes. Les deux composantes principales représentent 94,6% (la somme des pourcentages de la variation multidimensionnelle avec PC1=69,7%, PC2=24,9%.

I.7.2.1 Les composantes principales et les dimensions des nids (sans les nids sur l'eau)

La composante principale **PC1** est fortement et positivement dépendante du diamètre externe et du diamètre de la coupe du nid $r = 0.94$ et faiblement et positivement, corrélée à la profondeur de la coupe, ce qui reflète la taille générale du nid.

La composante principale **PC2** est très fortement liée à la profondeur de la coupe du nid et en faible corrélation avec les deux diamètres (externe et interne), ce qui reflète la forme des nids (Tab.7).

Tableau 7: Dimensions linéaires des nids et les composantes principales des nids

Variables des nids	Composantes principales	
	SSPC1	SSPC2
Diamètre externe	0.94	0.20
Diamètre de la coupe du nid	0.94	0.18
Profondeur de la coupe	0.20	0.98

Nous avons constaté que non seulement la composante taille (**PC1**), mais aussi la composante forme (**PC2**) diffèrent entre les années (ANOVA: $F_{2, 250} = 498,21$, $p < 0,00001$ pour PC1 et $F_{2, 250} = 25,11$, $p < 0,00001$ pour PC2). (Excluant les nids construits sur la surface de l'eau, de cette analyse).

I.7.2.2 Cas des nids pour 2006



Photo 8 : Nid sur l'eau (Cliché : Bakaria 2006)

Pour 2006, puisqu'elle diffère des deux autres par la présence des nids sur l'eau, nous avons analysé l'effet de la position des nids sur les principales composantes de la taille et de la forme des nids. Nous avons constaté que cet effet a été significatif pour ces deux composantes (ANOVA: $F_{2, 83} = 8,48$, $p = 0,00004$ pour le PC1 et $F_{2, 83} = 17,13$, $p < 0,00001$ pour **PC2**).

L'élément principal de la taille **PC1** était le plus élevé pour les nids en position centrale, moyen pour les nids de la périphérie des patches et bas pour les nids de la surface de l'eau (test Fisher LSD) (**Fig.20**), ce qui correspond exactement aux relations univariées des dimensions entre le diamètre externe du nid et la profondeur de la coupe.

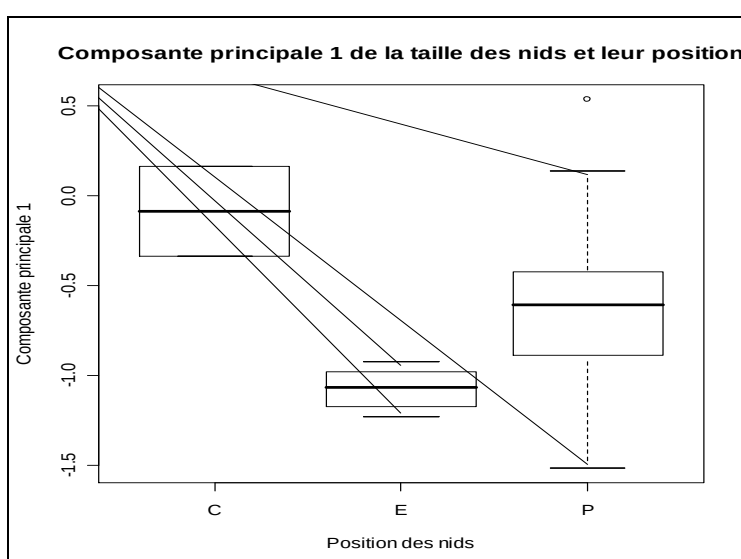


Figure 20 : Composantes principales 1 de la taille et la position des nids (1996, n=88)

Dans le cas de la forme, la composante (**PC2**), les nids du centre et de la périphérie des patches, ne sont pas différents, alors que les nids de la surface de l'eau ont montré des valeurs inférieures à celles des nids du centre (test Fisher LSD), reflétant le modèle correspondant à la profondeur de la coupe du nid (**Fig.21**).

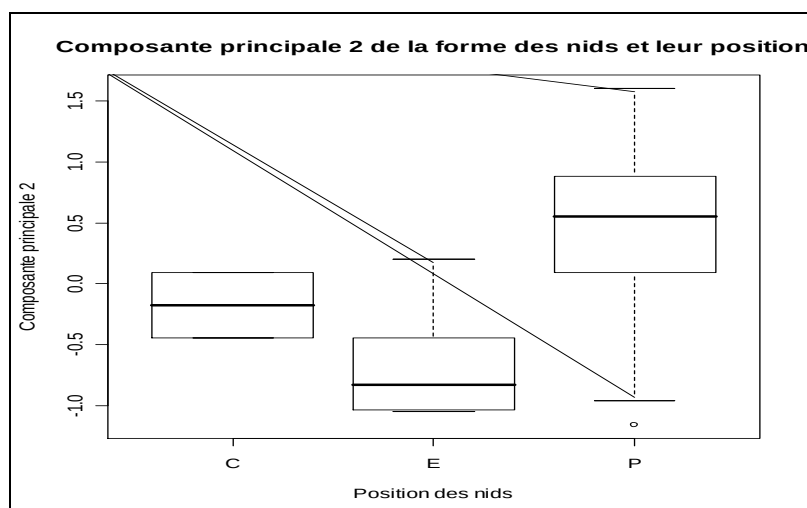


Figure 21 : Composante principale 2 (forme) et la position des nids (1996, n=88)

I.8 Relation entre les composantes principales de la composition des nids et celles de leur (taille et forme)

Les composantes principales des nids ont été légèrement, mais significativement et positivement corrélée avec les composantes principales de la taille/forme (**Tab.8**).

En terme de composition du nid, cela signifie que les nids contenant plus de scirpes *Scirpus lacustris* (L.) et peu de potamot luisant *Potamogeton lucens* (L.), ont tendance à être plus grands que les nids composés de potamots et d'autres plantes flexibles.

Ce résultat est logique du moment que les plantes flexibles sont enroulées par les guifettes pour former la coupe du nid par contre le scirpe est une plante rigide et les tiges sont juste déposées à la surface des feuilles de nénuphars et occupent donc un espace plus grand.

Tableau 8 : Coefficients de corrélation entre les composantes principales de la composition des nids (NCPC) et les composantes principales de la taille et forme des nids (SSPC); n = 263.

Composantes principales de la taille /forme	Composantes principales de la composition des nids		
	NCPC1	NCPC2	NCPC3
SSPC1 p	0.29 <0.00001	-0.24 0.00009	-0.29 <0.00001
SSPC2 p	0.17 0.006	-0.14 0.023	0.12 0.052

Chapitre III Paramètres de la reproduction

Dans ce chapitre, sont reportés les principaux descripteurs de la reproduction de l'espèce obtenus à partir du suivi des 302 nids en 2005 (date de ponte, taille de ponte et succès à l'éclosion et l'emplacement des nids par rapport à la rive du lac) avec une rétrospective pour les mêmes paramètres recueillis en 1996 (n=169) et en 1997 (n=215) à des fins comparatives.

Les guifettes arrivent dans la région à partir du mois d'avril, les premiers individus ont été observés le 2 et le 22 avril, respectivement en 1996 et 1997. En 2005, elle a été enregistrée le 9 avril avec un intervalle de ± 2 jours et le 24 avril en 2006. Ces dates, ne concernent que le site de nidification, ce qui n'exclue pas une arrivée plus précoce au niveau des autres sites humides de la région, notamment au niveau de l'estuaire de la Mafragh. L'arrivée, se fait généralement par petits groupes (**Photo10**), par la suite les effectifs augmentent progressivement. Le plus gros des effectifs est atteint en mai.



Photos 10 : Groupe de Guifettes au dessus des nids

(Clichés : Bakaria 2005)

III.1 Initiation des pontes

III.1.1 Date de ponte

Les pontes ont commencé le 17 mai et se sont étalées jusqu'au 17 juillet, soit une période de ponte de **61** jours en 2005, du 5 juin au 3 juillet, une période de ponte de 28 jours en 1996 et du 19 mai au 8 juillet, une période de ponte de **50** jours en 1997.

La plus longue période de ponte est donc enregistrée en 2005. Cette année est par ailleurs, la plus précoce pour l'initiation des pontes (17 mai) par rapport à 1996 (5 juin) et à 1997 (19 mai) (**Tab.10**).

Tableau 10 : Dates de ponte moyennes pour les années (1996,1997 et 2005) (1^{er} mai=1)

* = nombre d'œufs

Année	Nombre de nids	Date de ponte moyenne	Sd
1996	169 (440)*	15 juin (5juin - 3 juillet)	7.42
1997	215 (563)*	4 juin (19 mai – 8 juillet)	13.43
2005	302 (767)*	9 juin (17 mai – 17 juillet)	16.84
Moyenne trois années	686 (1770)*	9 juin (17 mai –17 juillet)	14.49

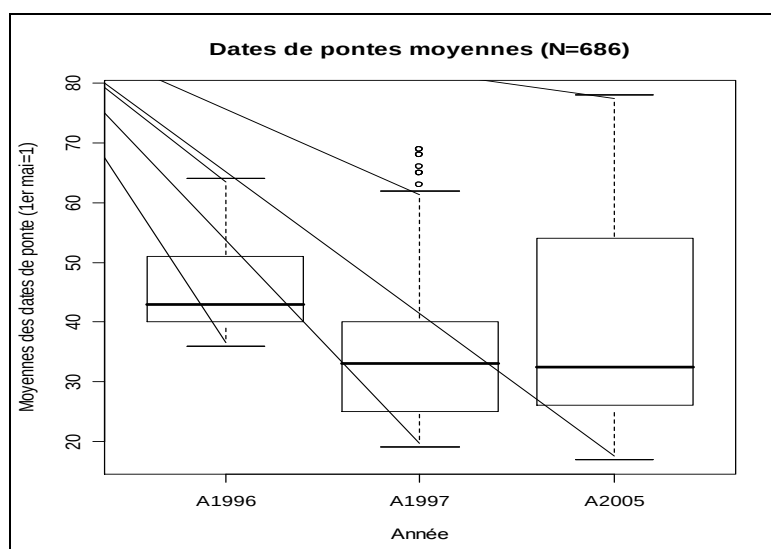


Figure 29 : Moyennes des dates de ponte pour les trois années (1^{er} mai = 1)

Il convient de préciser que l'année 1996 a connu des conditions climatiques difficiles lors de l'installation des oiseaux. En effet, les pluies enregistrées pendant la dernière décade de mai, ont mis en péril les premières pontes qui ont eu lieu à partir du 20 de ce mois, elles n'ont pas été prises en compte dans cette étude, les nouvelles pontes n'ont eu lieu que le 5 juin (**Tab.10**) (**Fig.29**), coïncidant avec la réémergence des feuilles de nénuphars.

L'ANOVA ($F=26.14$, $P=1.094e-11$), a révélé l'existence d'une grande différence inter-annuelle des dates de ponte, le test de Tukey confirme cette variation pour l'année 1996, qui diffère de manière très hautement significative des deux autres années. En effet, les pontes ont été plus précoces en 2005 et 1997 par rapport à 1996, les IC95% de ces différences de date de ponte moyenne sont [7-13.7] jours pour 1996-1997 et [2.4-8.7j] pour 1996-2005.

Il est important de signaler que les dates de ponte ne reflètent pas l'étendue complète des dates de pontes de toute la colonie pour chacune des saisons. Il s'agit de lots référentiels et les observations de terrain montrent que des pontes plus tardives ont eu lieu.

En effet, les pontes dans toute la colonie, pour les trois années, se sont étalées du 05 juin au 10 juillet en 1996 (409 nids), du 19 mai au 17 juillet en 1997 (485 nids) et du 17 mai au 22 juillet en 2005 (407 nids) ; soit, des périodes de pontes respectives de 35, 59 et 66 jours, ce qui ne change rien à la tendance des échantillons suivis.

III.1.2 Flexibilité des dates de ponte au sein d'une même colonie

Pour chacune des saisons de reproduction, les différences des dates de pontes, au sein des différents îlots suivis, sont hautement significatives avec des ANOVAS, 1996, ($F_{4,164}=59.609$; $p < 2.2e-16$) 1997 ($F_{4,210}=230.2$; $p < 2.2e-16$) et 2005 ($F_{22,279}=59.609$; $p < 2.2e-16$).

En ce sens, chez la guifette moustac, les pontes présentent une asynchronie (**Fig. 30a-c**), d'où l'étalement de la période de ponte (sauf en cas d'échec suite aux intempéries, notamment la pluviométrie).

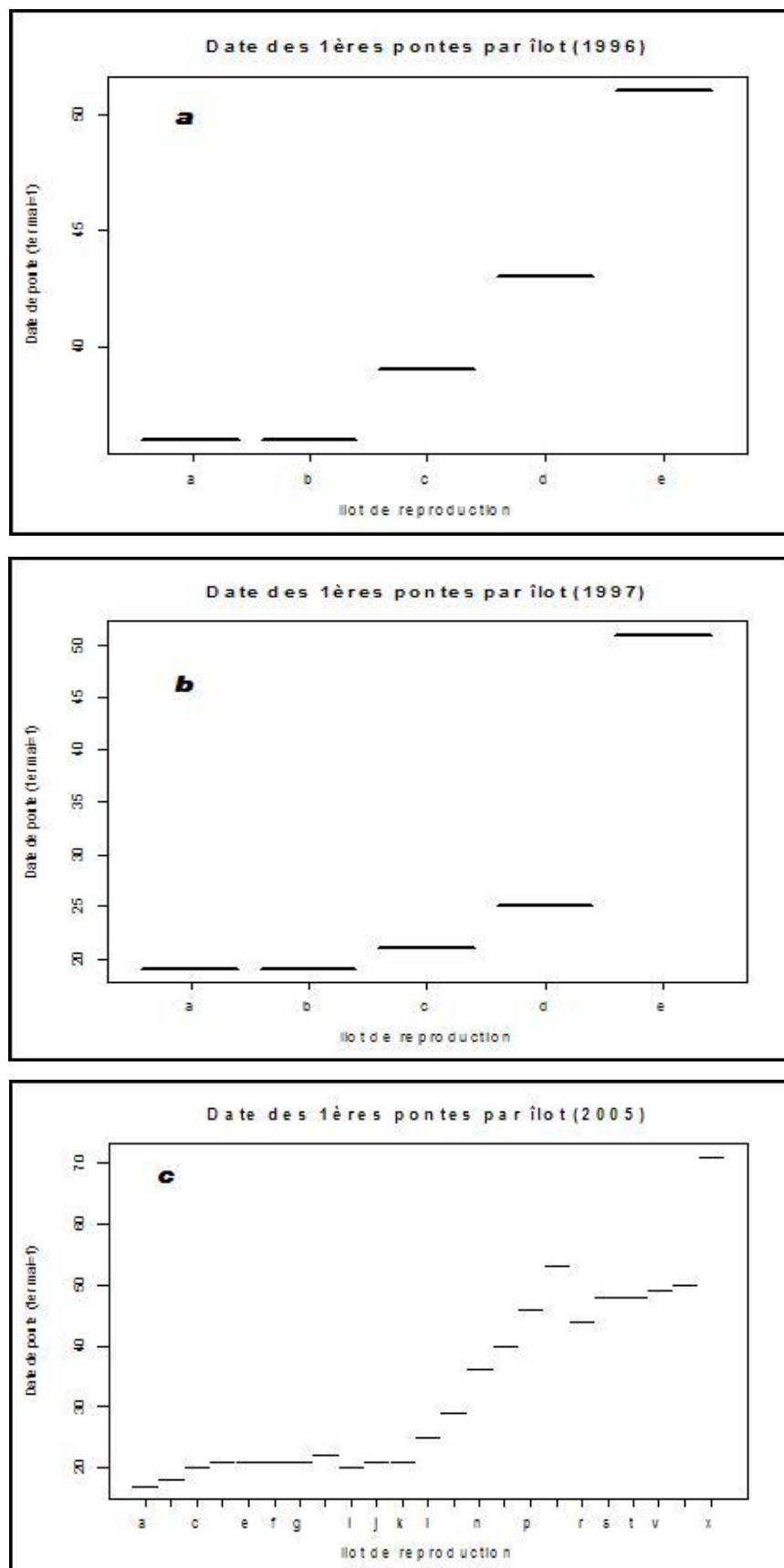
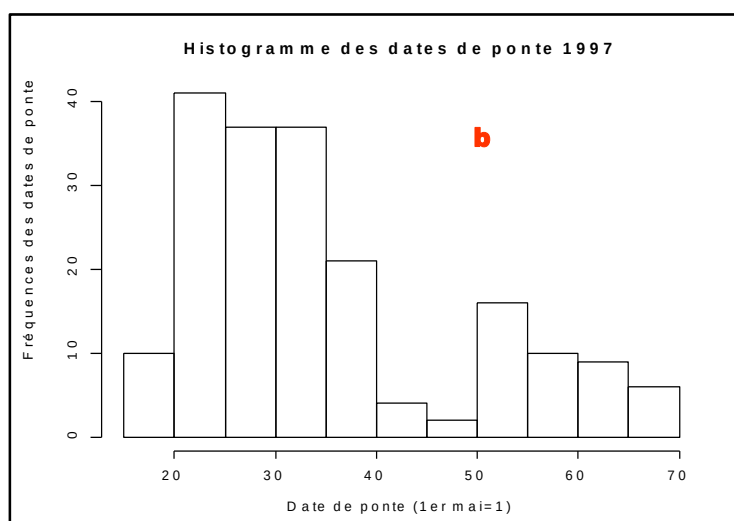
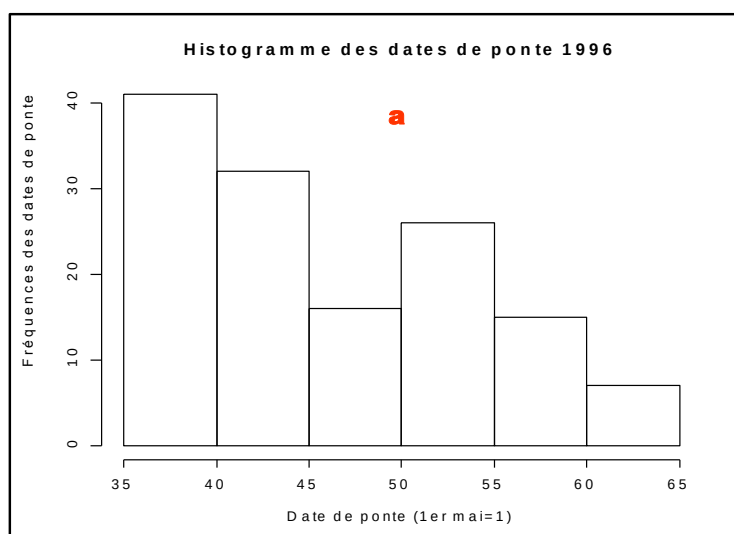


Figure 30 (a-c): Initiation des pontes au niveau des îlots, par saison

D'après les graphes (**Fig. 30a-c**), nous remarquons, des paliers de valeurs au niveau des premiers îlots, qui constituent des noyaux presque synchrones notamment en 2005, puisque le lot référentiel est plus important que pour les deux autres saisons. Ce constat est confirmé par les pics de pontes enregistrés en début de chacune des saisons (**Fig. 31a-c**).

En effet, le pic des pontes a eu lieu entre le 4 et le 9 juin, en 1996 (1^{er} mai = 1), entre le 20 mai et le 4 juin en 1997 et enfin entre le 25 et le 30 mai en 2005, (**Fig. 31a-c**).



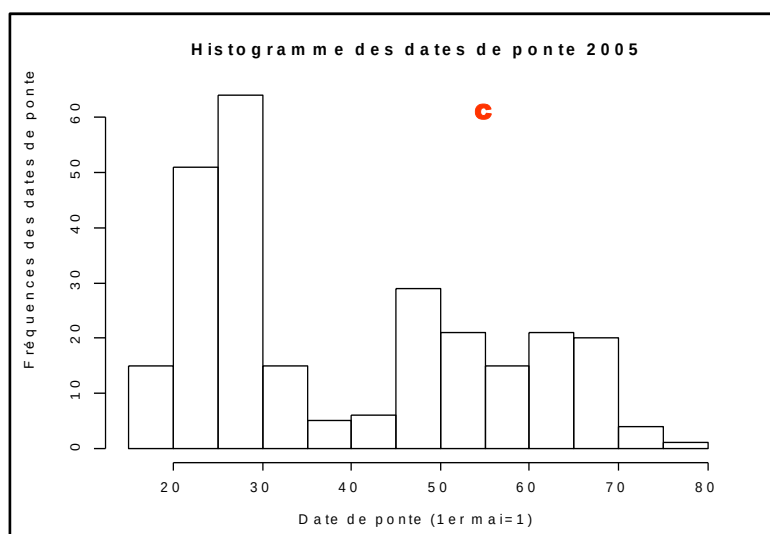


Figure 31 (a-c): Fréquences des dates de pontes

III.2 Localisation de la colonie par rapport à la berge

III.2.1 Localisation de la colonie par saison

Les distances moyennes des îlots occupés par rapport à la berge la plus proche sont : 768.44m $\pm$ 197.76 (300 - 1290) pour l'année 2005 (302 nids) ; 153.85 m $\pm$ 23.89 (120 - 180) en 1996 (169 nids) et 197.35 m $\pm$ 30.75 (170 – 250) en 1997 (193 nids).

Tableau 11 : Distances moyennes par rapport à la berge (1996,1997 et 2005)

Année	Nombre de nids	Distance moyenne (m)	Sd
1996	169	153.8 (120- 180)	23.898
1997	215	197.3 (170 – 250)	30.752
2005	302	768.4 (300 – 1290)	197.764
Moyenne trois années	686	438.04 (120 –1290)	322.2728

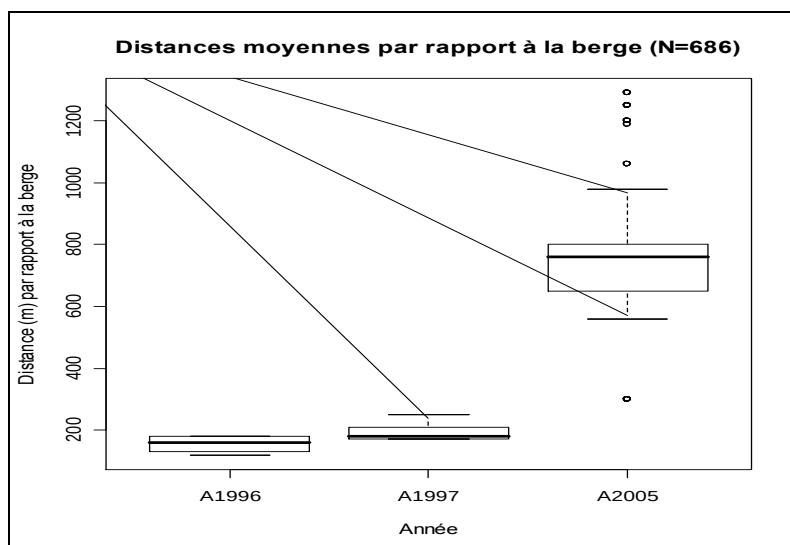


Figure 32 : Distance par rapport à la berge (m) pour les trois années

Au vu du graphe (**Fig.32**) et les moyennes recueillies pour les trois saisons (**Tab.11**), une différence entre les deux périodes d'étude est apparente et confirmée par une ANOVA hautement significative ($F=1671.3$; $P < 2.2e-16$).

Le test de TUKEY, donne une différence pour les trois années mais elle est accentuée en 2005 qui diffère beaucoup des autres années pour ce paramètre, en ce sens que la colonie s'est déplacée vers le centre du lac, où nous avons remarqué la présence de surface d'eau libre à proximité des nids, utiles pour une meilleure détection des prédateurs.

III.2.2 Localisation des groupes de la même colonie par rapport à la berge

Au vu des graphes qui suivent (**Fig.33a-c**), les différences des distances par rapport à la berge du lac pour les différents îlots ou groupes de nidification, sont perceptibles. Par ailleurs les ANOVAS sont hautement significatives pour la majorité de ces groupes, 1996, ($F_{4,164}=59.609$; $p < 2.2e-16$), 1997 ($F_{4,210}=4.991$; $p < 2.2e-16$) et 2005 ($F_{22,279}=127.45$; $p < 2.2e-16$).

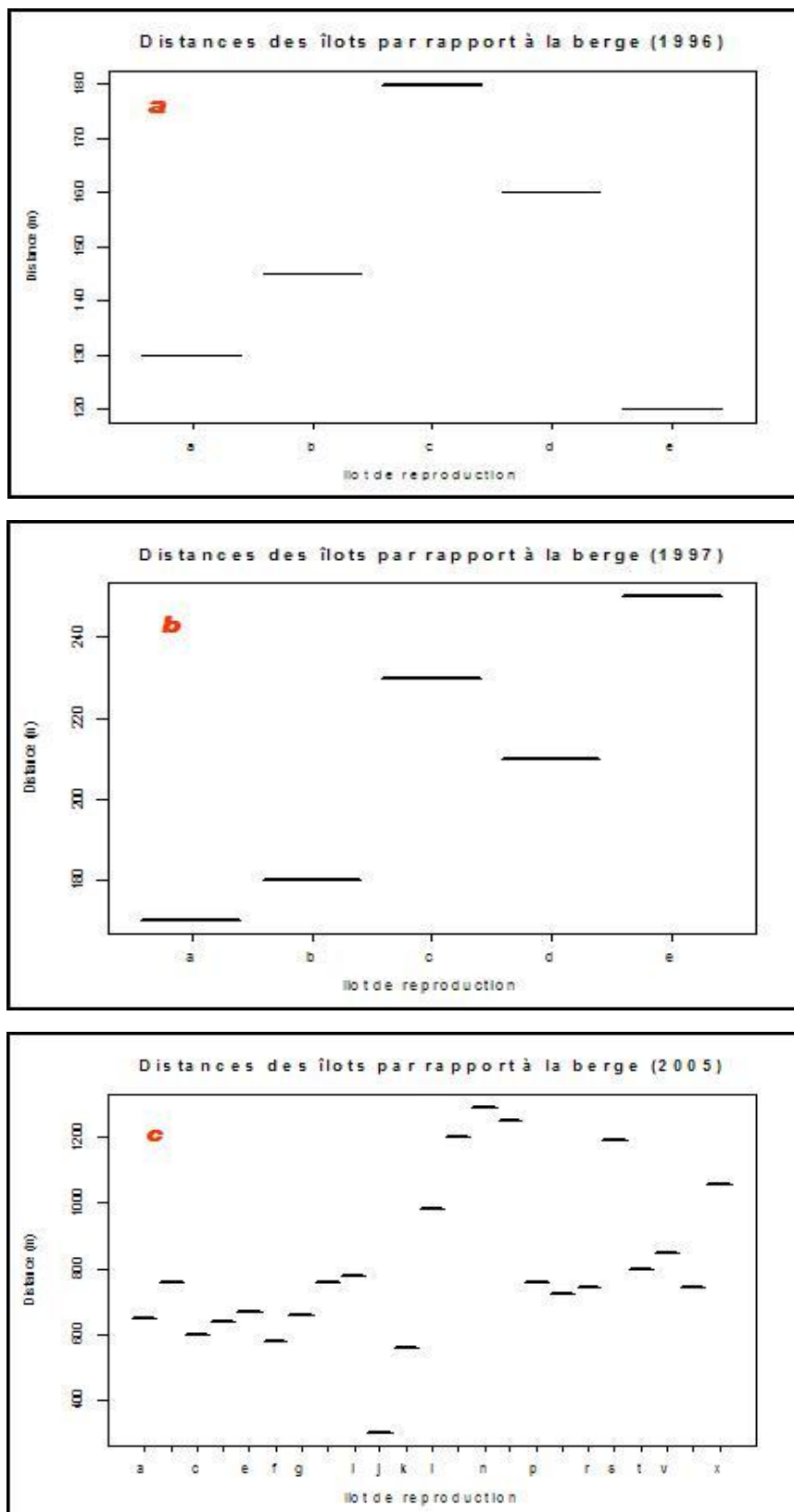
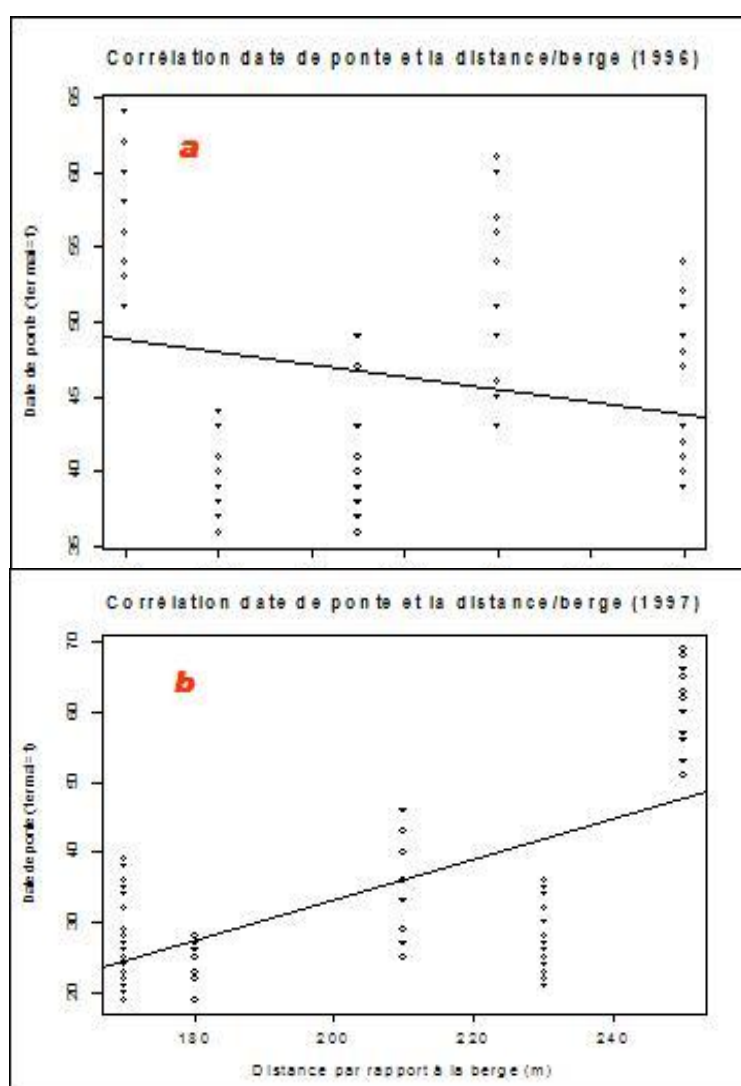


Figure 33 (a-c) : Distances par rapport à la berge (m) au niveau des îlots

III.2.3 Relation entre la distance par rapport à la berge et la date de ponte

Il existe une corrélation hautement significative et positive entre la date de ponte et la distance par rapport à la berge pour les saisons, elle est positive 1997 et 2005, avec respectivement ($r=0.68$; 213ddl; $P<2,2e-16$) avec un IC95% de $[+0.83 +0.89]$ en 1997 et ($r=0.37$; 300ddl; $P=3, 207e-11$) avec un IC95% de $[+0.27 +0.46]$ en 2005, les deux saisons, évoluent dans le même sens au cours de la saison (**Fig.34b et c**), de telle façon que l'initiation des pontes se fait dans le sens berge-centre du lac. Cette tendance est conditionnée par l'évolution de l'émergence des feuilles de nénuphars qui se fait dans le même sens.

Pour 1996, la relation est significative et négative avec ($r=-0.26$; 167ddl; $P=0,0005$) avec un IC95% de $[-0.398 -0.12]$, la saison était courte (28 jours) et les nids étaient concentrés pour qu'il y est une relation entre la date de ponte et la distance par rapport à la berge). (**Fig.34a**).



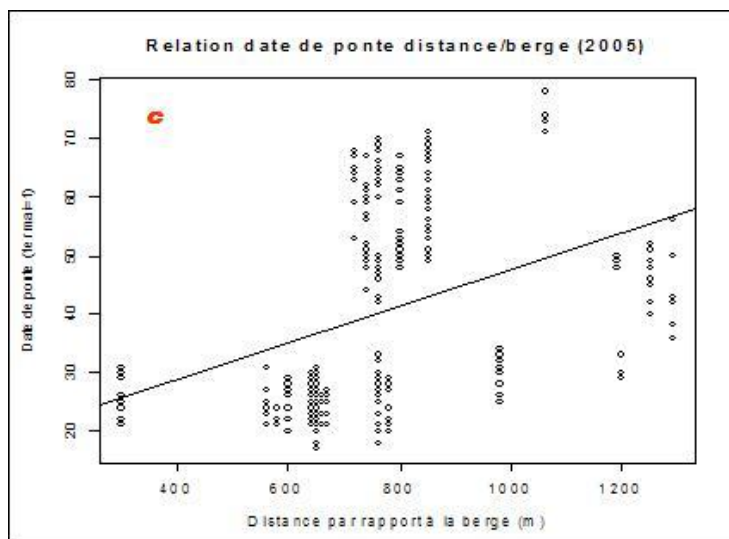


Figure 33 (a-c): Relation entre la date de ponte et la distance par rapport à la berge

III.3 La taille de ponte

La taille de ponte moyenne en 2005 est de 2.54 ± 0.634 œufs par nid ($n=302$ nids). Elle est ainsi sensiblement équivalente à celle trouvée lors des deux précédentes saisons 1996 et 1997 avec respectivement $(2.6 \pm 0.683$ ($n=169$) et 2.62 ± 0.644 ($n=215$)).

Le détail de l'importance de chaque taille de ponte au cours des trois saisons est rapporté dans le tableau (12). La proportion des pontes à 3 œufs est la plus importante pour les trois saisons,

suivie par celle de 2 œufs et les pontes les moins fréquentes sont celles de 1 œuf suivies par celles de 4 œufs (**Fig.35**).

Tableau 12 : Taille de ponte moyenne pour les années (1996, 1997 et 2005)

(*= nombre d'œufs)

Année	Nombre de nids	Taille de ponte moyenne	Sd
1996	169 (440)*	2.6 (1-4)	0.683
1997	215 (563)*	2.62 (1-4)	0.644
2005	302 (767)*	2.54 (1-4)	0.634
Moyenne 3 années	686 (1770)*	2.58 (1-4)	0.649

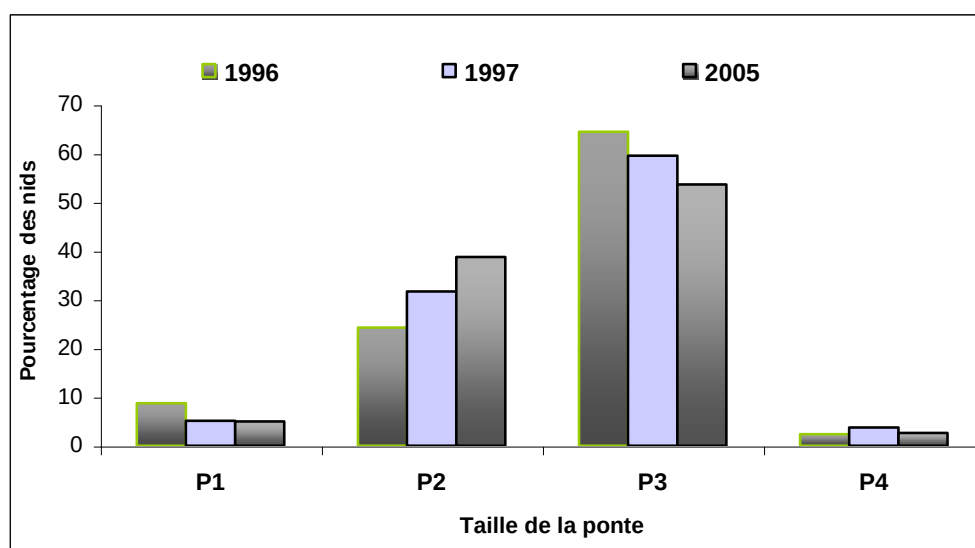


Figure 35 : Pourcentages des tailles de ponte par saison

Une ANOVA ($F=1.0709$; $P=0.3433$) n'a donné aucune différence inter-annuelle significative de la taille de ponte. (Fig.34). La taille de ponte moyenne des trois années, est de 2.58 ± 0.65 ($n= 686$) (Tab.12).

La taille de ponte n'est pas influencée par l'emplacement du nid au sein de la colonie, le site semble offrir des conditions homogènes pour chacune des saisons, 1996 ($r=0.004$; 167ddl ; $p=0.952$), 1997 ($r=-0.02$; 213ddl ; $P=0.711$) et 2005 avec ($r=0.04$; 300ddl ; $P=0.490$).

La date de ponte non plus n'a pas d'effet sur la taille de ponte pour chacune des saisons. En effet, le test de corrélation de Pearson donne les valeurs suivantes: 1996 ($r=0.11$; 167ddl ; $P=0,16$) avec un IC95% de $[-0.04 +0.26]$, 1997 ($r=0.06$; 213ddl; $P=0,93$) avec un IC95% de $[-0.13 +0.14]$, 2005 ($r=0.07$; 300ddl; $P=0,2$) avec un IC95% de $[-0.4 +0.18]$.

Les femelles en fin de saison s'investissent aussi bien que les précoces, dans taille de la ponte. Les facteurs qui régissent la taille de ponte chez cette espèce ne semblent pas avoir changé au cours de la saison et ce, pour les trois années, en dépit de la différence de l'étalement des pontes.

Par ailleurs même pour la même saison, les ANOVAS appliquées pour la taille de ponte, n'ont pas révélé de différences notables entre les différents îlots de reproduction et ce pour chacune des saisons d'étude.

III.4 L'incubation

Tableau 13 : Durées moyennes d'incubation pour les années (1996,1997 et 2005)

(* le nombre d'œufs)

Année	Nombre de nids	Durée moyenne d'incubation	Sd
1996	137 (378)*	19.86 (18 – 21)	0.79
1997	193 (515)*	19.66 (18 – 21)	0.76
2005	263 (702)*	19.41 (18 – 21)	0.85
Moyenne trois années	593 (1595)*	19.6 (18 – 21)	0.83

Les durées moyennes d'incubation sont 19.42 ± 0.85 jours ($n=263$ nids), pour l'année 2005 ; en 1996, elle est de 19.86 ± 0.79 jours ($n=137$ nids) en 1996 et de 19.66 ± 0.76 jours ($n=193$ nids) en 1997. Les durées d'incubations les plus fréquentes sont celles de 20 jours pour chacune des saisons, suivies par celles de 19 jours et les moins fréquentes sont celles de 21 jours suivies par celles de 18 jours (**Tab.13**) et (**Fig.36**).

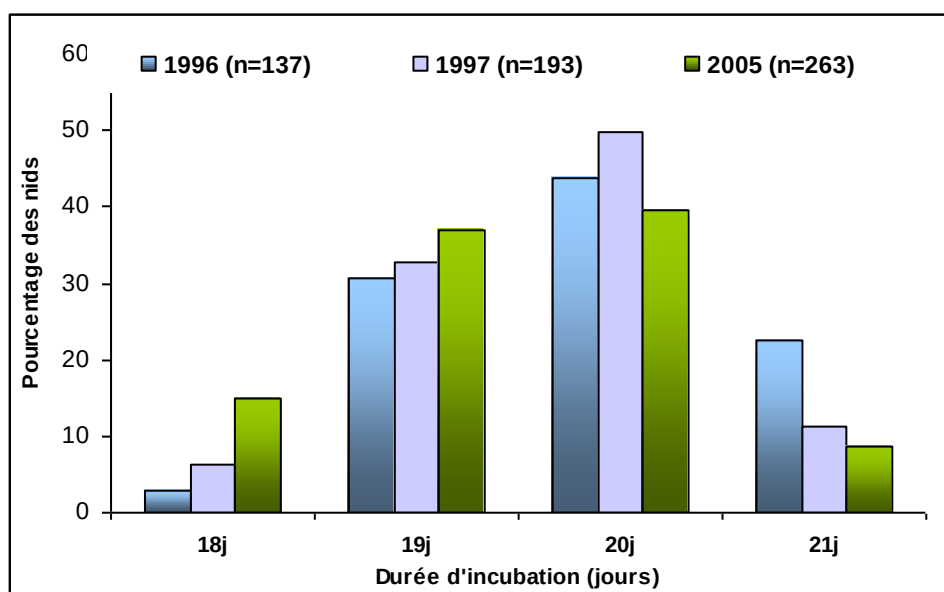


Figure 36 : Fréquences annuelles des durées d'incubation

Les durées d'incubation présentent des différences inter-annuelles, hautement significatives ANOVA ($F_{2,590}=14.1$; $p=1.028e-06$) et un test de Tukey précise que l'année 2005 est celle qui est différentes des deux autres, néanmoins, cette différence est moins importante avec 1997. Les années 1996 et 1997 sont semblables.

Les durées d'incubation ne sont pas corrélées à la date de ponte pour trois saisons 2005, 1996 et 1997, avec respectivement ($r=0.06$; $r=0.09$; $r=0.1$).

Elles ne sont pas non plus corrélées à la distance des nids par rapport à la berge avec ($r=-0.015$ en 2005 ; $r=0.18$ en 1996 et $r=0.05$ en 1997,

La taille de ponte n'a pas d'effet sur la durée d'incubation pour les trois années avec ($r=0.03$ en 2005, $r=-0.15$ en 1996 et enfin $r=0.02$ en 1997.

III.5 Les éclosions

Les dates moyennes d'éclosion sont situées au 5 ± 7.71 juillet en 1996 ($n=137$ nids), le 24 juin ± 13.5 en 1997 ($n=193$ nids) et le 28 ± 16.54 juin pour l'année 2005 ($n= 263$ nids) (Tab.14), (Fig.36). Les éclosions se sont étalées du 23 juin au 23 juillet, soit, une période de 30 jours en 1996, du 8 juin au 28 juillet, soit un étalement des éclosions sur une période de 50 jours en 1997 et du 6 juin au 3 août et donc des éclosions étalées sur 58 jours en 2005, pour cette année l'étalement des éclosions et le plus important. Cette année est par ailleurs la plus précoce pour les éclosions –chose prévisible- le (17 mai) par rapport à 1996 (5 juin) et à 1997 (19 mai).

Tableau 14 : Date moyenne des éclosions (1^{er} mai=1) (*= nombre d'œufs)

Année	Nombre de nids	Date moyenne d'éclosion	Sd
1996	137 (378)*	5 juillet (23 juin - 23 juillet)	7.71
1997	193 (515)*	24 juin (8 juin – 28 juillet)	13.496
2005	263 (702)*	28 juin (6 juin – 3 août)	16.505
Moyenne trois années	593 (1595)*	28 juin (6 juin –3 août)	14.5

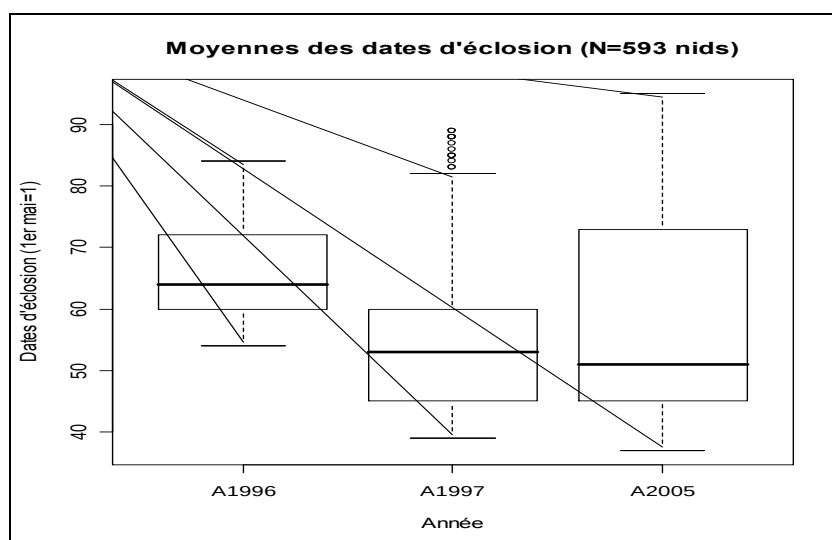
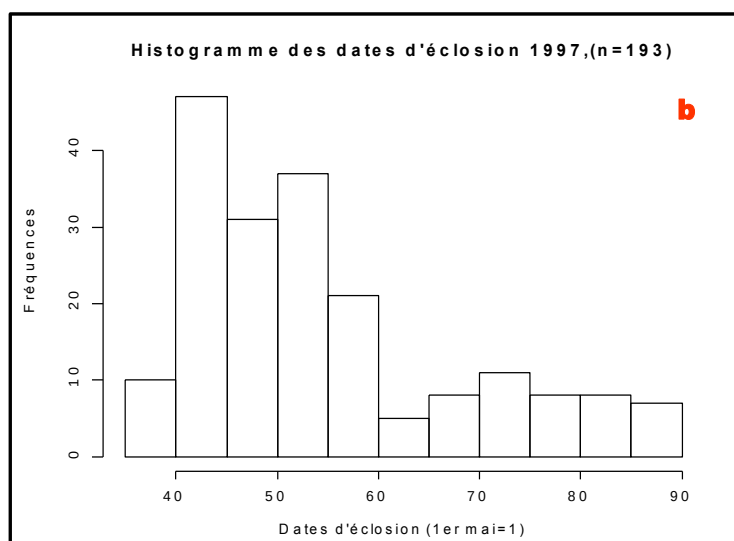
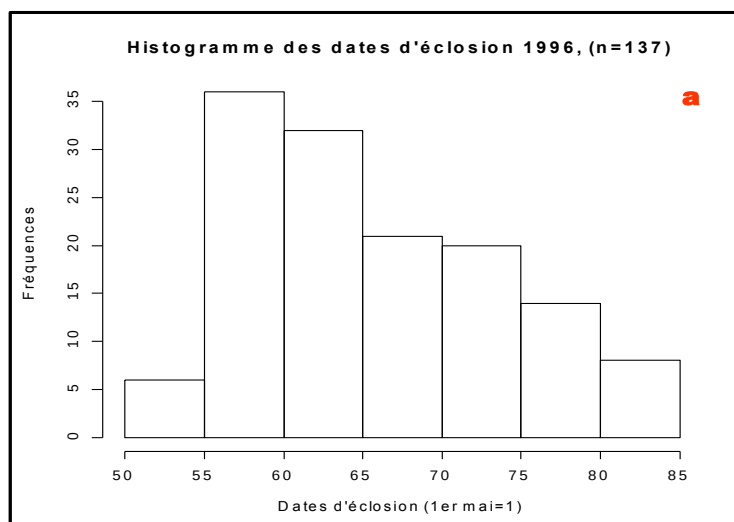


Figure 37 : Les dates moyennes des éclosions pour les trois saisons

Il existe une différence inter-annuelle hautement significative entre les dates d'éclosion, ANOVA ($F= 25.481$; $P= 2.431e-11$), ceci est logique du moment que cette différence est notée pour les dates de pontes qui sont très différentes entre les trois saisons.

L'année 2005 a été caractérisée par un plus important étalement des pontes et des éclosions. Les IC90% sont de l'ordre de [7.4-14.8j] pour 1996-1997, [3.4- 10.3J] pour 1996-2005 et [1-7.3j] pour 1997-2005.

Pour toutes les saisons, la tendance des éclosions est identique de telle façon que quelques jours suivants l'initiation des éclosions, nous enregistrons un pic de ponte (du 24 au 29 juin en 1996 ; du 9 au 14 juin en 1997 et du 14 au 19 juin en 2005) (**Fig. 38a-c**).



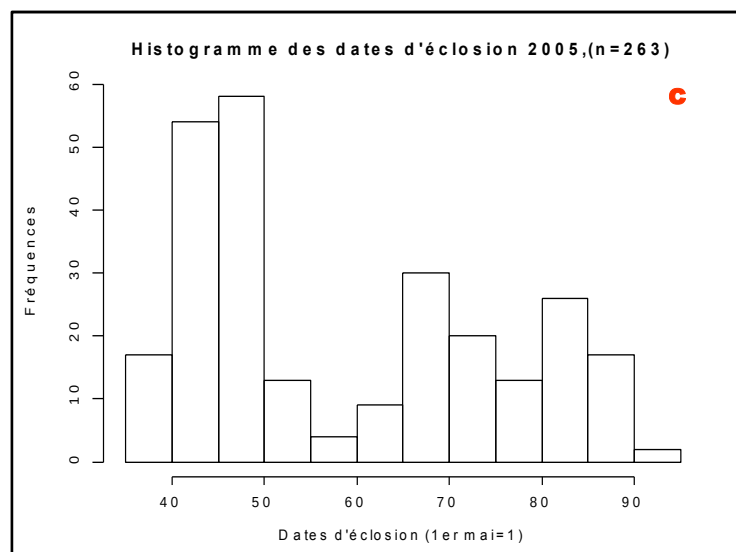


Figure 38(a-c) : Fréquences annuelles des dates d'éclosion (1^{er} mai=1)

III.6 Le succès à l'éclosion

III.6.1 Le succès à l'éclosion pour chacune des saisons dans son ensemble

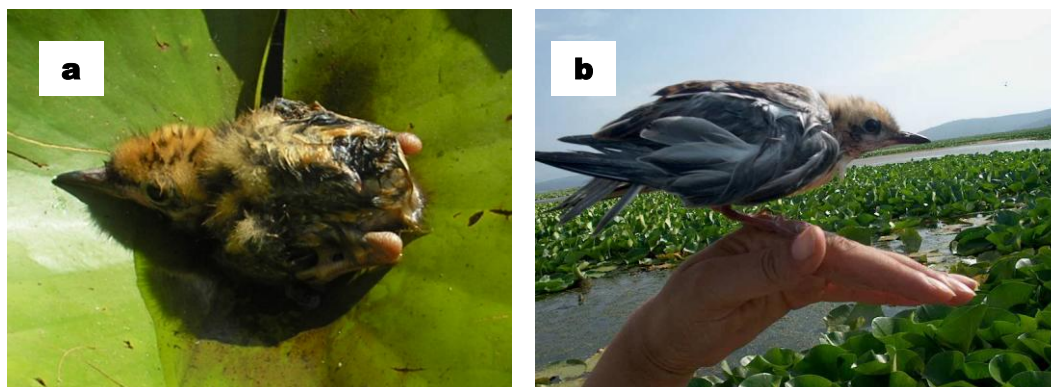


Photo 11 (a et b) : Poussin et juvénile de guifette

(Clichés : Bakaria 2005)

Le succès à l'éclosion annuel, qui représente le rapport entre les œufs éclos et les œufs pondus, est de % 82.9 en 2005 (302 nids); de 76.63 % en 1996 n=169 nids et de 87.44 % en 1997 (193 nids)

Pour les trois années cumulées (686 nids) le succès moyen à l'éclosion est de 82.77 % $\pm$ (Tab.15) (Fig.39).

Tableau 15: Succès moyens à l'éclosion pour les années (1996,1997 et 2005)

(*= nombre de nids)

Année	Oufs pondus	Nids à éclosion	Oufs éclos	Oufs perdus	Succès à l'éclosion	Sd
1996	440 (169)*	378 (137)*	355 (137)*	85	76.63 (0 – 100)	38.9
1997	563 (215)*	515 (193)*	499 (193)*	64	87.44 (0 – 100)	30.72
2005	767 (302)*	702 (263)*	665 (263)*	102	82.90 (0 – 100)	34.35
Moyenne trois années	1770 (686)*	1595 (593)*	1519 (593)*	251	82.77 (0 – 100)	34.65

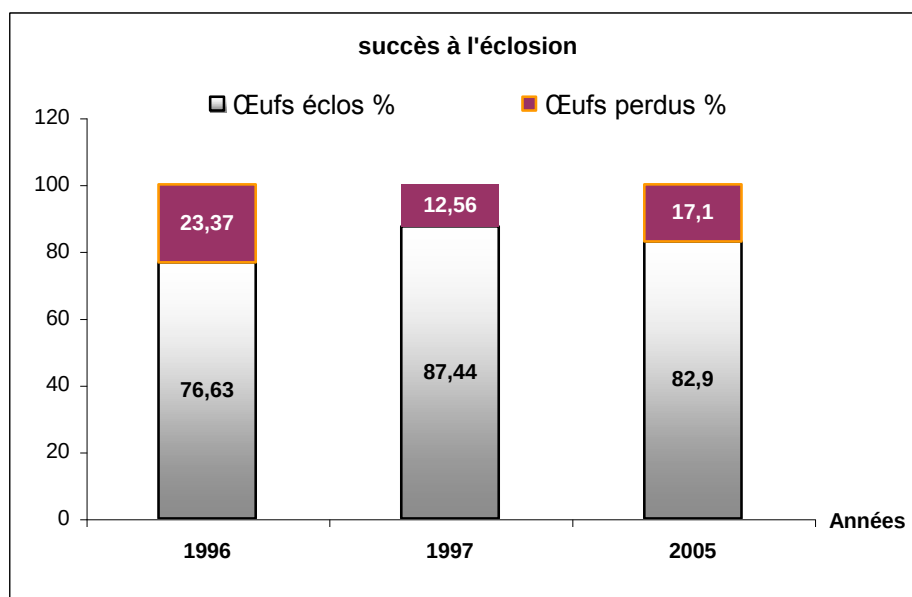


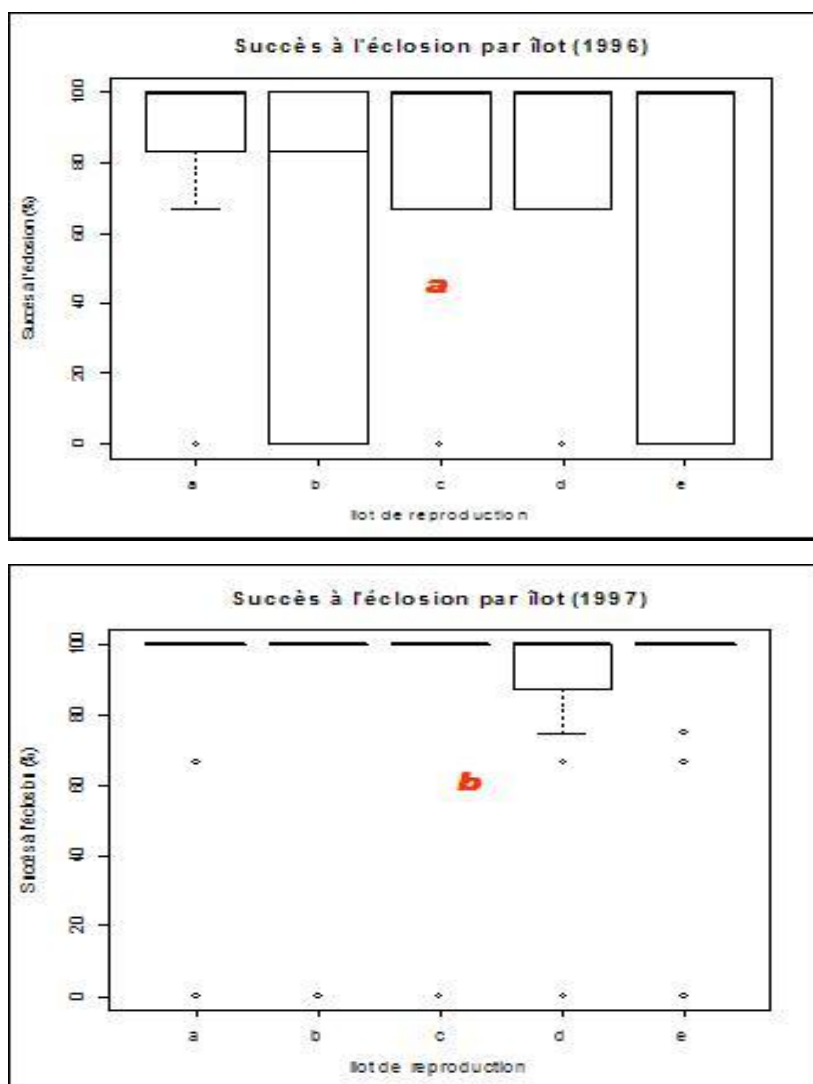
Figure 39 : Succès à l'éclosion pour les trois saisons

Une ANOVA pour les trois saisons a mis en évidence une forte différence entre le succès à l'éclosion ($F_{2,683} = 4.66$; $p = 0.0097$), la seule différence révélée par le test de Tukey, concerne les deux saisons 1996 et 1997, et les IC95% de ces différences du succès moyen sont [2.5 - 19.14].

A ce titre, 1996 est une année à part puisque les pertes sont plus importantes que pour les deux autres saisons, Ceci s'explique par les conditions climatiques qui ont régné pendant le déclenchement des pontes ce qui a conduit à un retard des pontes et à une période de ponte très courte (28 jours).

III.6.2 Le succès à l'éclosion dans les îlots de chacune des saisons

Les ANOVAS concernant le succès à l'éclosion dans les différents groupes de nidification, ne révèlent aucune différence notable, notamment pour les saisons 1996 et 1997, en 2005, une faible différence est notée 2005 ($F_{22,279}=2.5427$; $p=0.0485$), cette différence ne concerne que les groupes (r et d) mais qui reste à la limite de la significativité (**Fig.40 a-c**).



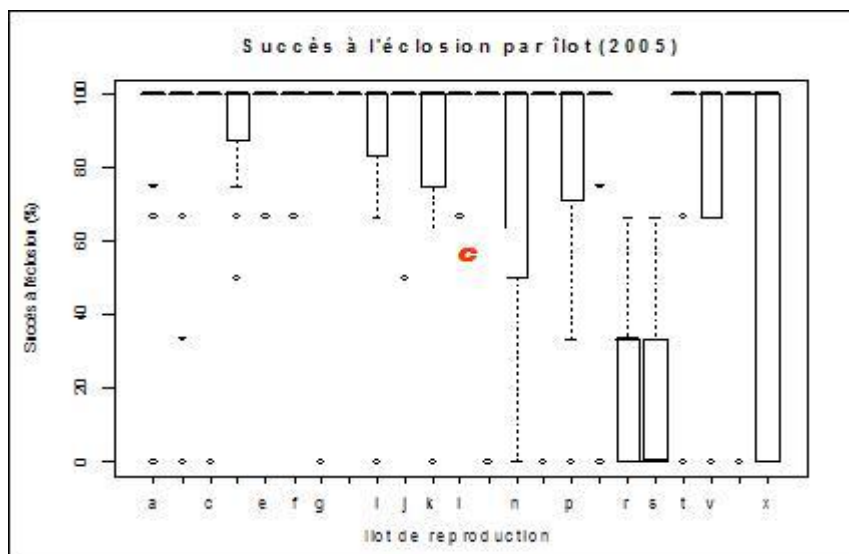


Figure 40 (a-c) : Le succès à l'éclosion au niveau des îlots

III.6.3 Effet de la date de ponte sur le succès à l'éclosion

La date de ponte n'a aucune influence sur le succès à l'éclosion, ($r=-0.079$; 684ddl ; $p=0.037$), avec un IC95% pour R [-0.153 -0.0046], de façon que même les couples qui s'installent tardivement ont autant de chance que les précoces, de mener leurs pontes à terme et avoir des taux d'éclosion aussi importants que les couples installés en début de saison (Fig.41).

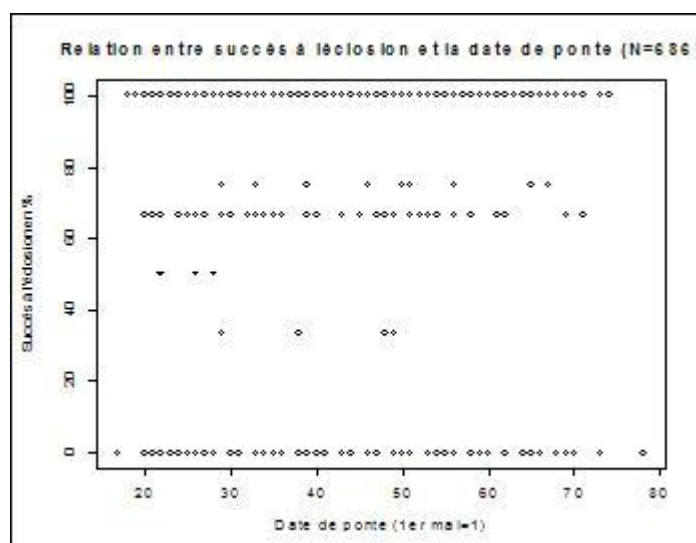


Figure 41 : Succès à l'éclosion et date de ponte (1^{er} mai=1) pour les trois saisons

Pour chacune des saisons, prise à part, aucune influence, de la date de ponte sur le succès à l'éclosion n'a été révélée avec ($r = -0.07$; 167ddl; $p = 0.32$) pour 1996 et ($r = -0.056$; 213ddl; $p = 0.409$) pour l'année 1997 et ($r = -0.08$; 300ddl; $p = 0.178$) pour 2005.

III.6.4 Effet de l'éloignement de la berge sur le succès à l'éclosion

Il n'y a pas de corrélation entre le succès à l'éclosion et la distance qui sépare les nids de la berge ($r = -0.009$; 684ddl; $P = 0.79$) avec un IC95% pour R $[-0.085 \text{ } +0.065]$ (**Fig.42**).

Pour les trois saisons 1996, 1997 et 2005, prises séparément, la distance qui sépare les nids de la berge n'a aucune influence sur le succès à l'éclosion avec respectivement ($R = 0.09$; 167ddl; $p = 0.23$), ($R = -0.04$; $P = 0.589$) et ($R = -0.09$; $p = 0.12$).

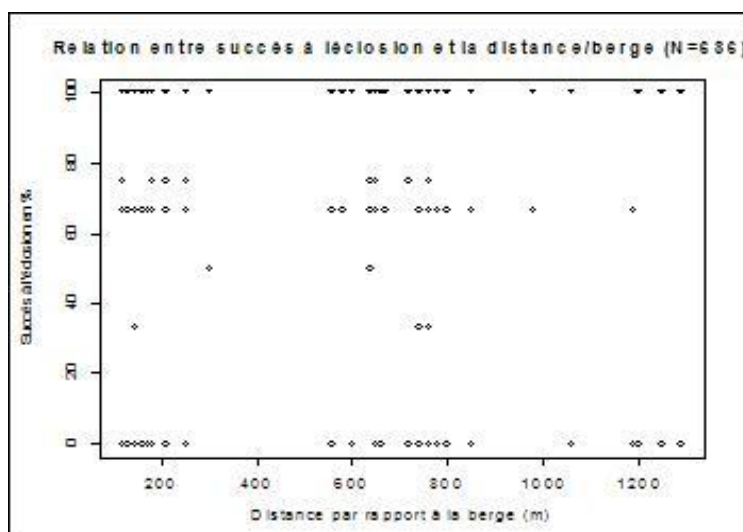


Figure 42 : Relation entre le succès et distance par rapport à la berge du lac

III.6.5 Effet de la taille de ponte sur le succès à l'éclosion

Pour les trois années, le succès à l'éclosion est corrélé significativement et de façon positive à la taille de la ponte, les grandes pontes sont celles qui arrivent à éclosion (**Fig. 43a-c**). Pour 1996, ($R = 0.40$; 167ddl; $p = 7.545e-08$) avec un IC95% pour R $[+0.26 \text{ } +0.51]$, pour 1997 ($R = 0.16$; 213ddl; $p = 0.02$) avec un IC95% pour R $[+0.025 \text{ } +0.286]$ et enfin la relation est très forte pour 2005 ($r = 0.44$; 300ddl; $P = 1.332e-15$) avec un IC95% pour R $[+0.342 \text{ } +0.525]$.

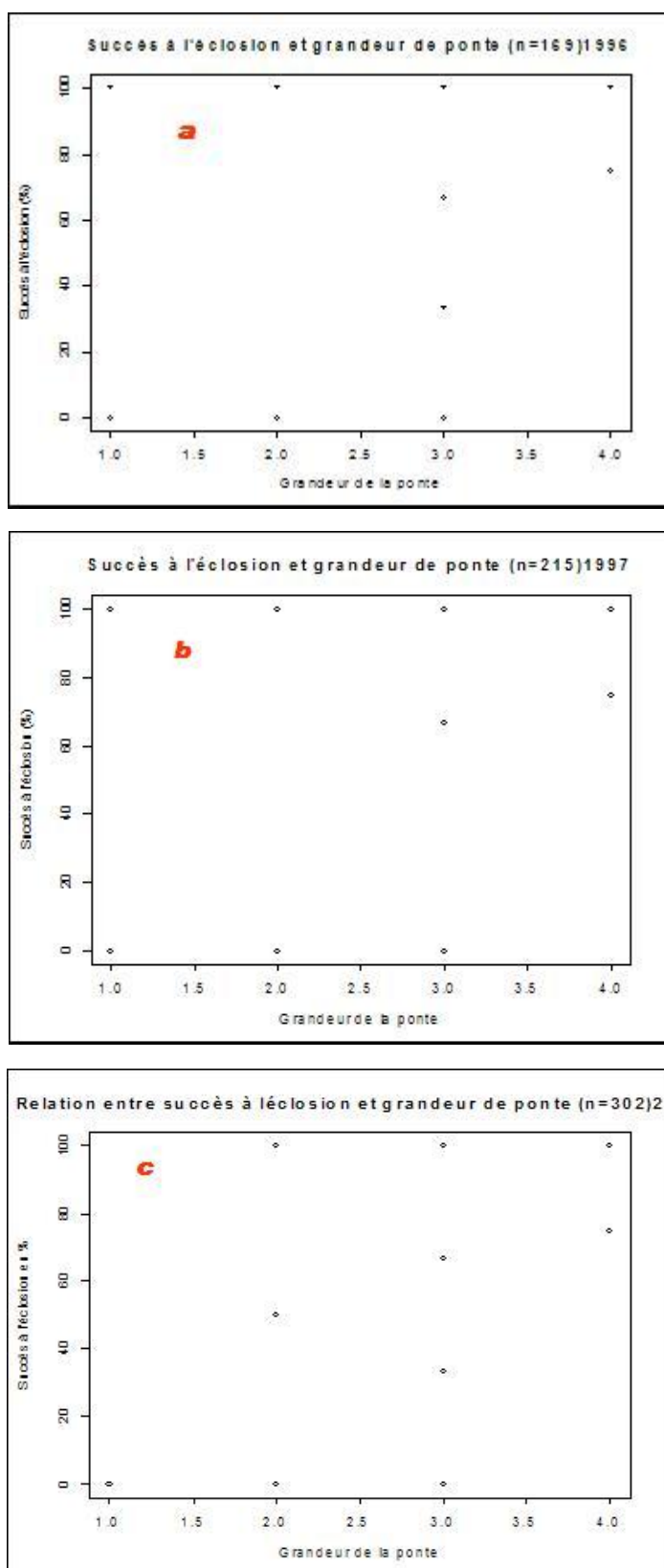


Figure 43 (a-c) : Relation entre le succès à l'éclosion et la taille de ponte

Cette relation significative et positive entre la taille de la ponte et le succès à l'éclosion, est également importante pour l'ensemble des années, ($r=0.34$, 684ddl, $p < 2.2e-16$) avec un IC90% pour R [+0.274 +0.406], de telle façon que les grandes pontes ont plus de chance de réussite à l'éclosion.

La relation entre la taille de ponte et le succès à l'éclosion est due, à notre avis à la prise en compte des nids à un œuf, qui sont dans la plus part des cas abandonnés.

II. Caractéristiques des œufs

Les œufs des guifettes moustacs, sont lisses et légèrement brillants, de forme ovale, de couleur variable, le fond de l'œuf peut être vert bleuâtre, bleu pâle, fauve, olive pâle, quelques fois grisâtre ou brunâtre, tacheté de brun noirâtre et de gris pâle ; ces marques sont souvent éparses. Une zone de tâches plus accentuée, coiffe souvent l'extrémité large de l'œuf (**Harrison, 1977**) (**Photo 9**).



Photos 9 : Œufs de la Guifette moustac

(Clichés : Bakaria 2006)

II.1 Le bilan des mesures biométriques des œufs (2005)

Les mensurations des œufs (longueur, la largeur et le poids), ont porté sur 238 œufs appartenant à 89 nids pour la saison 2005 (**Tab.9**).

La distance séparant les 89 nids de berge ouest du lac, est en moyenne de 780.90 ± 145.34 m, variant de 580 à 1290 m et la date de ponte est située en moyenne pour cet échantillon, le 3 juillet ± 13.438 , s'étalant du 14 juin à 25 juillet (1^{er} mai=1) (**Tab.9**).

La grandeur de ponte moyenne pour les 89 nids est de 2.67 ± 0.06 œufs/femelle, elle a varié de 1 à 4 œufs (**Tab.9**).

Tableau 9 : Mensurations des œufs n=89 nids (238 œufs)

Paramètres	Moyenne	Max	Min	Sd
Longueur (mm)	38.63	41.90	38.74	1.1 77
Largeur (mm)	28.00	29.26	28.06	0.668
Poids (g)	14.71	15.75	14.66	0.492
Volume (cm ³)	14.76	16.49	14.67	0.95
Date (1er mai=1)	64.24 (3 juillet)	86 (25 juillet)	45 (14 juin)	13.438
Distance/berge (m)	780.90	1290	760	145.34
Taille de ponte	2.674	4	3	0.6

La longueur moyenne du contenu des 89 nids (238 œufs) est de 38.63 ± 1.77 mm, elle varie de 35.55 à 41.9 mm (**Tab.9**).

Les longueurs les plus fréquentes sont celles de 38.40 mm (**Fig. 22 a**).

La largeur moyenne calculée pour 89 nids (238 œufs) est de 28.00 ± 0.668 mm, elle varie de 25.99 à 29.26 mm (**Tab.9**).

Les largeurs les plus fréquentes sont situées entre 27.5 et 29 mm (**Fig. 22 b**).

Le poids moyen des œufs de guifette (N=89 nids), est de 14.71 ± 0.492 g, elle varie de 13.3 à 15.75 g avec une médiane de 14.66g (**Tab.9**).

Les poids les plus fréquents sont situés entre 14 et 15.5 g (**Fig.22a-c**).

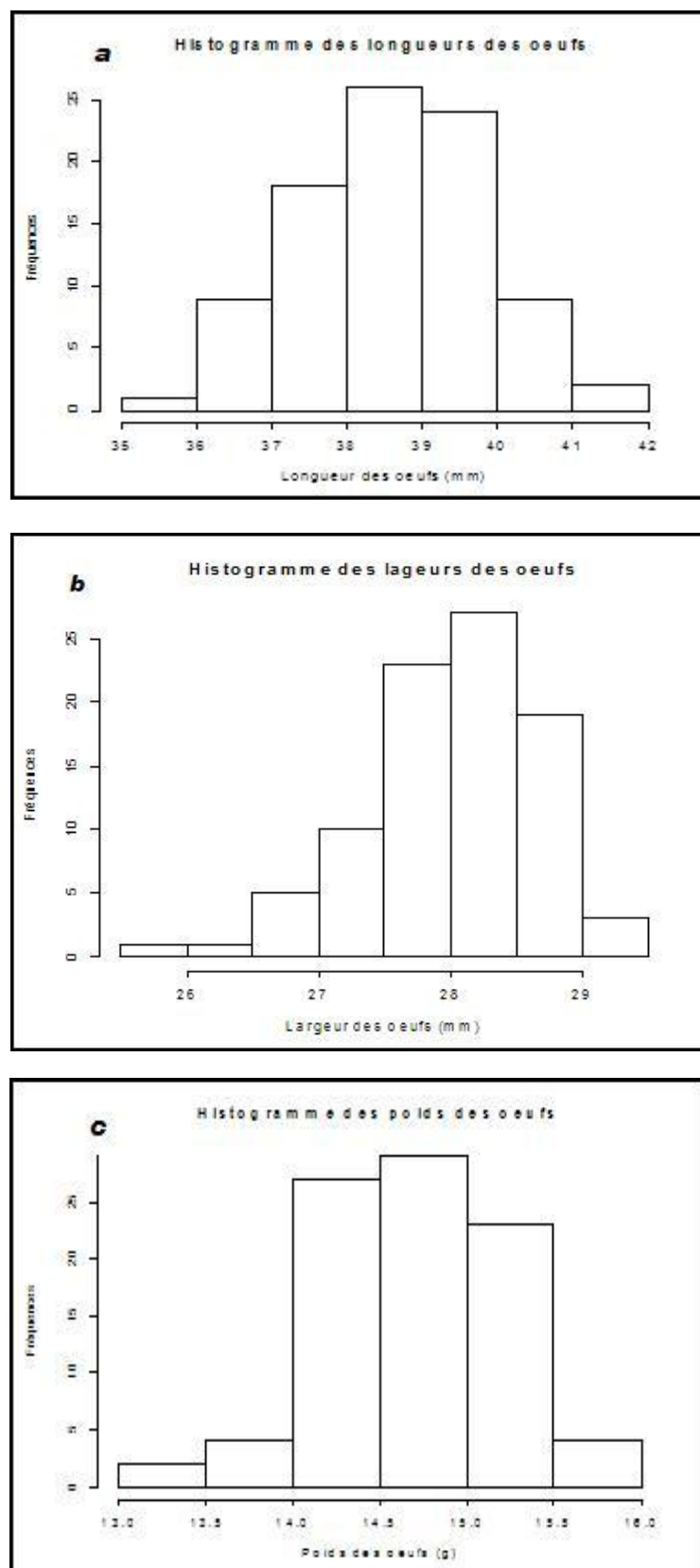


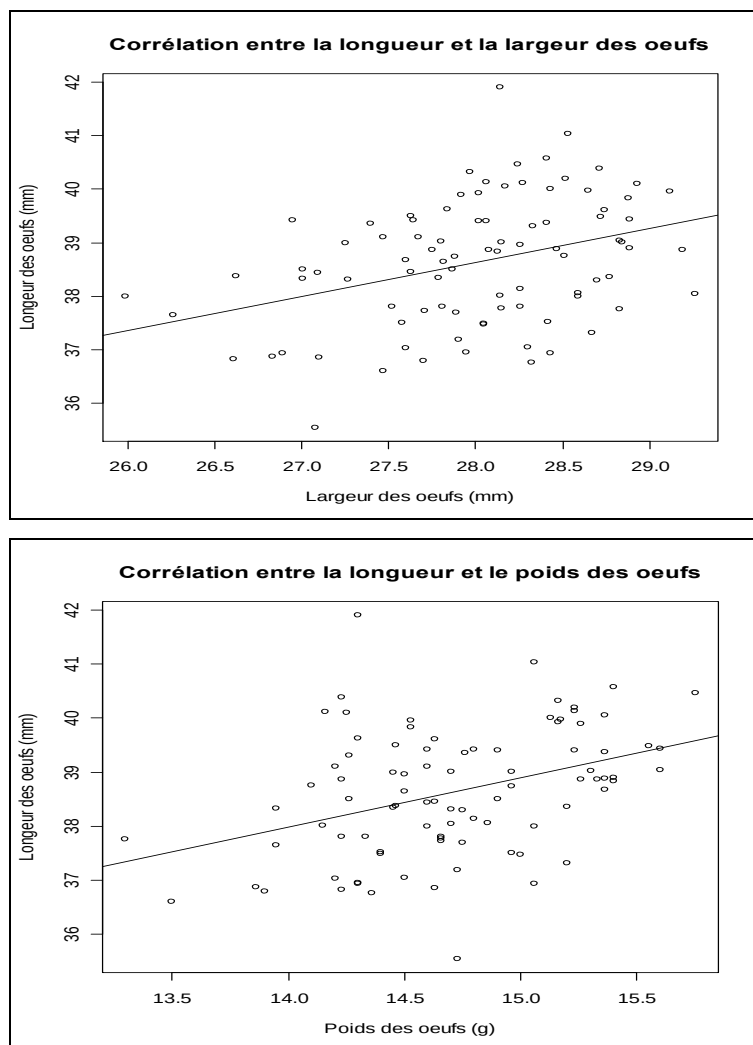
Figure 22 (a-c) : Fréquences des longueurs, des largeurs et des poids des œufs

II.1.1 Relation entre les différents paramètres biométriques des œufs

Il existe une relation significative et positive entre la longueur et la largeur des œufs, de façon que les œufs les plus longs sont également les plus larges avec ($r=0.36$; 87ddl ; $p\text{-value}=0.0005$) avec un IC95% pour R [$+0.164 + 0.529$]. (Fig.23 a).

Il existe également, une relation significative et positive entre la longueur et le poids, de façon que les œufs les plus longs sont également les plus lourds avec ($r=0.3831388$ $p\text{-value}=0.0002$). (Fig.23 b).

Il existe une relation significative et positive entre la largeur et le poids, de façon que les œufs les plus larges sont également les plus lourds avec $r=0.33$; $p\text{-value}=0.0016$. (Fig.23 c).



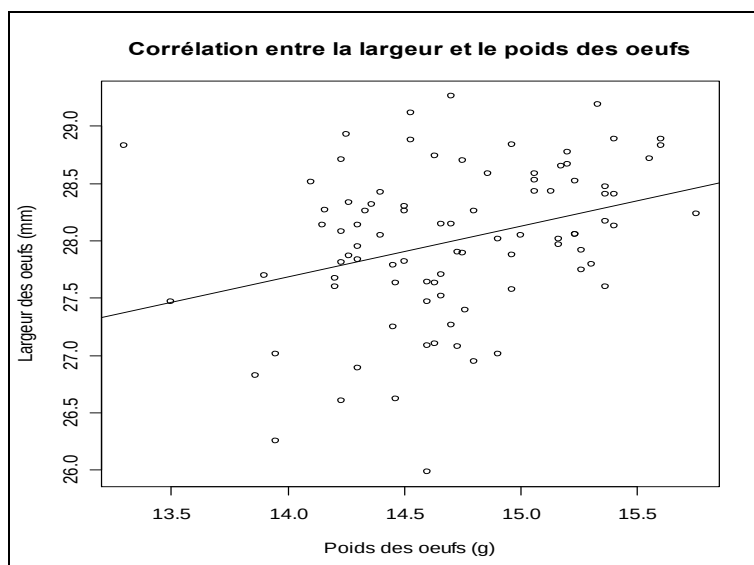


Figure (23 a-c) : Relations entre les paramètres biométriques des œufs

II.2 Le Volume des œufs

Le volume moyen (moyenne intra-pontes des œufs) a été calculé pour chaque taille de ponte. Ce descripteur, traduit le niveau d'investissement des femelles. Le volume est en moyenne égal à 14.76 ± 0.95 (N=89 nids), il varie de 12.48 à 16.49 avec une médiane de 14.7 cm^3 . Les volumes les plus fréquents sont situés entre 14 et 15.5 g (**Fig.24**).

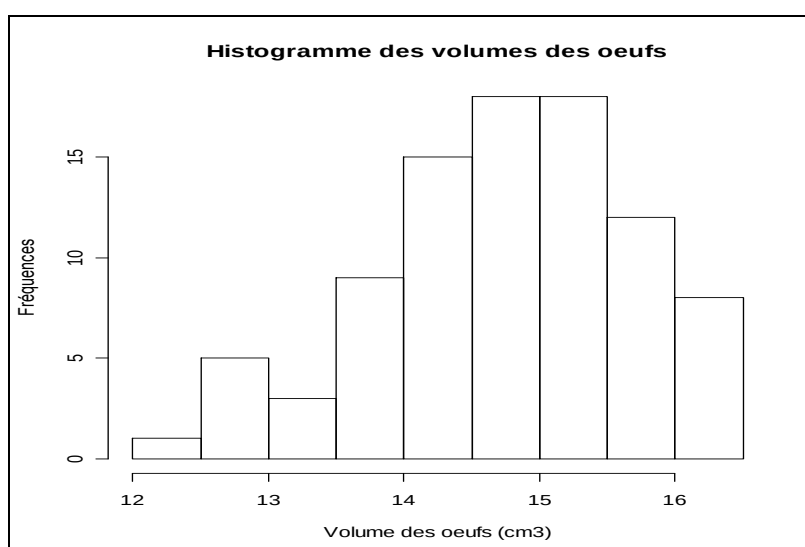


Figure 24 : Fréquences des volumes des œufs de la guifette (cm^3)

II.2.1 Relation entre le volume et les différents paramètres

II.2.1.1 La distance par rapport à la berge

Le volume des œufs ne varie pas en fonction de la distance qui sépare les nids de la berge ($r=0.05$; 87ddl ; $P=0.63$) avec un IC95% pour R $[-0.155 + 0.611]$ (**Fig.25**).

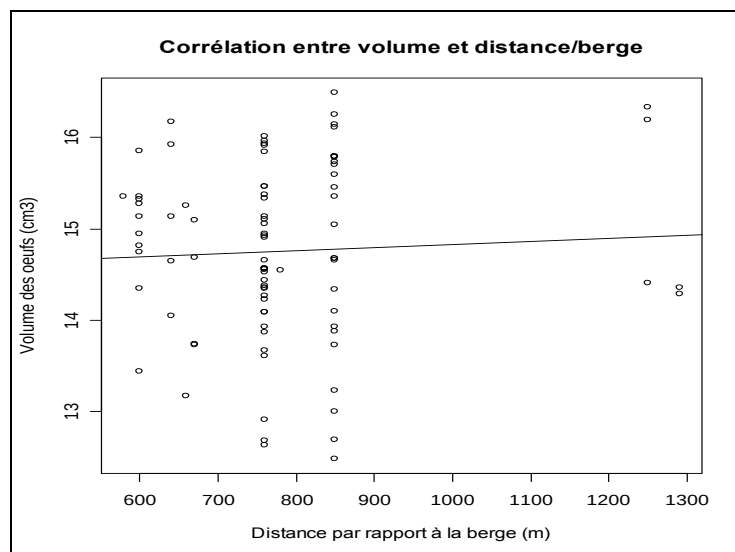


Figure 25 : Relation entre le volume des œufs (cm^3) et la distance / berge

II.2.1.2 Relation entre le volume des œufs et la date de ponte

L'investissement des femelles dans la production de gros œufs, n'est pas corrélé à la date de ponte. En effet, il n'existe pas de régression saisonnière du volume des œufs.

La guifette pond des œufs ayant un volume plus ou moins stable au cours de la saison; avec ($r=0.07$; 87ddl ; $P= 0.492$) avec un IC95% pour R $[-0.136 + 0.277]$ (**Fig.26**).

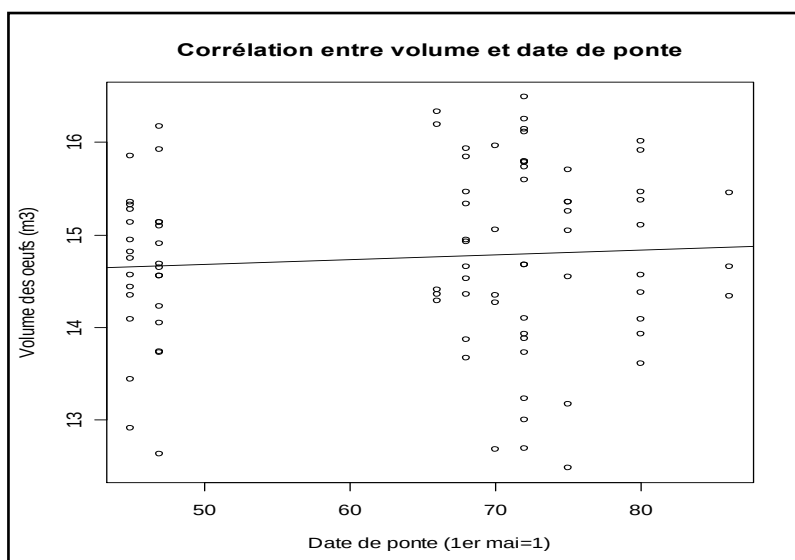


Figure 26 : Relation entre le volume des œufs et la date de ponte
(1^{er} mai=1)

II.2.1.3 Relation entre le volume des œufs et la taille de ponte

Le volume moyen (moyenne intra-pontes des œufs) a été calculé pour chaque nid. Ce descripteur, avec la taille de ponte, traduit le niveau d'investissement des reproducteurs et détermine la stratégie adoptée par les reproducteurs en cas de changements de l'environnement.

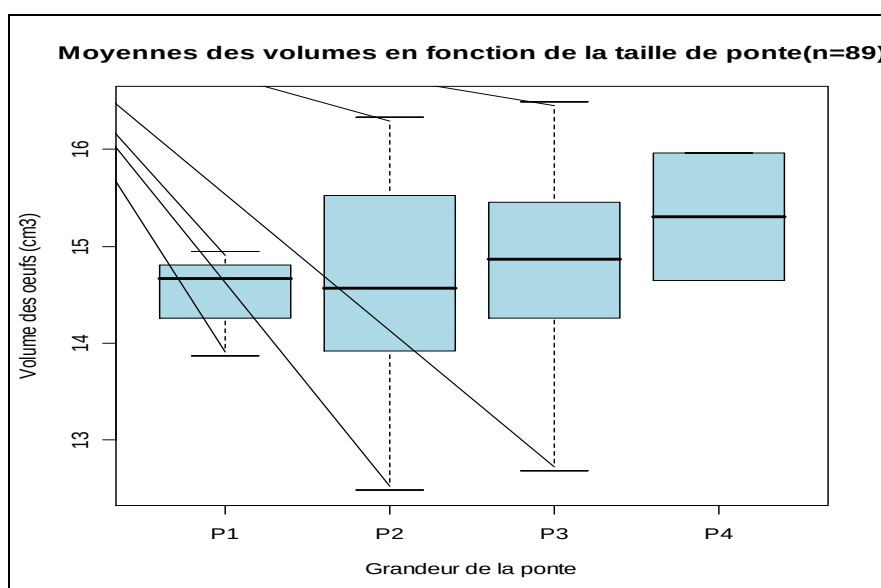


Figure 27 : Relation entre le volume des œufs et la taille de ponte

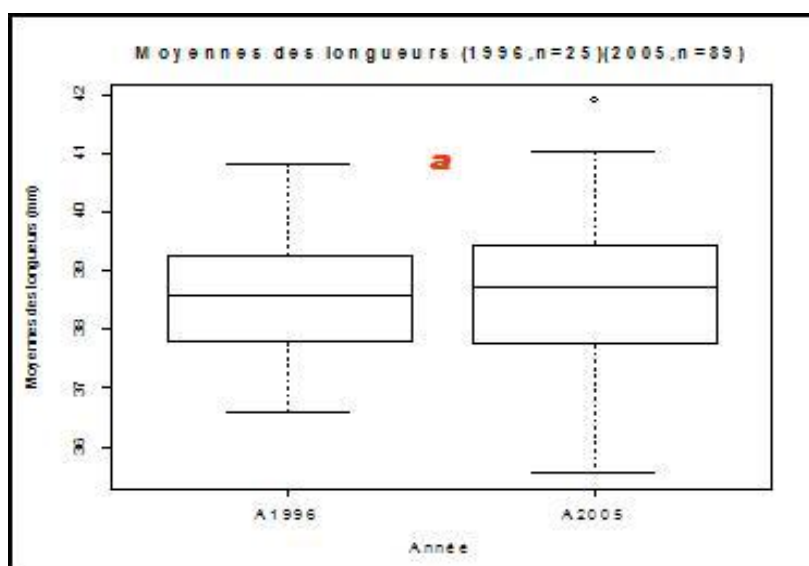
Le volume est sensiblement équivalent dans les 4 tailles de ponte ($r=0.11$; 87ddl ; $p=0.295$). Néanmoins des variations importantes sont enregistrées pour les pontes de 2 et 3 œufs qui sont d'ailleurs les plus fréquentes (**Fig.27**).

Il est largement admis que chez de nombreuses espèces, les différences individuelles reflètent le statut des oiseaux (expérience, qualité des individus, ponte de remplacement d'individus ayant échoué lors d'une première tentative ...). Il est donc logique d'observer une variabilité.

II.3 Analyse des traits biométriques des œufs entre deux périodes

Les comparaisons inter-annuelles des mensurations, des œufs n'ont donné aucune différence significative avec les ANOVAS suivants ; ($F_{1,113}=0.11$; $p=0.7436$), pour les longueurs et ($F_{1,113}=0.34$, $p=0.5597$) pour les largeurs. Il en est de même pour les volumes entre les deux saisons 1996/2005, ANOVA, ($F_{1,113}=0.0776$, $p=0.7811$).

Ce résultat est attribuable à la fois aux longueurs et aux largeurs des deux périodes (**Fig.28 a-c**).



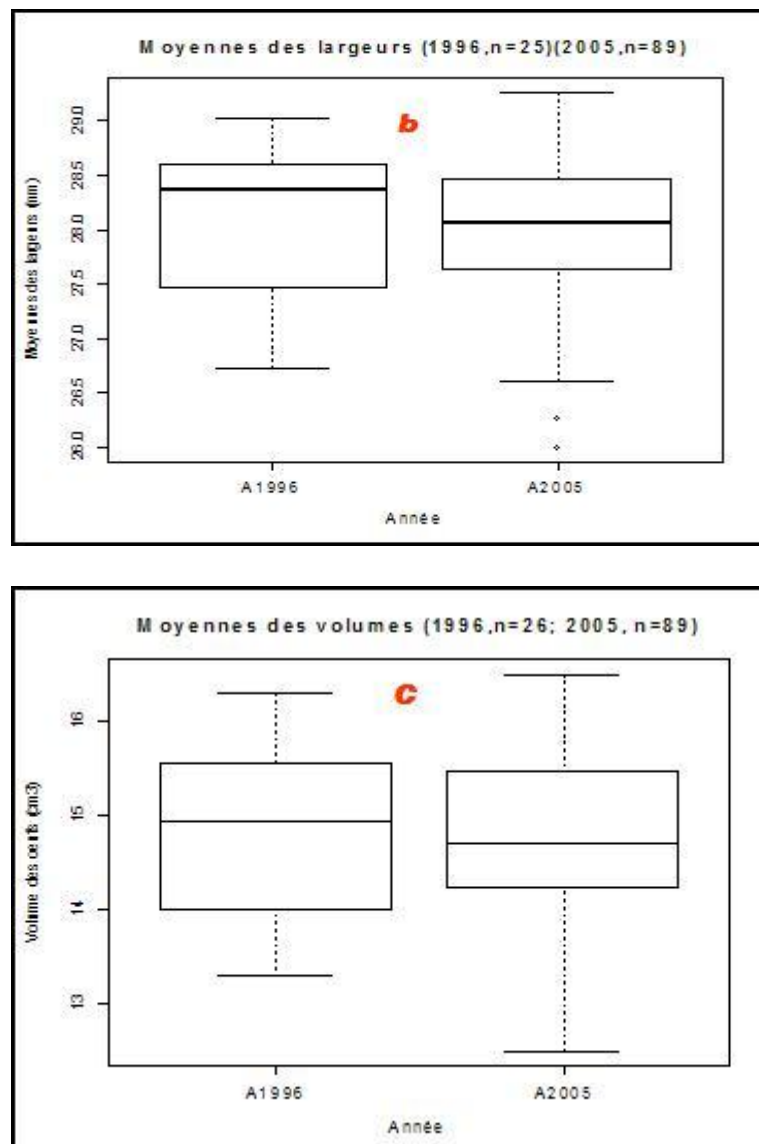


Figure 28(a- c) : Moyennes des longueurs, largeurs et volumes des œufs 1996/2005



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le travail sur la population de guifettes moustac, a été initié en 1996/1997 et poursuivi en 2005/2006. Il s'agit d'un travail exploratoire et empirique à la fois, axé sur des questions appliquées, du fait que l'espèce n'a fait l'objet d'aucune étude approfondie et n'a connu un intérêt qu'après la parution du premier travail (**Bakaria et al. 2002**). Par conséquent, les études sur lesquelles s'appuyer à titre de comparaison étaient peu nombreuses.

Nous avons pu affiner certains aspects de la reproduction de la colonie et constater que les changements qui se sont produits au cours d'une dizaine d'années, concernent essentiellement le développement de la végétation émergée et particulièrement la nupharaie, qui constitue l'habitat par excellence pour l'installation de la colonie de guifette moustac.

Cependant, les changements de la structure de la nupharaie, ont aboutit au déplacement de la colonie vers le centre du lac et à la réduction de la taille des nids en raison de l'utilisation de plantes souples, présentes aux alentours immédiats des nids.

Les changements dans la composition et la taille des nids ainsi que leur emplacement par rapport à la rive du lac, n'ont pas influencé la taille des œufs ni celle de la ponte. Cependant les précipitations et en particulier les fortes averses provoquent des élévations brusques des niveaux d'eau qui, par voie de conséquences, peuvent retarder voire compromettre les pontes. Par ailleurs, ce facteur peut avoir, à chacune des phases de la reproduction, des effets catastrophiques. Les conditions météorologiques constituent donc, un facteur déterminant du taux d'éclosion chez les guifettes puisque leurs nids sont flottants sur l'eau et leur structure est lâche.

Le succès à l'éclosion de la colonie est en général, plus élevé et plus stable par rapport à celui des colonies nichant dans d'autres zones géographiques, traduisant l'équilibre de la population et du milieu qui l'abrite.

Il manque une partie importante de données dans notre étude. En effet, notre protocole souffre de l'absence de données sur les pertes post-éclosion. Ce manque de données est du au



caractère semi-nidifuge des poussins de guifettes et de la nature de l'habitat, la nupharaie qui constitue un refuge pour ces derniers à l'approche des intrus, ce qui rend le suivi quasi-impossible.

Ce handicap aurait pu être compensé par un comptage exhaustif des poussins à l'envol pour toute la colonie mais là aussi les contraintes de l'asynchronisme des pontes d'une part et d'autre part, l'étendue du plan d'eau, nous ont empêché d'avoir des données fiables.

La bonne réussite de la reproduction, constitue également un facteur déterminant de la fidélité au site. Ceci indique également que le milieu est stable et l'habitat est homogène et offre équitablement les conditions nécessaires pour la réussite de la reproduction tout au long de la saison pour toutes les années d'étude, ajouté à cela, l'opportunité alimentaire des guifettes.

La fidélité de la colonie au lac Tonga souligne encore une fois l'importance de ce site. Il constitue à la fois, avec les prairies qui l'entourent, un site de reproduction et de gagnage, jouissant d'une grande richesse en petits poissons, insectes terrestres, insectes aquatiques et leurs larves, batraciens et leurs têtards, constituant des ressources trophiques disponibles tout au long de la saison de reproduction pour cette espèce. Cette disponibilité alimentaire permet aux guifettes d'économiser des dépenses énergétiques pour se déplacer loin de la colonie pour se nourrir. En comparaison, en Europe, les guifettes s'alimentent en général dans des zones (étangs et prairies) différentes de leurs sites de nidification à des distances allant jusqu'à 4 km de leur lieu de reproduction.

Au vu des valeurs obtenues du succès à l'éclosion et la situation la plus méridionale de l'aire de reproduction de la Guifette moustac, le lac Tonga, est un habitat favorable pour cette espèce en déclin dans son aire de distribution géographique.

La difficulté d'accès au site et le choix de ne pas dépasser vingt minutes par groupe de nids, pour les différentes mesures afin de minimiser le dérangement, nous ont amené à mettre de côté d'autres aspects inhérents à l'espèce. Cependant les résultats obtenus, nous ont permis de faire une évaluation de la qualité du site de reproduction et d'ouvrir le passage pour d'autres études afin de compléter les connaissances sur les traits de vie de l'espèce et sur le site.



Les aspects pouvant être entrepris concernent le comportement de l'espèce face aux dérangements et aux prédateurs, le temps consacré à la couvaison par les deux partenaires, le suivi de la survie des poussins jusqu'à leur émancipation, le rythme de nourrissage des poussins, le régime alimentaire qui nous renseignerait indirectement sur les ressources utilisées sur le site.

Il est également important d'entreprendre des études sur les facteurs pouvant avoir un impact sur le succès reproducteur tels que la prédation, les dérangements et les attaques parasitaires.

Le baguage des oiseaux migrateurs n'est pas encore développé en Algérie, ainsi les distances parcourues ainsi que les trajectoires migratoires de la population algérienne de Guifettes moustac, sont méconnues.. Il serait donc judicieux de penser à la mise en place d'un programme national de marquage pour les espèces migratrices qui permettrait de mieux cerner la fidélité au site, les trajets migratoires et les zones d'hivernage.

Le baguage nous permettrait également de situer la colonie au sein de la métapopulation à travers la connaissance des échanges (dispersion et recrutement) entre la population de guifettes du lac Tonga et celles d'Europe. Ceci permettrait de mettre en place un plan de sauvegarde de l'espèce concerté sur son aire de reproduction.

Par ailleurs, le maintien de la population de guifettes et de toutes les espèces du lac Tonga, souligne la nécessité de conserver impérativement ce site par des mesures de gestion permettant de maintenir et d'améliorer sa valeur pour la biodiversité. Des efforts de conservation doivent être consentis pour arriver à une bonne gestion du lac et des zones environnantes. Parmi les mesures urgentes à prendre par les services concernés par la gestion de ce site nous citons :

- La reconstitution du couvert végétal du bassin versant du lac, pour atténuer le problème d'atterrissement résultant des eaux qui alimentent le plan d'eau, chargées de matières en suspension,



- Le maintien des prairies naturelles entourant le lac, qui constituent un lieu d'alimentation des guifettes et d'autres espèces. Ces prairies sont remplacées la plus part du temps par des cultures très exigeantes en eau, notamment pendant la période d'étiage.
- Le traitement des eaux usées domestiques des agglomérations avoisinantes avant leur rejet dans le lac. Ceci permettrait de freiner l'eutrophisation du lac, déjà en cours.
- Entreprendre des études sur la gestion de la nupharaie, dont l'expansion fait disparaître les surfaces d'eau libre, nécessaires à la chasse et à l'installation des guifettes, mais induit aussi nombre de contraintes pour d'autres espèces. Une des solutions qui peut être préconisée et déjà utilisée en Brenne (France), pour éviter le comblement et le développement de la végétation, c'est la mise en assec du plan d'eau en été et le curage mécanique des chenaux pour leur désenvasement car le faucardage nécessite beaucoup d'efforts humains et financiers. Cette pratique était utilisée pendant et après la période coloniale.
- La contrôle de l'activité de pêche au niveau des zones humides en général et en particulier sur les sites Ramsar puisque l'une des unités du complexe humide du parc national d'El Kala, le lac Oubeira, est susceptible de constituer un site de reproduction pour les guifettes. Cette hypothèse est soutenue par la présence, en été, d'une couverture végétale constituée par de vastes nappes de châtaigne d'eau *Trapa natans*, qui pourrait constituer un support pour les nids. Nous pensons d'ailleurs que l'activité de pêche dans ce site, constitue la contrainte majeure pour l'installation des guifettes en plus de l'impact négatif des carpes chinoises introduites dans le lac Oubeira, qui du fait de leur exploitation des différents niveaux trophiques, ont appauvri le site de ses ressources, utiles pour les autres espèces, dont font partie, les proies des guifettes. La conservation de la biodiversité ne doit pas être compromise au profit d'un seul souci économique dont la rentabilité n'est même sûre.
- La surveillance de la colonie pendant la période de reproduction et du site dans son ensemble, demeure le moyen de dissuasion des chasseurs et des pêcheurs qui constituent une source importante de dérangements.



- En fin, il est important, notamment pour des zones humides appartenant à un parc national et classées sites Ramsar, que la conservation ait toute sa place pour garantir la pérennité du patrimoine naturel algérien pour le futur.



- Alabrudzińska J., Kaliński A., Słomczyński R., Wawrzyniak J., Zieliński P., Bańbura J. 2003. Effects of nest characteristics on breeding success of Great Tits *Parus major*. Acta Ornithol. 38: 151-154.
- Allan D. G. 1988. Whiskered terns *Chlidonias hybridus* breeding in the south-eastern Transvaal Highveld, South Africa. Revue Cormorant 16 (1): 3-6.
- Alström P. et Mild K. 1989. Identification of marsh terns in juvenile and winter plumages. British Birds 82: 296-319.
- Alvarez E. et Barba E. 2008. Nest quality in relation to adult condition and its impact on reproduction in Great Tits *Parus major*. Acta Ornithol. 43: 3-9.
- Amininasab et al., 2004. Reproductive phenology and breeding success on the whiskered tern (*Chlidonias hybridus*) in southern of Caspian Sea Ab-bandans (artificial wetlands) in the north of Iran (Mazandaran province). Section 5: Caspian Sea: Ecology and Biology
- Amininasab S. M. et Ghahramanpouri M. 2011. Effect of research or field activities on the Whiskered tern *Chlidonias hybridus*) breeding success in Marzoonabad artificial wetland (Mazandaran Pronince, Iran). World Journal of Science and Technology 1(3): 12-16
- Amininasab S.M., 2004. Effect of local conservation measures on Whiskered tern, *Chlidonias hybridus*, breeding success in Zarrinkola and Marzoonabad perennial ponds, Mazandaran province. Journal of marine sciences and technology 3(1):1-14.
- Anderson T. R., 1994. Breeding biology of house sparrows in northern lower Michigan. Wilson Bull. 106 (3): 537-548.
- Andersen V., J. Sardou et P. Nival (1992). The diet migrations and vertical distributions of zooplankton and micronekton in the Northwestern Mediterranean Sea. 2: Siphonophores, hydromedusae and pyrosomids. J. Plankt. Res. 14 : 1155-1169.
- Antolos M., Roby D.D., Lyons D. E., Anderson S.K. et Collis K. 2006. Effects of Nest Density, Location, and Timing on Breeding Success of Caspian terns. Waterbirds 29(4): 465-472.
- Aragonès J., 2003. Breeding biology red-necked nightjar *Caprimulgus rufficollis* in southern Spain. Ardeola 50 (2): 215-221.
- Arnold J.M., Hatch J.J. et Nisbet I. C. T., 2004. Seasonal declines in reproductive success of the common tern *Sterna hirundo*: timing or parental quality? Journal of Avian Biology 35 (1): 33-45.



- Ashoori A., 2010. Breeding Biology and Success of the Little Egret *Egretta garzetta* in Karfestan Ab-bandan, Roudsar, Gilan Province, Northern Iran Podoces 5 (1): 29-34.
- Badyaev A.V. et Faust J.D. 1996. Nest site fidelity in female Wild Turkey: potential causes and reproductive consequences. Condor 98: 589-594.
- Bakaria F., Rizi H., Ziane N., Chabi Y. et Banbura J. 2002. Breeding ecology of whiskered terns in Algeria, north Africa. Waterbirds 25 (1) : 56-62.
- Bakaria F. et al. 2009. Long-term changes in the size, structure and location of Whiskered tern *Chlidonias hybrida* (P.) nests in deteriorating environmental conditions of a north african lake. Polish journal of ecology 57 (4): 749-749.
- Bakaria, 2002. Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la population de Guifette moustac *Chlidonias hybridus hybridus* (Pallas, 1811) dans les zones humides du Nord-est algérien : Cas du lac Tonga. Thèse Magister, université Badji Mokhtar, Annaba ; 66 p.
- Balkiz Ö. 2006. Dynamique de la métapopulation de Flamants roses en Méditerranée: implications pour la conservation. Thèse de doctorat Montpellier II.140 p.
- Barati A., Aliakbari A. et Ghasempouri S. M., 2010. Variations in Breeding Success and Daily Nest Survival of Whiskered Tern (*Chlidonias hybrida*) at Two Iranian Colonies. Russian Journal of Ecology 42 (4): 315–320.
- Bargiel R. et Banbura J., 2003. Last eggs in White-winged tern clutches are not smallest, are marsh terns different from other Larids? Waterbirds 26: 457-461.
- Barlow M. L. et Dowding J.E., 2002. Breeding biology of Caspian terns (*Sterna caspia*) at a colony near Invercargill, New Zealand. Notornis 49: 76-90
- Baeyens G., 1981. The role of the sexes in territory defence in the Magpie (*Pica pica*). Ardea 69: 69-82.
- Beebee T.J.C., 2005. Conservation genetics of amphibians. Heredity 95:423–427.
- Belair (De) G. 1990. Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El Kala, Algérie) extrême orientale). Thèse d'université USTL Montpellier II 193p + annexes.
- Beletsky L.D. et Orians G.H., 1991. Effects of breeding experience and familiarity on site fidelity in female red-winged blackbirds. Ecology (72): 787-796.
- Begon, M., Harper J. L. et Townsend C. R., 1996. Ecology: Individuals, Populations and Communities. 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. 1068 p.



- Beissinger S. R., Reed J. M., Wunderle J. M., Jr., Scott K. Robinson S. K. et Finch D. M., 2000. Report of the AOU conservation committee on the partners in flight species prioritization. *The Auk* 117 (2): 549-561.
- Benmergui M. et Broyer J., 2005. La guifette moustac: démographie et qualité des habitats étude en Dombes. *Faune sauvage* 269 : 14-19.
- Bennett P.M. et Owens I.P.F., 2002. *Evolutionary Ecology of Birds. Life Histories, Mating Systems and Extinction*. Oxford University Press, Oxford. 278 p.
- Bensch S, Hasselquist D, Vonschantz T., 1994. Genetic similarity between parents predict hatching failure- nonincestuous inbreeding in the great red warbler. *Evolution* 48: 317-326.
- Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Boulahbal R., Chalabi B., Haou F., Rouag R. et Ziane N., 1998. Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe de zones humides (Wilaya d'El Tarf) 300 p.
- Benyacoub S. et Chabi Y., 2000. Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d' El-Kala, Publication de l'Université d'Annaba, Synthèse 7 : 1-98.
- Bernard A. et Teyssier S., 2008. La Guifette moustac. in *Oiseaux nicheurs de Rhône-Alpes*. Extrait de CORA. 336 p.
- BirdLife International / European Bird Census Council (2000): *European bird populations: estimates and trends*. Cambridge, UK: BirdLife Conservation Series No. 10.
- Blancher P. J. et Robertson R. J., 1985. Predation in Relation to Spacing of Kingbird Nests. *The Auk* 102 (3) : 654-658.
- Blomqvist D., Johansson O.C. et Gotmark F., 1997. Parental quality and egg size affect chick survival in a precocial bird, the Lapwing *Vanellus vanellus*. *Oecologia* 110.
- Boersma P.D. Nathaniel T. Wright W. et Nerini M., 1980. The breeding biology of the fork-tailed Storm-Petrel (*Oceanodroma furcata*). *The Auk* 97: 268-282.
- Bohonak, A.J., 1999. Dispersal, gene flow, and population structure. *Quarterly Review of Biology* 74 (1): 21-45.
- Boissy A., Pham-Delegue M.H. et Baudoin C., 2009. *Ethologie appliquée comportement animaux et humains, question de société*. Edition Quae. 264P.
- Boulinier T. et Danchin E., 1997. The use of conspecific reproductive success for breeding patch selection in territorial migratory species. *Evolutionary Ecology* 11: 505-517.



- Boulinier T., Danchin E., Monnat J.Y., Doutrelant C. et Cadiou B., 1996. Timing of prospecting and the value of information in a colonial breeding bird. *Journal Of Avian Biology* 27: 252-256.
- Braby R. J., Shapira, A. et Simmons R. E. 2001. Successful conservation measures and new breeding records for Damara Terns *Sterna balaenarum* in Namibia. *Marine Ornithology* 28: 81-84.
- Brown JH. Brown K., 1977. Turnover rates in insular biogeography: effects of immigration on extinction. *Ecology* 58 : 445-449.
- Bukacińska M. et Bukaciński D., 1993. The effect of habitat structure and density of nests on territory size and territorial behaviour in the Black-headed Gull (*Larus ridibundus* L.). *Ethology* 94: 305-316.
- Burger J., 1982. The role of reproductive success in colony-site selection and abandonment in Black Skimmers (*Rynchops Niger*). *Auk* 99: 109-115.
- Burger J. et Gochfeld M., 1990. The Black Skimmer Social Dynamics of a colonial Species. Columbia University Press, New York. 355p.
- Chalabi B. 1990. Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune (Cas du lac Tonga, Parc National d'El Kala). Thèse de Magister, INA, Alger.
- Carter T.R., Hulme M., Crossley J.F., Malyshev S., New M.G., Schlesinger M.E. et Tuomenvirta H., 2000. Climate Change in the 21st Century: Interim Characterizations based on the New IPCC Emissions Scenarios. The Finnish Env. Inst., Helsinki. 148 p.
- Cazacu M., 2006. Nesting sites for *Chlidonias hybridus* (Aves, Charadriiformes, Sternidae) North-Western. *Journal of Zoology* 2 (2): 73-87.
- Cazacu M. Gache C. 2005. Comparative observation on the hatching populations of *Chlidonias* genus in the inferior area of the Prut river. *Analele Științifice ale Universității "Al.I. Cuza" Iași, s. Biologie animală*, Tom LI, Al.I. Cuza" University of Iasi
- Chabi Y. Benyacoub S. et Banbura J., 2000. Egg-size variation in Algerian populations of the Blue Tit (*Parus caeruleus ultramarinus*): effects of altitude and habitat. *Revue d'Ecologie: La Terre et la Vie* 55:183-192.
- Cézilly F. et Hafner H., 1995. Les oiseaux d'eau coloniaux du bassin méditerranéen, écologie et conservation. Station biol. Tour du Valat. Colonial Waterbirds society. 60p.



- Chapman-Mosher B. A. 1978. Factors influencing reproductive success and nesting strategies in black terns', Thesis PHD. Univ. Fraser Simon USA. 154 p.
- Chapman-Mosher B. A., 1986. Factors influencing reproductive success and nesting strategies in black terns. Dissertation. Simon Fraser University. Burnaby British Columbia, Canada.
- Chen X., 1993. Comparison of inbreeding and outbreeding in hermaphroditic *Arianta arbustorum* (L) (land snail). *Heredity* 71: 456-461.
- Christians J.K., Evanson M. et Aiken J.A., 2001. Seasonal decline in clutch size in European starlings: a novel randomization test to distinguish between the timing and quality hypotheses. *Journal of Animal Ecology* 70: 1080-1087.
- Christians J.K., 2002. Avian egg size: variation within species and Inflexibility within individuals, Cambridge Philosophical Society. United Kingdom. Rev. 77: 26 p.
- Coulson J. C., 2002. Colonial breeding in seabirds. in *Biology of Marine Birds* (E.A. Shreiber and J. Burger, Eds.). CRC Press. Boca Raton, FL. 87-113i
- Collias N.E. et Collias E.C., 1984. *Nest Building and Bird Behavior*. Princeton University Press, Princeton, 336 p.
- Cordonnier P., 1986. Notes sur le poussin de Guifette moustac "*Chlidonias hybrida*" et sa croissance. *Bièvre* 8 (11): 53-56.
- Coulson J. C., 1963. Egg size shape in the Kittiwake *Rissa tridactyla* and their use in estimating the age and composition of populations. *Proc. Zool. Soc.*
- Coulson J. C. et White E., 1958. The effect of age on the breeding of Kittiwakee *Rissa tridactyla*. *Ibis* 100: 40-51.
- Coulson J. C., Potts G. R. et Horobin J., 1969. Variation in the eggs of the shag *Phalacrocorax aristotelis*. *The Auk* 86: 232-245.
- Coulson J.C. et Thomas C.S., 1985. Differences in the breeding performance of individual Kittiwake Gulls *Rissa tridactyla* (L.). In: Sibly, R.M. & Smith, R.H. (Eds). *Behavioral ecology: ecological consequences of adaptive behavior*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Press. : 489-503.
- Courtney S. P., 1980. Studies on the Biology of the Butterflies *Anthocharis cardamines* L. and *Pieris napi* L. in Relation to Speciation in the Pierinae. PhD thesis, University of Durham.
- Cramp S., 1985. *The Birds of the Western Palearctic*. Oxford University Press, vol. 4 : 970 p.



- Cramp S. et Simmons K. E. L., 1985. Handbook of the birds of Europe, the middle East and North Africa the birds of western palearctic. Vol. IV: terns to woodpeckers. Ed. Oxford University Press.: 133-143.
- Cramp S. et Simmons, K.E.L., 1977. Handbook of the birds of Europe, the middle East and North Africa.: Oxford, University Press. Vol. I. The birds of the Western Palearctic vol. 1 Ostriches to ducks. Oxford. Oxford University Press.
- Crawford D. N., 1977. Notes on the feeding of two *Chlidonias* terns. *Emu* 77: 146-147.
- Dajoz R., 1985. Précis d'Ecologie. Ed. Bordas. Paris. 505 p.
- David, N. et Gosselin M. 2002. Gender agreement of avian species names. *Bull. Brit. Orn. Cl.* 122 (1): 14-49.
- Danchin, E. et Wagner R. H., 1997. The evolution of York. coloniality: the emergence of new perspectives. *Trends in Ecology & Evolution* 12: 342-347.
- Del Hoyo J., Elliott A. et Sargatal J., 1996. Handbook of the birds of the world. Vol. 3. Barcelona: Lynx Edicions. 821 p.
- Darley J. A., Scott D. M. et Taylor N. K., 1977. Effects of age, sex, and breeding success on site fidelity of Gray Catbirds. *Bird-Banding* 48: 145-151.
- Delius J. D., 1965. A population study of Skylarks *Alauda arvensis*. *Ibis* 107: 466-492.
- Dostine P.L. et Morton S.R., 1989. Feeding ecology of the "Whiskered tern *Chlidonias hybrida*, in the Alligator rivers region, Northern territory. *Aust. Wildl. Res.* : 549-561.
- Dunn J., 1979. Field notes: Short-tailed and Sooty Shearwaters. *Western Tanager* 45 (7) : 9.
- Dunn E.H., 2002. Using Decline in Bird Populations to Identify Needs for Conservation Action. *Conservation Biology*, 16 (6) : 1632-1637.
- Elkins N., 1983. Weather and bird behaviour. Ed. T et AD Poyser LTD: 239 p.
- Elkins N., 1996. Les oiseaux et la météo, Delachaux et Niestlé (Eds.), Paris: 214 p.
- Eldridge J. L. et Krapu G. L., 1988. The influence of diet quality on clutch size and laying pattern in mallards. *Auk* 105: 102-110.
- Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *L'année biologique*. 3^e série, T 31 : 249-255.



- Encabo S., Barba E., Gil-Delgado J. A. et Monros J., 2002. Geographical variation in egg size of great tit. *Ibis* 144: 623-631.
- Encabo S. I., Barba E., Gil-Delgado J. A. et Monros J. S., 2001. fitness consequences of egg shape variation: a study of two passerines and comments on the optimal egg shape model. *Ornis fennica* 78: 83-92.
- Etchécopar R.D. et Hüe F., 1964. Les oiseaux du Nord de l'Afrique, de la mer rouge aux Canaries. Ed. Boubée, Paris, 606 p.
- Evans R. M. et McNicholl M. K., 1972. Variations in the Reproductive Activities of Arctic Terns at Churchill, Manitoba. *Arctic* 25 (2): 131-141.
- Evans K.L., Warren P.H. et Gaston K.J. 2005: Species-energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. *Biological Reviews*,
- Ewers R.M. et Didham R.K. 2005. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81: 117-142.
- Fasola M., 1986. Distribuzione e popolazione dei Laridi e Sternidi nidificanti in Italia” (Distribution and population of Laridae and Sternidae breeding in Italy). *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina*, Vol. XI.
- Ferianc O. 1977. The birds of Slovakia. Vol. I, Veda, Bratislava. 472p.
- Forero M.G. Donázar J.A., Blas J., Hiraldo, F. 1999. Causes and consequences of territory change and breeding dispersal distance in the black kite. *Ecology* 80: 1298-1310.
- Fornasari L. 1992. Le tre specie " *Chlidonias* " presenti in Europa. *Silva* 2: 89-96.
- Fuggles-Couchman N. R., 1962. Nesting of Wiskered tern *Chlidonias hybrida sclateri* in Tanganyika. *Ibis*. 104 (4) : 563-564.
- Freer V.M. 1979. Factors affecting site tenacity in New York Bank Swallows. *Bird-Banding*, 50 (4): 349-357.
- Gache C. et Muller J. W. 2004. Breeding birds populations' Evolution in the Iba, Vladeni' (Iasi County) Romania. *Special issues of Macedonian Ecological Society* 6: 501-506.
- Gandon S. et Michalakis Y., 2001. Multiple causes of the evolution of dispersal. In: Causes, consequences and mechanisms of dispersal at the individual, population and community level. (Clobert, J.; Nichols, J. D.; Danchin, E.; Dhondt, A., eds.) Oxford University Press, Oxford, UK: 155-167.
- Ganter B. et Cooke F., 1998. Colonial nesters in a deteriorating habitat: Site fidelity and colony dynamics of Lesser snow geese. *The Auk* 115 (3): 642-652.



- Gauffre B., 2009. Flux géniques et dispersion chez un rongeur à démographie cyclique dans un paysage agricole intensif. Thèse de doctorat de l'Université Montpellier II. 82p + publications.
- Gavin T. A. et Bollinger E. K., 1988. Reproductive correlates of breeding site fidelity in Bobolinks (*Dolichonyx oryzivorus*). *Ecology* 69:96-103.
- Gauthier G., 1990. Philopatry, nest-site fidelity, and reproductive performance in Buffieheads. *Auk* 107:126-132.
- Géroudet P., 1972. Les Palmipèdes, Delachaux et Niestlé, Lausanne.
- Gil-Delgado JA, Marco E, Paredes M. et Vives-Ferrandiz C., 2005. Seasonal clutch size variation of multi-brooded bird species: comparisons between breeding season and latitudes. *Ibis* 147: 206-212
- Giraldeau L. A., 1997. The ecology of information use (In: Behavioural Ecology. An Evolutionary Approach, Eds: J.R. Krebs, N.B. Davies). Blackwell, Oxford: 42-68.
- Gómez J., Gil-Delgado J. A. et Monrós J. S., 2006. Breeding success of a colony of Boat-billed Herons *Cochlearius cochlearius* (Ciconiiformes: Ardeidae) in pasturelands of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54 (4): 1131-1134.
- Gordo O., Sanz, J.J. et Lobo J.M., 2008. Geographic variation in onset of singing among populations of two migratory birds. *Acta Oecologica* 34: 50-64.
- Greenwood P.J. et Harvey P. H., 1982. The natal and breeding dispersal of birds. *Ann Rev Ecol Syst.* 13: 1-21.
- Grobois V., 2001. Trait d'histoire de vie et paramètre démographique Etude empirique dans une population de mouette rieuse *Larus rudibundus* (L). Thèse de doctorat Univ. Montpellier II. 157 p.
- Haas C. A., 1997. What characteristics of shelterbelts are important to breeding success and return rate of birds? *Am. Midl. Nat.* 137: 225-238.
- Hansell M., 2000. Bird Nests and Construction Behaviour. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 280 p.
- Hanski I., 2001. Population dynamic consequences of dispersal in local populations and in metapopulations in: Clobert, J., Danchin, E., Dhondt, A. A. et Nichols, J. D. (eds), Dispersal. Oxford University Press, Oxford: 283-298.



- Hanski I. et Gaggiotti O.E., 2004. Metapopulation biology: past, present, and future. Ecology, Genetics, and Evolution of Metapopulations (eds. Hanski et Gaggiotti Elsevier), Amsterdam. 3-22.
- Harrison C. 1977. Le guide de terrain: Nids, œufs et poussins d'Europe. Bordas : 430 p.
- Harvey P.H., Greenwood P.J. et Perrins C.M. 1979. Breeding area fidelity of Great Tits (*Parus major*). J. Anim. Ecol. 48: 305-313.
- Hector A., Schmid B., Beierkuhnlein C., Caldeira M.C., Diemer M. et Dimitrakopoulos P. G. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science 286: 1123-1127.
- Heim de Balzac H. et Mayaud N. 1962. Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique. Distribution, géographique. Ecologie, migration et reproduction. Ed. Lechevalier Paul, Paris VI. 486 p.
- Heinzel H., Fitter H., et Parslow J., 1972. Oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du moyen Orient. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchatel. 319 p.
- Hellio J. F. et Van Ingen N. 1991. Guifette moustac, la sentinelle des marais. Terre sauvage 51: 82-89.
- Herranz J., Traba J., Morales M. B. et Suarez F. 2004. Nest size and structure variation in two ground nesting passerines, the Skylark *Alauda arvensis* and the Short-toed Lark *Calandrella brachydactyla*. Ardea 92: 209-218.
- Hitching S. P., et Beebe T.J. C., 1998. Loss of genetic diversity and fitness in common toad (*Bufo bufo*) populations isolated by inimical habitat. Journal Evol. Biol. 11: 269-283.
- Hinde R. A., 1956 The biological significance of the territories of birds. Ibis 98:340-369.
- Hobbs, R. J. 2000. Land-use changes and invasions. (in H. A. Mooney and R. J. Hobbs, eds) Invasive species in a changing world. Island Press, Washington, D.C. 55-64.
- Hoover J. P. 2003. Decision rules for site fidelity in a migratory bird, the Prothonotary warbler. Ecology, 84(2): 416-430.
- Hong S.B., Woo Y.T et Higashi S., 1998. Effects of clutch size and egg-laying order on the breeding success in the Little Tern *Sterna albifrons* on the Nakdong Estuary, Republic of Korea. Ibis 140:408-414.
- Hoyt D.F. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. Auk 96:73-77.
- Hunt, S., Cuthill I. C., Bennett A. T. D. et Partridge J. C., 1999. Preference for ultraviolet partners in the blue tit. Anim. Behav. 58, 809-815.



- Iverson B., Balgooyecn P., Byrdk .K. et Lyddank K. 1993. Latitudinal variation in egg and clutch size in turtles. *Canadian Journal of Zoology* 71: 2448-2461.
- Janiszewski T., Wlodarczyk R., Bargiel R., Grzybek J., Kalinski A., Lesner L. et Mielczarek S. 1998. The birds of Jeziorsko reservoir in (1986-1996). *Notatki ornithologiczne* 39: 121-150.
- Järvinen A. 1999. Correlation between egg size and clutch size in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* in cold and warm summers. *Ibis* 138: 620-623.
- Johnson M.L. et Gaines M.S., 1990. Evolution of dispersal: theoretical models and empirical tests using birds and mammals. *Annual Review of ecology and systematics* 21: 449-480.
- Kadid Y., 1989. Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Parc National d'El Kala. Thèse Ingéniorat Etat en Agronomie, Institut National d'Agronomie Alg. 106 p.
- Kapocsy G., 1995. Weissflugel- und Weissbartseeschwalbe. Die Neue Brehm Bucherei. Witteberg Lutherstadt : 156 p.
- Keller, L. F., P. Arcese, J. M. Smith, W. M. Hochachka, and S. Stearns. 1994. Selection against inbred song sparrows during a natural population bottleneck. *Nature* 372: 356–357.
- Keller L. F. et Waller D. M., 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends Ecol. Evol.* 17:230-241.
- Kern M. D., 1984. Racial differences in nests of White-crowned Sparrows. *Condor* 86: 455-466.
- Kern M. D. et Van Riper C., 1984. Altitudinal variations in nests of the Hawaiian honeycreeper *Hemignathus virens virens*. *Condor* 86: 443-454.
- Klopfer P.H. et Hailman J.P., 1965. Habitat selection in birds. *Advances in the Study of Behavior* (1): 279-303.
- Klopfer P. H. et Ganzhorn J. U., 1985. Habitat selection: Behavioral aspects. in Cody, M. L. (ed.). *Habitat selection in birds*. Academic Press, London, UK: 435-453.
- Kokko H., Harris M.P. et Wanless S., 2004. Competition for breeding sites and site-dependent population regulation in a highly colonial seabird, the common guillemot *Uria alge*. *Journal of Animal Ecology* 73: 367-376.
- Koivula K. Lahti K. Orell M. et Rytönen S. 1993. Prior residency as a key determinant of social dominance in the Willow Tit (*Parus montanus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 33:283-287.
- Knox A. G.; Collinson, M.; Helbig, A. J.; Parkin, D. T.; Sangster, G. 2002. Taxonomic recommendations for British birds. *Ibis* 144: 707-710.



- Lambrechts M. M., Blondel, J., Maistre, M., & Perret, P., 1997. A single response mechanism is responsible for evolutionary adaptive variation in a bird's laying date. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94: 5153-5155.
- Latraube F., 2006. Biologie de la reproduction de la guifette moustac *Chlidonias hybrida* en Brenne. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (E.P.H.E). Sciences de la vie et de la Terre. Montpellier (34). 96 pages + Annexes.
- Latraube F., Mortreux .S et Bretagnolle S. 2006. Premières données issues du baguage de poussins de guifette moustac *Chlidonias hybridus* en brenne. *Alauda* 74 (2) : 265-268.
- Leclaire S., 2010. Signaux sexuels, choix du partenaire et investissement parental chez la mouette tridactyle *Rissa tridactyla*. Thèse de doctorat. Université de Toulouse III. 146p.
- Lenzi J., Jiménez S., Caballero-Sadi D., Alfaro M., et Laporta P. 2010. Some aspects of the breeding biology of royal *Thalasseus maximus* and Cayenne terns *T. sandvicensis eurygnathus* on Isla Verde, Uruguay. *Ornithologia Neotropical* 21: 361-370.
- Levins R., 1968. Evolution in changing environments: some theoretical explorations. Monographs in Population Biology, Number 2. Princeton University, Princeton, New Jersey, USA.
- Lomont H. 1945. Les conditions de la nidification en Camargue de la Guifette moustac, *Chlidonias hybrida* (Pallas). *Bull. du muséum d'histoire naturelle de Marseille* 3: 106-111.
- Louzao M., Igual J. M., Genovart M., Forero M. G., Hobson K. A., Oro D., 2008. Spatial variation in egg size of a top predator: Interplay of body size and environmental factors? *Acta oecologica* 34: 186-193.
- Madsen J., Reed A et Andre A., 1996. Status and trends of geese (*Branta* and *Anser* sp.) in the world: Review, updating and evaluation. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildlife.*, 13: 337-353.
- Martin T. E. 1987. Food as a limit on breeding birds: a life history perspective. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:453-487.
- Mazgajski T.D. et Rykowska Z. 2008. Dependence of nest mass on nest hole depth in the Great Tit *Parus major*. *Acta Ornithol.* 43: 49-54.
- McNicholl K.M. 1975. Larid site tenacity and group adherence in relation to habitat. *The Auk* 92: 98-104.
- Mees G.F. 1979. Distribution et nidification de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (P), en Europe et en Afrique du Nord. *Zoologische Bijdragen*: 46-51.
- Mees, G. F. (1976) Some birds recorded from Timor by Salomon Muller in 1828-29. *Emu* 76: 150-151.



- Mittermeier R. A., Robles-Gil P., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier Lamoureux J. et Fonseca G.A.B., 2004. Hotspots revisited. – Mexico City: CEMEX. (Agrupacion Sierra Madre).
- Mills D.H., 1979. Bird predation - current views. In Proceedings of the Institute of Fisheries Management Tenth Annual Study Course. University of Nottingham. London, Janssen Services: 264-71
- Minias P., Kaczmarek K., Janiszewski T. et Wojciechowski Z., 2011. Spatial variation in clutch size and egg size within a colony of whiskered terns (*Chlidonias hybrida*). The Wilson Journal of Ornithology 123(3): 486-491.
- Mock DW, Parker GA, 1998. Siblicide, family conflict and the evolutionary limits of selfishness. Anim Behav 56: 1-10.
- Montadert M. 2005. Fonctionnement démographique et sélection de l'habitat d'une population en phase d'expansion géographique. Cas de la Gélinoite des bois dans les Alpes du Sud, France. Thèse de doctorat de l'Université de Franche-Comté. 353p.
- Moreno J., Martinez J., Corral C., Lobato E., Merino S., Morales J., Martinez-De La Puente J., Tomas G. 2008. Nest construction rate and stress in female Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. Acta Ornithol. 43: 57-64.
- Morgan N.C. 1982. An ecological survey of standing waters in north west Africa : II. Site descriptions for Tunisia and Algeria. Biological conservation 24: 83-113.
- Morris R. D., Hunter R. A. et McElman J. F. 1976. Factors affecting the reproductive success of common tern *Sterna hirundo* colonies on the lower Great Lakes during the summer of 1972; Can. J. Zool. 54 (11): 1850-1862.
- Murray M. D. 1967. Silver Gull Banding. The Australian Bird Bander 5: 7.
- Muzinic J. et Delic A. 1997. Nesting biology of whiskered tern *Chlidonias hybridus* in Croatia. Avocetta 21: 165-168.
- Nager R. G., Johnson A. R., Boy V., Rendón-Martos M., Calderón J. et Cézilly F., 1996. Temporal and spatial variation in dispersal in the greater flamingo (*Phoenicopterus ruber roseus*). Oecologia 107: 204-211.
- Newton I, Marquiss M (1982) Fidelity to breeding area and mate in sparrow hawks *Accipiter nisus*. J Anim Ecol 51:327-341.
- Nisbet I. C. T. 1973. Population models for Common terns in Massachusetts. Vol. 49, No. 1



- Nisbet I. C. T. et Welton M. J. 1984. Seasonal variations in breeding success of common terns consequences of predation. *The condor* 86: 53-60.
- Nolan V., 1978. The ecology and behavior of the Prairie Warbler *Dendroica discolor*. Ornithol. Monogr. 26.
- Noss R. F., Beier P., Covington W., Grumbine E., Lindenmayer D. B., Prather J., Schmiegelow F., Sisk T., and Vosick D. 2006. Integrating ecological restoration and conservation biology: a case study for ponderosa pine ecosystems of the Southwest. *Restoration Ecology* 14: 4-10.
- Ojanen M. 1979. Role of heredity in egg size variation in the great tit *Parus major* and pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ornis Scand.* 10: 22-28
- Ojanen M., 1983. Significance of variation in egg traits in birds, with special reference to passerines. *Séries a scientiae rerum naturalium n° 154. Biologica n° 20 Acta universitatis Oulu 154 A, Biol.* 20: 1-61.
- Ojanen M., Orell M. et Väisänen R. A. 1978. Egg and clutch sizes in four passerine species in northern Finland. *Ornis Fennica* 55: 60-68.
- Olivieri I. et Gouyon P.-H. P., 1997. Evolution of migration rate and other traits The metapopulation effect. In *Metapopulation biology*, Hanski & Gilpin eds.. Academic Press: 293-323.
- Paillisson J.M. et al. 2006. Reproductive parameters in relation to food supply in the whiskered tern *Chlidonias hybridus*. *Journal für ornithologie* 148: 69-77.
- Paillisson J.M., Marion L. 2006. Can small water level fluctuations affect the biomass of *Nymphaea alba* in large lakes? *Aquat. Bot.* 84: 259-266.
- Paillisson J.M., Reeber S., Carpentier A. et Marion L. 2006. Plant-water regime management in a wetland: consequences for a floating vegetation-nesting bird, Whiskered Tern *Chlidonias hybridus*. *Biodiv. Conserv.* 15: 3469-3480.
- Paillisson J. M., Latraube F., Marion L., et Bretagnolle V. 2008. Indirect evidence of conspecific nest parasitism in the colonial whiskered tern *Chlidonias hybrida*. *C.R. Biologies* 331 (7): 559-567.
- Paillisson J. M., 2004.. Etude de la biométrie des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu. Univ. de Renne I Univ. de Renne I.
- Paillisson J. M., 2005. Etude de la biométrie des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu. Univ. de Renne I. 10p.
- Paillisson J. M., 2006. Etude de la biométrie des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu Univ. de Renne I. 9 p.



- Paillisson J. M., 2007. Bilan des opérations de mesures biométriques des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu. Univ. de Renne I. 5p.
- Paillisson J. M., 2008. Bilan des opérations de mesures biométriques des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu Univ. de Renne I. 7 p.
- Palomino J. J., Martin-Vivaldi M., Soler M. et Soler J. J. 1998. Functional significance of nest size variation in the Rufous Bush Robin *Cercotrichas galactotes*. *Ardea* 86: 177-185.
- Palma L., Beja P., Rodrigues M., 1999. The use of sighting data to analyse Iberian lynx habitat and distribution. *Journal of Applied Ecology* 36: 812-824.
- Parejo D. Danchin E. et Avilés J.M. 2005. The heterospecific habitat copying hypothesis: can competitors indicate habitat quality?. *Behavioral Ecology*. 96-105.
- Parmesan C. et Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421 (January 2): 37-42.
- Pärt T. et Gustafsson L., 1989. Breeding dispersal in the Collared flycatcher (*Ficedula albicollis*) : Possible causes and reproductive consequences. *J. Anim. Ecol.* 58: 305-320.
- Paton, P. W. C. et T. C. Edwards, J. R., 1996. Factors affecting interannual movements of Snowy Plovers. *Auk* 113: 534-543.
- Payne B.P. et Payne L.L., 1993. Breeding dispersal in indigo bunting : Circumstances and breeding success and population structure. *Condor* 95: 1-14.
- Pelayo, J. T. 2001. Correlates and consequences of egg size variation in wild Ruddy Ducks (*Oxyura jamaicensis*). Unpublished M.Sc. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan.
- Perrins C.M., 1970. The timing of birds' breeding seasons. *Ibis* 112: 242–255.
- Pierotti R. et Bellrose C. A., 1986. Proximate and ultimate causation of egg size and the "third-chick disadvantage" in the western gull. *The Auk* 103 : 401-407.
- Pinot A., 2009. Influence de la densité et de l'habitat sur la répartition spatiale d'une espèce. Mémoire de stage de Master 2. Université de Poitiers. 55p.
- Potti J. 1993. Environmental, ontogenetic and genetic variation in egg size of Pied flycatchers. *Canadian Journal of Zoology*, 71: 1534-1542.
- Powell L.A. et Rangen K.L., 2000. Variation in Wood Thrush nest dimensions and construction. *N. Amer. Bird Bander* 25: 89-96.



- Pratt H. et Winkler D.W. 1985. Clutch size, timing of laying and reproductive success in a colony of great blue herons and great egrets. *The Auk* 102: 49-63.
- Price T., Kirkpatrick M. et Arnold S. J., 1988. Directional selection and the evolution of breeding date in birds. *Science* 240: 798-799.
- Ramos J.A., Maul A.M., Ayrton V., Bullock I., Hunter J., Bowler J., Castle G., Mileto R. et Pacheco C. 2002. Influence of local and large-scale weather events and timing of breeding on tropical roseate tern reproductive parameters. *Mar Ecol Progr Ser* 243: 271-279.
- Rizi H. 1994. Caractérisation de l'écologie de reproduction de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (Pallas), dans le Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf). Ingéniorat d'état, Université de Annaba.
- Rizi H., Benyacoub S., Chabi Y. et Banbura J. 1999. Nesting and reproductive characteristics of coots *Fulica atra* breeding on two lakes in Algeria. *Ardeola* 46(2): 179-186.
- Robertson G. J., and F. Cooke. 1999. Winter philopatry in migratory waterfowl. *Auk* 116: 20-34.
- Rouag R., 1999. Inventaire et écologie des Reptiles et Amphibiens du Parc National d'El Kala. Thèse de Magister, Université de Annaba. 90 p.
- Ryder P.L. et Ryder J.P. 1981. Reproductive performances of Ring-Billed gulls in relation to nest location. *The Condor* (83): 57- 60.
- Sadoul N. Johnson A. R. Walmsley J. G. et Levêque R. 1996. Changes in the number and the distribution of colonial Charadriiformes breeding in the Camargue, southern France. *Colonial Waterbirds* 19 (Special Publication 1): 46-58.
- Samraoui F Menai R. et Samraoui B. 2007. Reproductive ecology of the Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) at Sidi Achour, north-eastern Algeria. *Ostrich* 78 (2) : 481-487
- Sanchez-Lafuente A. M. 2004. Trade-off between clutch size and egg mass and their effects on hatchability and chick mass in semi precocial purple swanphen. *Ardeola* 51 (2): 319-330.
- Sangster G., Collinson J. M., Helbig A. J., Knox A. G. et Parkin D. T. 2005. Taxonomic recommendations for British birds: third report. *Ibis* 147 (4) : 821-826.
- Sanz J.J., 1998. Effects of geographic location and habitat on breeding parameters of great tits. *The Auk* 115(4): 1034-1051.
- Saoueche Y., 1993. Etude de la reproduction et le développement larvaire des Odonates du Lac Tonga. Thèse de magister. Université de Constantine.



- Schaefer V.H., 1976. Geographic variation in the placement and structure of oriole nests. *Condor* 78: 443-448.
- Sehhatisabet M. E. et Nezami B., 2007. Preliminary Survey of Breeding Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* at Selkeh Wildlife Refuge, Anzali wetland, Southwest Caspian Sea: *Podoces* 2 (1): 72-76.
- Schieck, J. O. et Hannon, S. J., 1989. Breeding site fidelity in willow ptarmigan: the influence of previous reproductive success and familiarity with partner and territory. - *Oecologia* 81: 465-472.
- Schifferli A. 1955., 1955. Beobachtungen an einer Weissbartseeschwalben - Kolonie in der Camargue. *Orn. Beob.*, 52 : 25-38.
- Semones J. D. 2003. Consequences of nesting date on nesting success and juvenile survival in white ibis. Master of science. University of Florida. 70 p.
- Servello F. A. 2000. Population research priorities for black terns developed from modelling analyses. *Waterbirds* 23(3) : 440-448.
- Shah G. M., Jan U., Ahanger F.A., Bilal A. Bhat B.A et Fazili M. F. 2008. Egg laying, egg parameters and clutch size in Mallard *Anas platyrhynchos*. *Indian Birds* 4(3): 106-108.
- Shealer D.A., Buzzell, J.M. et Heiar J.P. 2006. Effect of floating nest platforms on the breeding performance of Black Terns. *J. Field Ornithol.* 77(2) :184-194.
- Sibachir A., Barbraud C., Doumandji S. et Hafner H., 2008. Nest site selection and breeding success in an expanding species, the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. *Ardea* 96(1): 99-107.
- Sibley C.G. et Monroe B.L. 1990. Distribution and taxonomy of birds of the world. Yale University Press, New Haven.
- Slatkin M., 1987. The average number of sites separating DNA sequences drawn from a subdivided population. *Theor. Popul. Biol.* 32: 42-49.
- Soulé M. E., 1986. Conservation biology: The science of scarcity and diversity. Sunderland: Sinauer Associates : 584p.
- Snow D. W. et Perrins C. M. 1998. The birds of the Western Palearctic. Concise Edition. Oxford University Press. 1832 p.
- Snow D.W. 1978. The nest as a factor determining clutch-size in tropical birds. *J. Ornith.* 119: 227-230.
- Spear L. B. et Nur N. 1994. Brood size, hatching order and hatching date: effects on four life-history stages from hatching to recruitment in Western Gulls. *J. Anim. Ecol.* 63: 283-298.



- Spee M. 2010. Mécanismes hormonaux impliqués du nid chez un oiseau longéif : le Manchot Adélie. Thèse de doctorat. Université de Strasbourg. 208p.
- Spina F. 1982. Contribution to the breeding biology of the Whiskered tern *Chlidonias hybrida* in Val Compotto (Northern Italy). *Avocetta* 6: 23-33.
- Spina F., 1986. Mignatino piombato "*Chlidonias hybridus*" (Pallas, 1811). *Supplemento alle ricerche di biologia della selvaggina*. Vol. XI: 121-127.
- Stearns S. C., 1992. *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, London. 249 pp.
- St Clair C.C., Waas R., St Clair R. C., Boag F. T., 1995. Unfit mothers? Maternal infanticide in royal penguins. *Anim Behav*. 50: 1177-1185.
- Steeger C. 1989. Proximate and ultimate aspects of seasonal variation in the reproductive performance of ofspreys. Thèse de Master of science. Fraser University. 74p.
- Suarez F. 2005. Seasonal and interannual variability in laying date, clutch size, egg volume and hatching asynchrony of four Lark species in Mediterranean Spain, *Ardeola* 52 (1) 103-117.
- Swift J.J. 1960. Notes on the behaviour of Whiskered terns *Chlidonias hybrida*. *British Birds* 53: 559-572.
- Sydeman W. J., Penniman J. F., Penniman J. E., Pyle T M., et Ainley D. G.. 1991. Breeding performance in the Western Gull: effects of parental age, timing of breeding, and year in relation to food availability. *J. Anim. Ecol.* 60: 135-149.
- Tallmon DA, Luikart G, Waples R. S. 2004. The alluring simplicity and complex reality of energetic rescue. *Trends Ecol Evol* 19:489-496.
- Tarboton W. R., Clinning C. F. et Grond M., 1975. Whiskered tern breeding in the Transvaal. *Ostrich* 46: 188.
- Tarboton W. R., Kemp M. I. et Kemp A. C., 1987. *Birds of the Transvaal*. Pretoria : Transvaal Museum.
- Teixeira, J. et Arntzen, J. W., 2002. Potential impact of climate warming on the distribution of the Goldenstriped salamander *Chioglossa lusitanica*, on the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation* 11: 2167-2176.
- Thienpont S., 2005. Habitats et comportements de ponte et d'hivernation chez la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Isère. Diplôme de l'école pratique des hautes études (EPHE). 161p..
- Thomas C.D., Cameron A., Rhys E., Green R. E., Bakkenes M., Beaumont L.J., Collingha Y.C., Erasmus B. F. N., Siqueira M. F., Grainger A., Hannah L., Hughes L., Huntley B., Van



- Jaarsveld A.S., Midgley G. F., Miles L., Ortega-Huerta M. A., Peterson T., Phillips O. L. et Williams S. E., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- Tilman, D., Knops J. Wedin D., Reich P., Ritchie M., et Siemann E., 1997a. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.
- Tinbergen, N. (1952). Derived activities: Their causation, biological significance, origin and emancipation during evolution. *Quart. Rev. Biolog.* 27: 1-32.
- Tinbergen N., 1961. The herring gull's world: A study of the social behavior of birds. Ed. Basic Books. 255p.
- Tomas G., Merino S., Moreno J., Sanz J.J., Morales J. et Garcia-Fraile S. 2006. Nest weight and female health in the Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*). *Auk* 123: 1013-1021.
- Tomialojck L. 1994. Birds in Europe their conservation status. Ed. U.K. Birdlife International, Birdlife Conservation 3: 302-303.
- Trotignon J. Williams T. et Hémary G. 1989. La reproduction de la guifette moustac en Brenne (Indre). S.R.E.T.I.E. Secrétariat d'état à l'environnement. 13 p.
- Trotignon J., Williams T. & Hémary G., 1994. Reproduction et dynamique des colonies de la population de guifettes moustacs *Chlidonias hybridus* de la Brenne. *Alauda* 62 (3) : 89-104
- UICN 2004, 2009 et 2012. The IUCN Red List of threatened species.
- Väisänen R. A., Hilden O., Soikkeli M. et Vuolanto S. et al.(1972). Egg dimension variation in five wader species: the role of heredity. *Ornis Fennica* 40: 25-44.
- Van der Winden J. (2005) Fish and amphibians as calcium source for Black Terns *Chlidonias niger* feeding in acid bogs. *Vogelwelt* 126: 235-241.
- Van Dijk G. et Ledant J. P., 1983. La valeur ornithologique des zones humides de l'est algérien - *Biol. Cons.*: 215-226.
- Véla E. et Benhouhou S. 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C. R. Biologies* 330.
- Velarde E. 1999. Breeding biology of Hermann's gulls on Isla Rasa, gulf of California, Mexico. *the Auk* 116 (2): 513-519.
- Weatherhead P. J. et Boak K. A., 1986. Site infidelity in song sparrows. *Anim. Behav.* (34): 34: 1299-1310.
- Wetlands International 2006. Annual Review. Global achievements 2006.



- Wendeln H., 1997. Body mass of female common terns (*Sterna hirundo*) during courtship: relationship to male quality, egg mass, diet, laying date and age. Col. Waterbirds 20: 235-243.
- Wesołowski T., Czeszczewik D., Rowiński P. et Walankiewicz W., 2002. Nest soaking in natural holes – a serious cause of breeding failure? Ornis Fennica 79: 132-138.
- Whitlock, M. C., 2001. Dispersal and genetic properties of metapopulations. In: Dispersal. Oxford University Press. Clobert, J., Danchin, E., Dhondt, A.A., et Nichols, J.D. (éd). Oxford, UK: 273-82.
- Wiebe K.L. et Bortolotti G.R., 1995. Food-dependent benefits of hatching asynchrony in American Kestrels (*Falco sparverius*). Behavioral Ecology and Sociobiology 36: 49-57.
- Wilson E.O. 2007. Les Dossiers de La Recherche « Biodiversité, Les menaces sur le vivant.
- Williams A. J., 1980. Offsprings reduction in Macaroni and Rock hopper Penguins. Auk 97: 754-759.
- Yom-Tov Y., Christie M. I., Iglesias G.J., 1994. Clutch size in passerines of southern South America. Condor 96: 170-177.
- Yosef R. et Zduniak P. 2004. Within-clutch variation in egg dimensions of Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*) in south-central Florida). Biol. Lett. 41(2): 155.162.
- Zduniak P. et Antczac M., 2003. Repeatability and within-clutch variation in egg dimensions in a Hooded Crow *Corvus corone* population. Biological Lett. 40: 37-42.