

Remerciements

Arrivé au bout de chemin de ma thèse, je prends quelque temps pour regarder en arrière et voir un peu ce trajet que j'ai parcouru pendant cinq ans afin d'exprimer tous mes remerciements, et si j'y arrive, mes sentiments à ceux qui m'ont accompagné et soutenu jusqu'à ce point précis de ma vie:

Louange à Dieu qui nous a donné l'esprit, le courage pour surmonter toutes les difficultés durant notre étude ainsi que l'endurance pour terminer ce projet.

Ma thèse a été réalisé au sien du laboratoire de la conservation des zones humides de l'université 08 Mai 1945 de Guelma, sous la direction de Professeur Samraoui Boudjéma que je tiens à remercier pour l'honneur d'avoir accepter de nous guider durant tout ce travail avec professionnalisme malgré toutes ses obligations, et pour ces conseils précieux, sa patience et son soutien continuuel qui nous a facilité notre accès au stage de terrain ainsi pour le temps qu'il nous a consacré jusqu'à l'achèvement de ce travail.

Mes remerciements vont au Dr. SAMRAOUI Chenafi Farrah pour sa modestie, sa gentillesse, ses encouragements et son aide sur terrain ainsi son aide durant tous notre cycle d'étude universitaire.

Aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail :

- ❖ Mr. Kachi Slimane Proffesseur à l'université de Guelma, d'avoir présider notre jury.
- ❖ Mr Ouldjaoui Abdallah MCA à L'université d'Oum El-Bouaghi, Mme Habbachi Wafa MCA à l'université d'Annaba et Mme Grara Noudjoud MCA à l'université de Guelma d'avoir accepter d'examiner notre modeste travail.

Je souhaite remercier plus particulièrement :

- NADJEH R, TOUATI L pour m'avoir apporté quelques conseils techniques afin de réaliser au mieux ce travail.
- Mes amies, pour l'amitié et le soutien qu'ils m'apporté au cours de ces années d'études.
- Sans oublié l'ensemble de nos enseignants qui ont assuré notre formation durant toutes ces années d'étude.
- ainsi que toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce fruit de fin d'étude:
À mon très cher parent;
source d'amour et de patience.
A toi maman (Rachida), la fleur de ma vie
et le symbole de courage.
A toi papa (Miloud), toi qui m'a toujours
poussé et motivé dans mes études.
A mon mari karim, je lui dirais encore
une fois simplement merci.
A mon ange Moatez Abd Ennour
À mes frères: Saïd et Salim, mes chères
sœurs: Moufida, Cherifa, Meriem et Safia
ainsi qu'à leurs familles
A tous mes oncles et mes tantes spécialement
mon chère oncle Abd ElMadjid
A tous mes collègues surtout; Dalel, Zineb,
ainsi mes très chères amies.
A toute la famille *Cheriet*

Sommaire

Introduction.....	01
Chapitre 01: Description du Grèbe huppé	
1.1. Historiques des études effectués sur le Grèbe huppé.....	05
1.2. Généralités sur la famille.....	06
1.3. Biologie du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i>	09
1.3.1. Description générale.....	09
1.3.2. Besoins biologiques de l'espèce.....	12
1.3.2.1. Alimentation.....	12
1.3.2.2. La mue.....	13
1.3.2.3. L'habitat.....	14
1.4. Caractères écologiques.....	14
1.4.1. Comportement.....	14
1.4.2. Reproduction.....	15
1.4.2.1. Saison de reproduction.....	15
1.4.2.2. Parade nuptiale.....	15
1.4.2.3. Nidification.....	17
1.4.2.4. Stratégies.....	17
1.5. Distribution, statut et population du Grèbe huppé.....	18
Chapitre 02: Description du site d'étude	
2.1. Présentation de la Numidie.....	21
2.1.1. La Numidie orientale.....	21
2.1.2. La Numidie occidentale.....	21
2.2. Les zones humides du PNEK.....	22
2.3. Site d'étude le Lac Tonga.....	23
2.3.1. Situation géographique.....	23
2.3.2. Situation administrative et juridique.....	26
2.3.3. Situation socioéconomique.....	26
2.3.4. Caractéristiques physiques.....	26
2.3.5. Caractéristiques climatique.....	28
2.3.7. Caractéristiques écologiques.....	33
2.3.7.1. Cadre floristique.....	33
2.3.7.2. Cadre faunistique.....	34
Chapitre 03: Matériel et Méthodes	
3.1. Matériel.....	35
3.1.1. Matériel consacré au terrain.....	35
3.1.2. Matériel consacré à l'analyse des données.....	36
3.2. Méthodes de travail.....	36
3.2.1. Localisation des nids.....	36
3.2.1.1. Variables abiotiques.....	37
3.2.1. 2. Variables biotiques.....	37
Chapitre 04: Résultats et discussion	
4.1. Résultats de la première saison de reproduction (l'année 2011).....	40
4.1.1. Mode d'occupation spatiotemporelle du site.....	40
4.1.1.1. Présentation du l'aire d'échantillonnage.....	40
4.1.1.2. Chronologie de ponte.....	40

4.1.2. Mode d'occupation spatiale du site.....	40
4.1.2.1. La végétation.....	40
a- Type de végétation.....	40
b- Hauteur de végétation.....	43
c- Densité de végétation.....	43
4.1.2.2. Profondeur de l'eau.....	45
4.1.3. Caractéristiques des nids.....	48
4.1.4. Caractéristiques des œufs.....	49
4.1.5. Paramètres de la reproduction.....	53
a- La durée d'incubation.....	53
b- La grandeur de ponte.....	53
c- Le succès de reproduction.....	53
d- Les facteurs d'échec de la reproduction.....	53
4.1.6. Les éclosions.....	55
a- La période d'éclosion.....	55
b- Le succès à l'éclosion.....	55
c- Les facteurs d'échec d'éclosion.....	55
4.2. Résultats de la deuxième saison de reproduction (l'année 2012).....	60
4.2.1. Mode d'occupation spatiotemporelle du site.....	60
4.2.1.1. Chronologie de ponte.....	60
4.2.2. Mode d'occupation spatiale du site.....	60
4.2.2.1. La végétation.....	60
a- Type de végétation.....	60
b- Hauteur de végétation.....	62
c- Densité de végétation.....	62
4.2.2.2. Profondeur de l'eau.....	64
4.2.3. Caractéristiques des nids.....	67
4.2.4. Caractéristiques des œufs.....	68
4.2.5. Paramètres de la reproduction.....	72
a- La durée d'incubation.....	72
b- La grandeur de ponte.....	72
c- Le succès de reproduction.....	72
d- Les facteurs d'échec de la reproduction.....	72
4.2.6. Les éclosions.....	74
a- La période d'éclosion.....	74
b- Le succès à l'éclosion.....	74
c- Les facteurs d'échec d'éclosion.....	74
4.3. Comparaison entre les résultats des deux années (2011, 2012).....	79
4.3.1. Mode d'occupation spatiotemporelle du site.....	79
4.3.1.1. La comparaison entre la végétation de deux saisons.....	79
a- Type de végétation.....	79
b- Densité de végétation.....	81
4.3.1.2. La comparaison entre les profondeurs de deux saisons.....	81
4.3.2. La phénologie de ponte de l'espèce durant deux saisons.....	83
4.3.3. Les caractéristiques des nids durant deux années.....	86
4.3.4. Les caractéristiques des œufs durant deux années.....	86
4.3.5. Les paramètres de reproduction.....	88
a- La grandeur de ponte.....	88
b- Le succès à l'éclosion.....	88

c- Les facteurs d'échec de la reproduction.....	88
4.3.6. Les éclosions.....	94
a- La période d'éclosion.....	94
b- Le succès à l'éclosion.....	94
c- Les facteurs d'échec d'éclosion.....	95
Discussion	98
1. Phénologie de ponte	98
2. Le choix du site de nidification	98
3. La taille des œufs	99
4. La grandeur de ponte	99
5. Les facteurs d'échec de reproduction	100
6. Des pontes mixent	101
7. Conservation	101
Conclusion	103
Références bibliographiques	106
Résumés	

Liste des figures

N	Intitulé de la figure	page
01	Photo des pattes palmées des Grèbes.	11
02	Photo d'un adulte Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> .	11
03	Photo des poussins du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> .	11
04	Photo d'un Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> sommeillant et l'autre plongeant.	16
05	Photos de parade nuptiale du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> .	16
06	Le statuts du Grèbe huppé dans le monde.	20
07	Carte de l'aire de répartition du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> dans le monde.	20
08	Carte de l'Algérie avec un gros plan de la Numidie.	24
09	Complexe de zones humides de la Numidie orientale.	24
10	Carte de localisation du Parc National d'El-Kala.	25
11	Situation géographique du Lac Tonga.	29
12	Carte du réseau hydrographique de Lac Tonga.	29
13	Graphe d'Emberger pour la région d'El-Kala.	32
14	Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Kala	32
15	Photo d'un œuf du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.	39
16	Photo des œufs marqués du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> .	39
17	Localisation de l'aire d'échantillonnage au Lac Tonga.	41
18	Chronologie des pontes du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga par semaine en 2011.	42
19	La répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> dans les différentes strates de végétation utilisées pour la nidification en 2011 au Lac Tonga.	42
20	Distribution des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon la hauteur de végétation en 2011 au Lac Tonga.	44
21	La répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps Cristatus</i> selon la densité de végétation au Lac Tonga en 2011.	44
22	La distribution des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon les différentes profondeurs de l'eau au Lac Tonga en 2011.	46
23	Box plot des différentes profondeurs utilisés par le Grèbe huppé en 2011.	46
24	Box plot des densités de végétation utilisés par le Grèbe huppé en 2011.	47
25	Box plot des hauteurs de végétation utilisés par le Grèbe huppé en 2011.	47
26	Box plot des mesures des nids du Grèbe huppé en 2011.	51
27	Box plot des mesures des œufs du Grèbe huppé en 2011.	52
28	La répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon la grandeur de ponte au Lac Tonga en 2011.	54
29	Succès et échec de reproduction des nids du Grèbe huppé au Lac Tonga en 2011.	54
30	Secteurs représentent les causes de l'échec de reproduction du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2011.	57
31	Dates des éclosions du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> par semaine en 2011 au Lac Tonga.	57
32	Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2011.	59
33	Secteurs représentent les causes de l'échec des éclosions des œufs du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2011.	59
34	Chronologie des pontes du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> par semaine en 2012	61

	au Lac Tonga.	
35	La répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> dans les différentes strates de végétation utilisées pour la nidification en 2012 au Lac Tonga.	61
36	Distribution des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon la hauteur de végétation en 2012 au Lac Tonga.	63
37	La répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon la densité de végétation au Lac Tonga en 2012.	63
38	La distribution des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon les différentes profondeurs de l'eau au Lac Tonga en 2012.	65
39	Box plot des différentes profondeurs utilisés par le Grèbe huppé en 2012.	65
40	Box plot des différentes densités de végétation utilisés par le G. huppé en 2012.	66
41	Box plot des différentes hauteurs de végétation utilisés par le G. huppé en 2012.	66
42	Box plot des mesures des nids du Grèbe huppé en 2012.	70
43	Box plot des mensurations des œufs du Grèbe huppé au Lac Tonga en 2012.	71
44	La répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> selon la grandeur de ponte au Lac Tonga en 2012.	73
45	Succès et échec de reproduction des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2012.	73
46	Secteurs représentent les causes de l'échec de reproduction du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2012.	76
47	Dates des éclosions du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> par semaine en 2012 au Lac Tonga.	76
48	Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2012.	78
49	Secteurs représentent les causes de l'échec des éclosions au Lac Tonga en 2012.	78
50	Photos de différentes strates de végétation du Lac Tonga utilisés par le Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> comme site de nidification en 2011 et 2012.	80
51	La répartition des nids du Grèbe huppé selon la date ponte en 2011 et 2012	85
52	La distribution des nids du G. huppé selon la grandeur de ponte en 2011 et 2012.	90
53	La relation entre la grandeur de ponte et la date de ponte.	90
54	Estimation des probabilités du succès de la reproduction en fonction du volume du nid et en fonction du type de végétation.	91
55	Photos des différents nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga prise en 2011.	93
56	Un nid de Foulque macroule <i>Fulica atra</i> contenant un œuf du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> (Cheriet <i>et al.</i> , 2015).	97
57	Photo du poussin et un œuf marqué du Grèbe huppé prise au Lac Tonga.	97

Liste des tableaux

N	Intitulé du tableau	Page
01	La distribution des Grèbes dans le monde.	08
02	Principales mesures biométriques et poids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> .	19
03	Principales mensurations et poids des œufs du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> .	19
04	L'aire de distribution des sous espèces du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> , leur statut et leur population dans le monde.	19
05	Température de l'aire de la période (1997- 2006) de la région d'El-Kala.	31
06	Valeurs météorologiques de la région d'El-Kala (Mai 2010- Avril 2011).	31
07	Caractéristiques des nids du G. huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2011.	50
08	Caractéristiques des œufs du G. huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2011.	50
09	Taux de réussite de reproduction du G. huppé au Lac Tonga en 2011.	56
10	Facteurs de l'échec de reproduction des nids du G. huppé au Lac Tonga en 2011.	56
11	Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé au Lac Tonga en 2011.	58
12	Facteurs de l'échec d'éclosion des œufs du Grèbe huppé au Lac Tonga en 2011.	58
13	Caractéristiques des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2012.	69
14	Caractéristiques des œufs du G. huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2012.	69
15	Taux de réussite de reproduction du Grèbe huppé au Lac Tonga en 2012.	75
16	Facteurs de l'échec de reproduction des nids du G. huppé au Lac Tonga en 2012.	75
17	Succès à l'éclosion des œufs du G. huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2012.	77
18	Facteurs de l'échec d'éclosion des œufs du G. huppé au Lac Tonga en 2012.	77
19	Comparaison entre la répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> dans les différentes strates de végétation au Lac Tonga en 2011 et 2012.	82
20	Comparaison entre la répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> dans les différentes densités de végétation au Lac en 2011 et 2012.	82
21	Comparaison entre la répartition des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> dans les différentes profondeurs d'eau au Lac Tonga en 2011 et 2012.	84
22	Comparaison de la phénologie de ponte du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> durant deux saisons de reproduction au Lac Tonga en 2011 et 2012.	84
23	Comparaison des caractéristiques des nids du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga entre deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012.	87
24	Comparaison entre la taille des œufs du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga en 2011 et 2012 (longueur, largeur et volume).	87
25	Comparaison de la grandeur de ponte du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> au Lac Tonga durant deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012.	89
26	Comparaison du succès de la reproduction du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012 au Lac Tonga.	89
27	Estimation des paramètres du succès de nidification pour l'analyse de régression linéaire du Grèbe huppé	92
28	Comparaison des facteurs d'échec de la reproduction du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> en 2011 et 2012 au Lac Tonga.	92
29	Comparaison de la date des éclosions du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> durant deux saisons de reproduction au Lac Tonga en 2011 et 2012.	96
30	Comparaison du succès à l'éclosion du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012 au Lac Tonga.	96
31	Comparaison des facteurs d'échec à l'éclosion du Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i> en 2011 et 2012 au Lac Tonga.	96

Introduction

L'expression "zone humide" regroupe toute une gamme de biotope terrestre, côtière et marin ayant en commun un certain nombre de caractéristiques. Plus de cinquante définitions différentes ont cours pour préciser ce qu'elle recouvre réellement, la plus large, celle de la convention de Ramsar (1971), définit les zones humides comme: « des étendus des marais, de fagne, de tourbières ou d'eau naturelle ou artificielle, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salé, y compris des étendus d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.».

Les zones humides acquièrent à travers toute la planète une importance de plus en plus grande. Ces milieux sont non seulement riches en biodiversité et extrêmement productifs, mais ils jouent un rôle capital dans la conservation et la gestion des eaux douces (Raachi, 2007).

La biodiversité de la méditerranée occidentale en générale et partiellement de l'Algérie est très variée du fait de sa situation géographique, de son potentiel en zones humides, de grandes valeurs écologiques, culturelles et économiques, et de la grande variété de ces habitats (Quézel & Médail, 2003).

L'Algérie abrite une grande diversité des zones humides qui sont des stations importantes pour les oiseaux migrateurs paléarctiques nicheurs et hivernants (Boulkhsaim *et al.*, 2006 ; Chokri *et al.*, 2008). Elles se situent à l'interface entre les milieux aquatiques et les milieux terrestres. Le rôle multi-fonctionnel (fonction écologique, biologique, climatique, d'alimentation, de reproduction, d'abri et de refuge) de ces zones conduit à leur conférer un statut d'infrastructure naturelle (Samraoui & de Bélair, 1997; 1998).

Ces zones attirent régulièrement un grand nombre d'Anatidés et Foulques grâce aux bonnes conditions qui sont offertes, durant l'hivernage et la saison de nidification (Isemann & Moali, 2001 ; Ledant *et al.*, 1981)

Le pays compte quelques 250 zones humides répertoriées en tant que telle, c'est-à-dire les lacs d'eau douce, les étangs, les lagunes, les marécages, les deltas, les gueltas, les tourbières et les aulnaies. Elles atteindraient le millier si l'on compte en plus les oueds, les grottes, les dayas et les zones côtières. Quarante-deux sites sont classés à la liste Ramsar dont trente-trois sont d'intérêt ornithologique avec dix-neuf qualifiés comme ZICO (Samraoui & Samraoui, 2008).

La région algérienne la plus importante et la plus riche en zones humides est la région du Nord-Est d'Algérie, qui totalise pas moins de 72 sites humides. Le complexe de zones humides d'El-Kala, située au Nord-est de l'Algérie, possède un ensemble de zones humides exceptionnel au Maghreb par ces dimensions et notamment par la diversité faunistiques et floristique (Stevenson *et al.*, 1988). Les sites de reproduction les plus importants, en termes de richesse spécifique, sont le lac Fetzara, Lac Tonga, le marais de Mekhada, Boussedra et Tinsilt (Samraoui & Samraoui, 2008).

La connaissance de ces zones humides ne peut être envisagée qu'après des études de fonctionnement global de ces dernières et leur utilisation par les oiseaux d'eau qui sont des descripteurs du fonctionnement d'un milieu (Saeijs & Baptist, 1977).

Les études écologiques des stratégies de reproduction des oiseaux d'eau sont très intéressantes et très importantes, elles sont révélatrices de structure et de fonctionnement des zones humides (Green, 1996).

Les dénombrements annuels hivernaux de l'avifaune aquatique, on met en évidence le rôle majeur joué par ce complexe, notamment pour les anatidés avec un effectif moyen de l'ordre 90000 à 100000 individus (Van Dijk & Ledant, 1983 ; Skinner & Smart, 1984). Les conditions offertes par ce complexe déterminent une richesse biologique considérable qui dépasse largement le cadre de l'ornithologie. C'est néanmoins l'avifaune seule que nous présentons à titre d'exemple, et d'argument pour la conservation de ces milieux (Van Dijk & Ledant, 1983).

Dans le Lac Tonga (une réserve intégrale situé dans la région d'El-Kala) comme au niveau des autres sites voisins, le scénario d'arrivés, de reproduction et de départ des différentes espèces d'oiseaux d'eau ni jamais toujours tout à fait le même, ces variations sont toujours dues à des facteurs divers: trophiques, climatiques et anthropiques (Abbaci, 1999).

Les oiseaux d'eau sont des excellents bio-indicateur de la structure et de fonctionnement des écosystèmes aquatiques grâce à leur réponse rapide au n'importe qu'elle changement du niveau d'eau (Carignan & Villard, 2002).

En Algérie, de nombreuses études de reproduction des oiseaux d'eau ont été enregistrés; telles que: Samraoui & Samraoui (2007) sur la Foulque macroule *Fulica atra*,

Samraoui *et al.* (2007) sur le Héron Garde-bœufs *bubulcus ibis*, Boucheker *et al.* (2009) sur l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*, Nedjah *et al.* (2010) sur le Héron pourpré *Ardea purpurea*, Boulekhssaim *et al.* (2006, 2013) sur le Tadorne de belon et Tadorne Casarca respectivement; Samraoui *et al.* (2006, 2010) ; Mesbah *et al.* (2011) sur le Flamant rose *Phoenicopterus roseus*, Samraoui *et al.* (2012) sur le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, Samraoui *et al.* (2013), Menaiaia *et al.* (2014) sur la Poule d'eau *Gallinula chloropus* ; Baaloudj *et al.* (2012, 2014) sur le Goéland leucophée *Larus michahellis*, Athamnia *et al.* (2015) sur le Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis*.

Le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* fait partie de la famille des *Podicépididés* ou des Grèbes, la famille qui rassemble 06 genres répertoriées sur 22 espèces extrêmement adaptées au milieu aquatique (Géroudet, 1946). Cette espèce sédentaire nicheuse dans le Lac Tonga et largement répandu à travers les zones humides de l'Est algérienne (Samraoui & Samraoui, 2011), est un excellent model biologique pouvant être utilisé comme un très bon bio-indicateur de la structure et de fonctionnement des milieux aquatiques, où elle est répartie car la vie de cet oiseau est strictement dépend de l'eau et n'importe qu'elle changement impose cette espèce à répondre rapidement (Fjeldsa, 2004).

Dans cette étude nous projetons de décrire et de mieux comprendre l'écologie de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga (Wilaya d'El Taref) durant sa saison de nidification, afin de combler les lacunes de nos connaissances et de pallier le manque d'information sur l'écologie de la reproduction de cette espèce en Algérie et en Afrique du Nord malgré son statut de sédentarité.

De fournir des compréhensions supplémentaires sur le succès de reproduction, le succès à l'éclosion ainsi que les sites de nidification du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*.

De déterminer et d'éclaircir le rôle écologique du Lac Tonga dans le maintien de cette espèce d'oiseau d'eau comme d'autres espèces aviaires afin de mettre en évidence la nécessité d'adopter une approche éco-systématique de gestion pour conserver ce lac.

Pour atteindre nos objectifs de recherche il s'est avéré utile de nous doter de ressources d'informations pertinentes et variées, que nous avons actualisé à partir:

- ✓ D'une recherche bibliographique, qui exige de recenser le maximum d'ouvrage et travaux pertinents exécutés sur le sujet.

- ✓ Prospection du terrain et observation directe, cette approche concerne la récolte des données qualitatives en mettant l'accent sur les sites de nidification et sur les divers facteurs biotiques et abiotiques qui influencent la reproduction de cet espèce.
- ✓ Enfin le traitement des données récoltées.

Afin de répondre aux objectifs de recherche, le travail réalisé a été organisé et présenté en quatre chapitres comme suit:

- ❖ L'introduction de l'étude qui expose la problématique de notre thèse en décrivant l'importance des oiseaux d'eau dans le fonctionnement des milieux aquatiques.
- ❖ Le premier chapitre est une partie purement théorique aborde la biologie du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, ses besoins biologiques, son écologie, ces caractères spécifiques et enfin sa distribution dans le monde et sa population.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à la description et la présentation de différents caractères du site d'étude, situation, cadre physique, climatique et biologique.
- ❖ Le troisième chapitre est une partie réservée au matériel et méthodes utilisés dans notre étude où on a exposé la méthodologie appliquée et les moyens mis en œuvre pour aborder le travail du terrain.
- ❖ Le quatrième chapitre concerne et présente le bilan des résultats obtenus, celui-ci fait l'objet d'une discussion générale au fur et à mesure. Les résultats sont repris sous forme de figures, des courbes, des tableaux et d'histogrammes représentant: La phénologie de la reproduction, les caractéristiques des nids et des œufs, la grandeur de ponte, le succès de reproduction et le succès à l'éclosion.
- ❖ Le travail est ponctué d'une conclusion générale.

Chapitre 01: Description du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*

1.1. Historique des études effectuées sur le Grèbe huppé dans le monde et en Algérie:

Bien que les oiseaux d'eau ont fait l'objet de nombreuses études en Europe et en Amérique du Nord, peu de travaux récents ont été consacrés en Afrique du Nord, et cela malgré la richesse de zones humides en espèces aviaires qui leurs sont inféodés.

En Algérie: La première étude sur la reproduction des oiseaux d'eau en Algérie était en 1993 de Boumezbeur sur l'écologie et la biologie de la reproduction du l'Erismature à tête blanche et Fuligule nyroca au Lac Tonga et Lac des Oiseaux.

Concernant les travaux sur la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en Algérie, et malgré son statut de sédentarité, un seul travail a été réalisé en Algérie de Ruibi *et al.*, 2013 au Lac Tonga et il a été initié sous la direction de Pr Samraoui. Le Grèbe castagneux a fait l'objet d'une étude de la reproduction au Lac Tonga (Athamnia *et al.*; 2015). Le présent travail de la reproduction du Grèbe huppé a un but d'expliquer l'écologie de cette espèce et la stratégie qu'il adopte durant la reproduction.

Dans le monde: Nombreux travaux sont cités par plusieurs auteurs auxquels, la biologie de l'espèce, les stratégies de reproduction, la mue et les comportements sont décrites.

Le travail de Keller (1989): a montré que le succès de reproduction des nids des Grèbes huppé est influencé par le dérangement des humains.

L'étude d'Ulenaers & Dhondt (1990): les Grèbes précoces (qui arrivent en premier aux sites de nidification) ont des œufs plus gros et un succès de reproduction plus élevé.

Le travail de Gwiazda (1997) sur l'accompagnement des poussins montre que les adultes accompagnés chassent plus de proies; souvent très petites (facile à capturer sur l'eau).

L'étude de Vogrin (2002) sur le succès de reproduction du Grèbe huppé révèle que le taux de prédation chez cette espèce est le moindre taux de toutes les espèces aviaires.

L'étude de Konter (2008): qui s'intéresse à la semi-colonialité du Grèbe huppé montre que l'espèce peut passer d'une stratégie solitaire vers une stratégie coloniale.

Les travaux de Stanevičius *et al.* (2005) et (2008) sur la nidification des Grèbes huppé à proximité des Foulques macroules *Fulica atra* montrent les bénéfices de rétrécissement des distances inter-nids comme protection.

1.2. Généralités sur la famille:

1.2.1. Description générale:

L'ordre des Podicipédiformes c'est un ancien groupe d'oiseaux plongeurs experts exclusivement aquatique, formé d'une seule famille des Podicipédidés (Grèbes). Elle est composée de 06 genres et 22 espèces occupent tous les continents et très nombreux dans les zones tempérées et les zones subtropicales, ils fréquentent les eaux stagnantes; les lacs et les marais des eaux douces ou saumâtres (O'Donnel & Fjeldsa, 1997).

Une existence strictement aquatique ne va pas sans une adaptation extrêmement poussée. La position des pattes est révélatrice à cet égard: elles apparaissent tout à l'arrière du long corps et très courte leur a valu le nom de Podicipédidés ("pieds au derrière") ce qui interdit le déplacement à terre. Les tarses, fortement aplatis latéralement, fendent l'eau avec le minimum de résistance. La plongée se prépare sans effort; il se fait de lancer la tête en avant, de pousser avec les pattes, et l'eau se renferme sur le Grèbe (Géroutet, 1946).

Les espèces piscivores ont des longs becs et pointus alors que les grèbes insectivores ont des petits becs et boudiné (O'Donnel & Fjeldsa, 1997). Les Grèbes ont de très long cou qui est deux fois la longueur de tout le squelette du corps, ils ont aussi des petites têtes. La structure unique des Grèbes est leurs doigts lobés; ils sont connectés par une petite membrane pour former «les palmures» (Figure 01).

Ce ne sont pas non plus des spécialistes du vol, car leurs ailes sont relativement petites et leurs musculature pectorale est assez peu développé (Fjeldsa, 2004). Le duvet des Grèbes épais, serré, soigneusement entretenu et graissé, ressemble à une fourrure imperméable. Chez ces oiseaux, la queue n'existe pour ainsi dire pas, car les vestiges des rectrices sont complètement cachés par le plumage (Géroutet, 1946).

1.2.2. Alimentation:

Elle est obtenue par plongée dans la majorité des cas et des fois par la sélection visuelle à la surface de l'eau (O'Donnel & Fjeldsa, 1997). Ils se nourrissent de poissons, de mollusques, de crustacées, de têtards et de grenouilles, ainsi que des fragments végétaux. La pluparts des espèces sont plus insectivores que piscivores et ne sauraient causer grand dommage à la pêche. Seul le Grèbe huppé, par sa voracité pourrait justifier les persécutions incessantes des pêcheurs (Geroutet, 1946).

Dans l'estomac de ces oiseaux, on trouve toujours une quantité de plumes qu'ils arrachent à leurs propre corps et avalent. Les adultes Grèbes en font avaler à leurs poussins dès leur éclosion (Piersma & Van Eerden, 1988).

Les plumes auraient peut-être pour un but de prémunir les Grèbes contre l'envahissement des intestins par de dangereux parasites (O'Donnell & Fjeldsa, 1997), spécialement le cestode *Ligula*, infestant les poissons, et dont ces oiseaux sont les hôtes disséminateurs habituels (Madon, 1931).

La famille des Podicipédidés c'est le groupe d'oiseaux qui a bien prouvé la grande infection par les endoparasites, le Grèbe castagneux par exemple est infecté par 123 espèces de parasites (Fjeldsa, 2004).

1.2.3. Activités:

Comme les Grèbes passent leur vie tout dépend de l'eau, la maintenance des plumes (toilette) est une activité extrêmement importante avec l'énorme temps consacré à cette opération ou les Grèbes font huiler ces plumes par les sécrétions des glandes uropygiennes, c'est le seul groupe d'oiseaux qui est muni des glandes uropygiennes sécrétrices de paraffine par des concentrations très élevées. Le repos des Grèbes est marqué lors le cou et la tête sont repliés sur le dos et la poitrine est alors très visible, le bec enfoui entre les plumes proche de la base droite du long cou (Fjeldsa, 2004).

Les Grèbes sont des plongeurs experts, ils sont typiquement capable de rester de 90-120 seconds sous l'eau durant leurs activités de plongées normales (Caudell & Conover, 2007).

1.2.4. Distribution:

Les Grèbes ont une distribution cosmopolite, ils sont présents dans tous les continents; les steppes tempérées, les transitions steppe/forêts et surtout dans le nouveau monde. Ils sont absents de l'arctique et l'antarctique et les biomes des forêts tropicales tempérées. La grande diversité des Grèbes est marquée dans l'Amérique avec 15 espèces, 12 espèces sont endémiques dans l'hémisphère Ouest. Les espèces des régions chaudes sont sédentaires et celles des régions nordiques migrent vers le Sud ou les côtes pour passer l'hiver (Tableau 01) (Fjeldsa, 2004).

Tableau 01: La distribution des Grèbes dans le monde avec des noms scientifiques et vernaculaires. (+) = présent, (-) = absent, (<) = récemment ou temporairement colonisé. (Fjeldsa, 2004).

Continents ou les iles majeures							
	Am.Sud	Am.Nord	Euras	Afrique	Madag	Austra	N. Zélan
Rollandia:							
<i>rolland.</i> Grèbe de Rolland.	+	-	-	-	-	-	-
<i>microptera.</i> Grèbe mécoptère.	+	-	-	-	-	-	-
Tachybaptus:							
<i>novachollandiae.</i> Grèbe Australasien.	-	-	-	-	-	+	<
<i>ruficollis.</i> Grèbe castagneux.	-	-	+	+	+	-	-
<i>rufolavatus.</i> G. roussâtre (éteinte 2010)	-	-	-	-	+	-	-
<i>dominicus.</i> Grèbe Minime	+	+	-	-	-	-	-
<i>pelzelinii.</i> Grèbe Madagascar	-	-	-	-	+	-	-
Podilymbus:							
<i>podiceps.</i> Grèbe à bec bigarré	+	+	-	-	-	-	-
<i>gigas.</i> Grèbe de l'Atitlan (disparus 1989)	-	+	-	-	-	-	-
Poliiocephalus:							
<i>poliocephalus.</i> Grèbe argenté	-	-	-	-	-	+	<
<i>rufpectus.</i> Grèbe de nouvelle Zélande.	-	-	-	-	-	-	+
Podiceps:							
<i>auritus.</i> Grèbe Escalon	-	+	+	-	-	-	-
<i>grisegena.</i> Grèbe jougris	-	+	+	-	-	-	-
<i>crisatus.</i> Le Grèbe huppé	-	-	+	+	-	+	+
<i>nigricollis.</i> Grèbe à cou noir	-	+	+	+	-	-	-
<i>andinus.</i> G. des Andes (disparus 1977)	+	-	-	-	-	-	-
<i>occipitalis.</i> Grèbe aux belles joues	+	-	-	-	-	-	-
<i>taczanowskii.</i> Grèbe de Taczanowskii	+	-	-	-	-	-	-
<i>gallardoi.</i> Grèbe mitré (à capuchon)	+	-	-	-	-	-	-
<i>major.</i> Grand Grèbe	+	-	-	-	-	-	-
Aechmophorus:							
<i>Occidentallis.</i> Western grebe	-	+	-	-	-	-	-
<i>Clarkii.</i> Grèbe à face blanche	-	+	-	-	-	-	-

1.3. Biologie du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*:

1.3.1. Description générale:

1.3.1.1. Position systématique:

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Chordatae
- **Sous-embranchement** : Vertebrata
- **Classe** : Aves
- **Ordre** : Podicipidiformes
- **Famille** : Podicépididés
- **Genre** : *Podiceps*
- **Espèce** : *Podiceps cristatus* [1].

1.3.1.2. Description de l'espèce:

❖ **Adulte** :

Le Grèbe huppé, se repère facilement sur un plan d'eau grâce à sa huppe noirâtre et double, et au printemps, aux touffes de plumes rousses et noires ornant les côtés de la tête, un long cou mince et blanc et tête triangulaire à calotte foncée, au long bec rose, droit et pointu, pattes palmées mais chaque doigt reste indépendant. La poitrine argentée et brille, éblouissante, sa ligne de flottaison est basse et ne laisse ainsi apparaître que le dos gris allongé au ras de l'eau (Geroudet, 1946) (Figure 02).

Les plumes d'ornements (la huppe) de la tête ont un rôle dans la communication alors que les autres plumes du corps jouent un rôle de thermorégulation (Piersma, 1987).

Il existe un léger dimorphisme sexuel, qui se traduit par la différence de taille des deux sexes, les males étant un peu plus grands et massifs. De très près, les longueurs de bec diffèrent légèrement avec une différence de 11%. Dans le plumage d'été, la crête des males est plus grande que celle des femelles (Piersma, 1988). Les données biométriques (Tableau 02) montrent les écarts extrêmes de dimensions et de poids qui peuvent différencier les femelles des males (Fjeldsa, 2004).

❖ **La livrée nuptiale:**

A la fin de l'hiver, des nuances grises et rousses sur les joues des Grèbes huppé annoncent l'apparition des ornements extraordinaire de la livrée nuptiale. Bientôt, la tête anguleuse du Grèbe huppé se transforme en une fleur étrange: la huppe s'est allongée de deux cornes, et une collerette de plumes rousses et noirs bien caractéristique encadre les joues blanches. De silencieux qu'il était en hiver, il devenu bruyant durant la saison de reproduction, prodigue des cris rauques pendant la nuit, leur tonalité et surtout leur puissance varient, et surtout si deux Grèbes du même sexe se rencontrent aux limites de leurs territoires respectifs. D'autres cris, notamment durant l'accouplement, sont nettement plus forts mais leur fréquence est bien plus faible (Geroudet, 1946).

❖ **Poussin:**

Les poussins sont rayés du noir et de blanc à la tête et au cou, de brun noir et de blanc jaunâtres dessus et aux flancs, reste du dessous blanc. Duvet court et serré, adhérent encore tardivement aux plumes; taches de peau nue rougeâtre au sommet du crâne, au front et lorums. Bec blanchâtre avec deux barres transversales noires (Piersma, 1988) (Figure 03).

Les poussins minuscules nagent peu, et ne plongent pas encore. Des piaillements affamés *bili bili bili* accueillent l'arrivée du parent qui vient remettre sa proie dans le bec d'un petit. Une semaine plus tard, chaque adulte prend à sa charge une moitié de la nichée (Geroudet, 1946). Bien que l'espèce vive sur l'eau qu'elle ne quitte que très rarement, les jeunes préféreront ne pas mouiller leurs pattes tout de suite et profiter du confort du dos de leurs parents (Fjeldsa, 2004). Longtemps encore on voit les jeunes Grèbes suivre leur guide, mendier la becquée a longs cris plaintifs. On reconnaît encore le jeune Grèbe aux raies sombres sur les côtés de la tête (Geroudet, 1946).

Les poussins restent environ deux mois et demi avec leurs parents. Leur croissance est lente, ils ne se risquent à plonger volontairement qu'à l'âge de six semaines; et même lorsqu'ils ont acquis leur plumage immature et la capacité de se nourrir seuls, certaines juvéniles réclament encore de la nourriture à leurs parents (Duboc, 1982).

Les Grèbes huppés ne sont capables de se reproduire qu'à l'âge de deux ans (Piersma, 1988) et ils peuvent vivre jusqu'à l'âge de 14 ans (Cramp & Simmons, 1977).

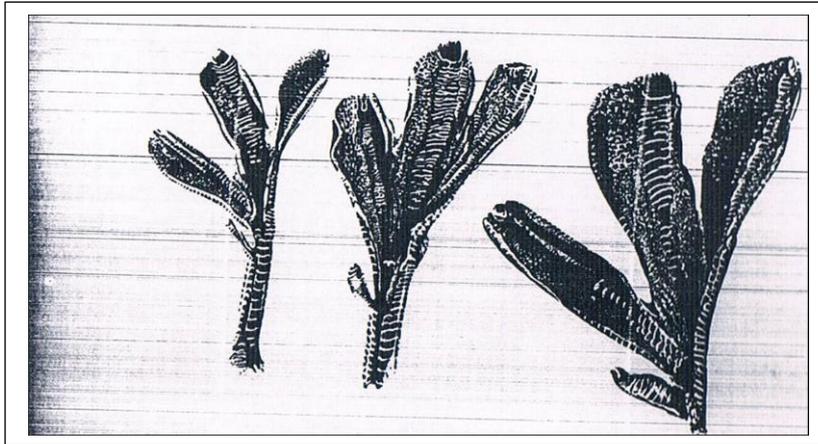


Figure 01: Pattes palmées des Grèbes.
Grèbe castagneux, à bec bigarré et le grand Grèbe (Fjeldsa, 2004).

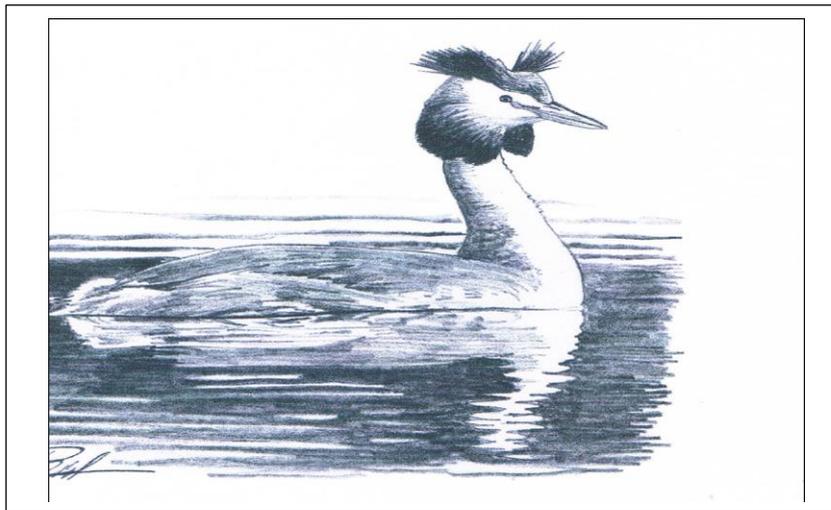


Figure 02: Photo d'un adulte Grèbe huppé *Podiceps cristatus*
(Thibault, 2008).

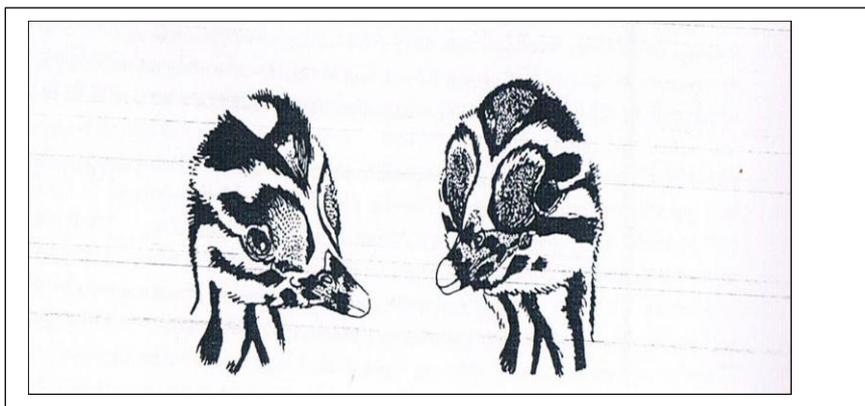


Figure 03: Photo des poussins du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*
(Fjeldsa, 2004).

1.3.2. Besoins biologiques de l'espèce:

1.3.2.1. Alimentation :

Ce piscivore a une ration quotidienne qui atteint 150 à 200 g/jour, ses prises ordinaires sont les espèces les plus abondantes de son secteur de pêche, surtout de la famille des cyprinidés: gardons, rotengles, vandoises, goujons, ablettes; la perche est la principale proie. Les proies ont en moyenne 12 cm de longueur. Tous ces poissons ne sont pas d'une grande valeur marchande, et n'oublie pas que cet oiseau prend des quantités de fragments de plantes et parfois des écrevisses en mue à sa portée. Auxquels s'ajoutent des insectes aquatiques, des mollusques, des crustacées (Doornbos, 1984). Mais les poissons restent les proies les plus préférées par 89 % de régime quotidienne qui peuvent atteindre 21 cm de longueur chez un adulte male (Fjeldsa, 2004).

Les Grèbes huppés attrapent leurs proies en dessous de l'eau pour les avaler au-dessus de la surface (Simmons, 1955 in Gwiazda, 1997). Le succès des plongées augmente avec la diminution de poids de poissons (Ulenaers *et al.*, 1992).

Les Grèbes huppés s'alimentent sur les jeunes ablettes *Alburnus Alburnus* de classes d'âge de deux ans (80% des proies) et la taille moyennes des ablettes consommées augmente de novembre à février (la biomasse des ablettes consommées était la plus élevée à la fin de l'hiver) (Adriano *et al.*, 2003)

Ils concentrent leurs efforts dans l'alimentation principalement deux fois par jours; pendant une heure ou deux à l'aube et puis à nouveau au cours la tombée de nuit. Pendant ces périodes, les Grèbes huppés ont les meilleures conditions pour chercher leur nourriture quand une grande partie de leur proie est près de la surface: le cas de l'éperlan *Osmerus eperlanus* qui suit la migration verticale quotidienne de leurs proies, le zooplancton (un déclencheur possible de la migration des poissons) (Piersma *et al.*, 1988).

L'alimentation des Grèbes huppés *Podiceps cristatus* sur les plumes de leur propre corps c'est la seule solution gérée contre l'envahissement des intestins par de dangereux endoparasites qui sont transmis par des poissons infectées (Piersma & Van Eerden, 1989).

La forte agrégation des Grèbes huppés dans un écosystème indique qu'il contient énorme quantité de cyprinidés. Les grands poissons sont avalés par les males de tête d'abord alors que les jeunes poissons (1 année) sont triés pour les poussins. Les fragments végétaux trouvés dans les estomacs de ces oiseaux sont apportés avec les poissons et ça n'explique pas que les plantes aient en part de leur régime alimentaire (Fjeldsa, 2004).

Quatre facteurs qui limitent la forte prédation exercée par les Grèbes huppés sur les poissons, un seuil de visibilité sous-marine, une plus faible densité de la biomasse exploitable, un seuil de taille des poissons et les mouvements verticaux journalières des proies qui permettent aux Grèbes huppés de s'alimenter qu'au l'aube et à la tombée du nuit (Wiersma *et al.*, 1994).

Dans l'ensemble, les Grèbes huppés consomment 100000 kg de poissons chaque année (Fjeldsa, 2004) entre 640 kg (estimation prudente) et 1000 kg (estimation maximale) d'ablettes par hiver, ce qui correspond à 10- 20% de la récolte commerciale annuelle des ablettes (Adriano *et al.*, 2003). Et ça ne peut pas causer un grand dommage car les Grèbes huppés consomment principalement que les poissons qui sont prédestinées à mourir dans les conditions normales à cause des maladies parasitaires ou d'autres prédateurs que les Grèbes huppés (Ulenaers & Van vessem, 1994).

Une telle abondance est en rapport certain avec la souillure de l'eau par l'excès de matières organiques. Pour ces espèces, les lacs sont devenus plus riches en nourriture, les poissons consommant directement les particules rejetées avec les égaux et profitant indirectement de l'abondance des petits organiques qui se développe en masse, grâce à l'apport de résidus organiques et cela peut affecter la croissance suivi par des problèmes liés à la reproduction (Houserova *et al.*, 2005).

1.3.2.2. La mue:

La mue des oiseaux est un phénomène qui correspond à un renouvellement du plumage, Le mécanisme et la manière dont elle déroule et sa durée varie d'une espèce à l'autre. Au sein d'une même espèce elle dépend des saisons, de l'âge de l'oiseau et de l'état général de celui-ci.

Un Grèbe huppé possède 14000 plumes, et pour des raisons d'usure et de changement de fonction, chacun de ces plumes doit être remplacé (mue) au moins une fois par an. D'un point de vue énergétique, le processus de la mue est considéré comme un élément important du cycle annuel des oiseaux (King, 1974, in Piersma, 1987).

Les Grèbes huppés restent à des distances de 1,5 à 2 m les uns des autres pendant la mue. Les grandes concentrations sont largement mono-spécifiques (Vlug, 1976).

La mue simultanée des plumes de vol et, en même temps, la mue de l'assemblée des couvertures alaires, ont lieu dans la période d'août à la première moitié d'Octobre, sachant que les males muent 2-3 semaines avant les femelles (O'Donnel & Fjeldsa, 1997), avec la diminution de la masse corporelle d'environ 9-15% au mi-hiver, la masse des muscles de la poitrine diminue en moyenne de 15% pendant le début de la mue, avec une nouvelle réduction de 7% dans la première moitié de la mue des ailes (Van Eerden *et al.*, 1997).

Pendant la chute simultanée des plumes, le Grèbe huppé consomme en moyenne 70-90 g/jour de poissons (Van Eerden *et al.*, 1997). Les analyses de contenu de l'estomac des Grèbes huppés ont confirmé qu'ils ont le même régime alimentaire pendant la mue, composée en grande partie de l'éperlan. Les Grèbes huppés passent moins de temps sur les aires d'alimentation et moins de plongées souvent moins profondes (Piersma, 1988)

Un Grèbe huppé adulte prend 17 jours pour achever la mue des plumes de vol et la masse en gramme de plumes produite par jour diffère d'un organe à autre, la mue de la tête = 0,052g/j, cou = 0,098g/j ventre = 0,7290 g/j, scapulaires = 0,206 g/jour (Piersma, 1987).

Au cours de leur mue des ailes, les oiseaux ont en général une température corporelle et un taux métabolique plus élevé qui contribuent à une sensibilité accrue aux maladies (Konter, 2008).

1.3.2.3. L'habitat:

Les exigences de l'habitat ne sont pas très élevées, ces oiseaux habitent à écoulement lent ou de l'eau stagnante des eaux douces ou saumâtre avec végétation émergente et submergée et une quantité suffisante de poissons. La taille minimale de l'eau est d'environ 1 ha entre 0.5 à 5 mètres de profondeur (Fjeldsa., 2004).

1.4. Caractères écologiques:

1.4.1. Comportement:

Cet excellent nageur et plongeur peut s'enfoncer aux grandes profondeurs, les plongées de cet oiseau durent en moyenne 25 secondes, la durée maximum est de 50 secondes avec une profondeur habituelle semble varier généralement entre 1 et 7 m. Il est également capable de parcourir plusieurs dizaines de mètres sous l'eau (Geroudet, 1946) (Figure 04).

Il est rare de voir les Grèbes huppés voler tant ils préfèrent plonger sous l'eau pour fuir le danger, en plus comme les vols migratoires n'ont lieu qu'en pleine nuit, ils se font à l'abri des photographes et des observateurs. Il vole plutôt bas, actionnant rapidement les ailes, cou et pattes étendus. Les pattes servent de gouvernail, tant dans l'air que dans l'eau. Quand l'oiseau se toilette en nageant sur le côté, renversés sur le flanc et le corps paraît entièrement blanc brillant. Au repos le cou et la tête sont repliés sur le dos entre les ailes, le bec enfoui dans le duvet du cou et la poitrine blanche est alors très visible (Fjeldsa, 2004).

Les Grèbes huppés adoptent un comportement très particulier, ils préfèrent de recouvrir leurs œufs lors ils quittent les nids par les matériaux qu'ils entourent tel que les végétaux en décomposition, une sorte d'option de camouflage (Keller, 1989).

1.4.2. Reproduction:

1.4.2.1. Saison de reproduction:

La saison de reproduction des oiseaux d'eau d'Afrique du Nord coïncide avec la fin de la saison du froid et pluies mais la reproduction rarement s'étale en saison sec et chaud (Samraoui & Samraoui, 2007). Dans d'autres régions, la période de reproduction est plus longues, elle s'étale de la fin de mars jusqu'à le début d'août (Keller, 1989).

A partir de la mi-février, les Grèbes huppés reviennent progressivement à leurs aires de reproduction (Ulenaers & Dhondt, 1990).

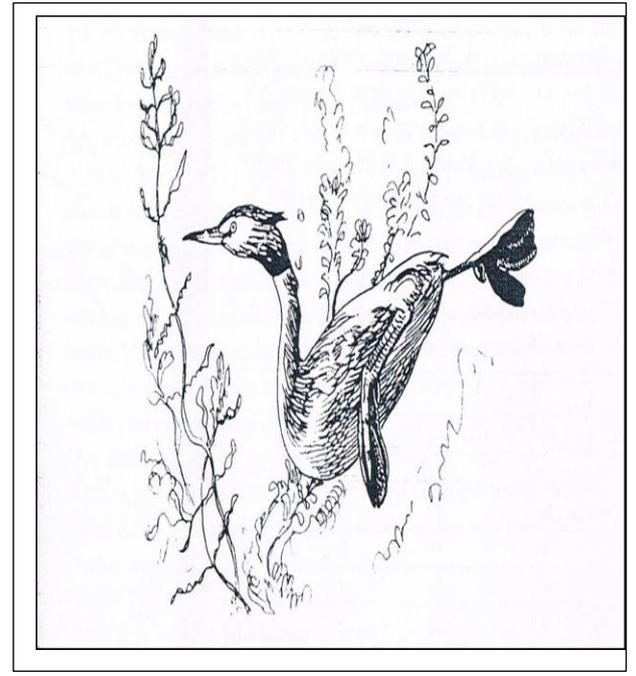
1.4.2.2. Parade nuptiale:

Bizarre cérémonie! Face à face, le mâle et la femelle tendent le cou, étalent en éventail leur collerette, redressent leur huppe et secouent la tête rapidement ou lentement, le tout accompagné d'un caquètement saccadé. Mâle et femelle se rapprochent l'un de l'autre avec des cris rauques *rrrab... crraorr...* ; mais au lieu de finir par une attaque, la provocation s'atténue et tous les deux parodent face à face (Geroudet, 1946).

Ce jeu, coupé de simulacres de toilette, peut se prolonger ou conduire à d'autres phases. L'un des oiseaux, (ou les deux), plongent et reparait avec quelques débris végétaux au bec; la "danse de Pingouin", une phase est rarement observée il est vrai et marque sans doute une intensité exceptionnelle de la parade (Figure 05) (Fjeldsa, 2004).



A



B

Figure 04: Photos des quelques comportements du Grèbe huppé (Fjeldsa, 2004).
A: un Grèbe huppé sommeillant, B: un Grèbe huppé plongeant

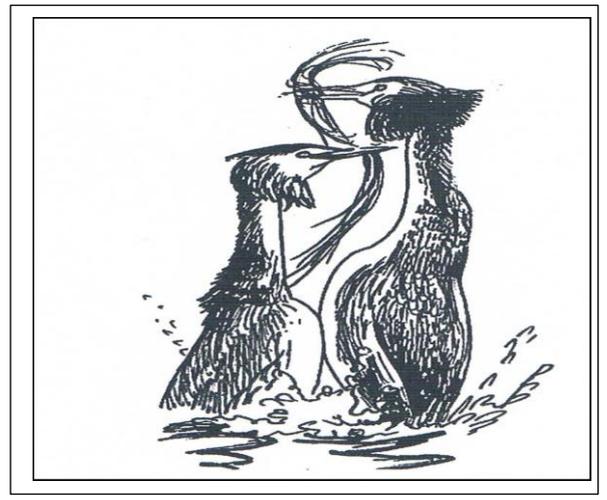
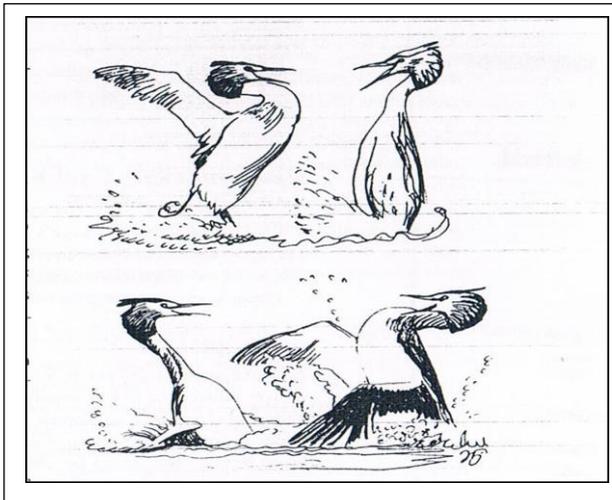


Figure 05: Photos de parade nuptiale du Grèbe huppé à droite (Fjeldsa, 2004) et à gauche (O'donnel & Fjeldsa, 1997).

1.4.2.3. Nidification:

❖ Le nid:

Le nid est juste un amas flottant de plantes aquatiques mortes, dont seule une petite portion immergée pouvant atteindre 60 cm d'épaisseur. Il pèse parfois plusieurs dizaines de kilos (Ulfvens, 1988).

Le mâle et la femelle édifient ensemble leur nid. La couvaison commence habituellement à la mi-mai. Les deux géniteurs se relaient pour couvrir: pendant que l'un est assis sur les œufs, l'autre fait le guet non loin de nid. Les nids sont isolés, mais dans les lacs très poissonneux, on les trouve en colonies clairsemées (Geroudet, 1946).

❖ Les œufs:

Chaque couvée compte de 1- 9 œufs avec un moyenne de 3.57- 4.73 œuf et l'incubation dure de vingt-Cinque à vingt-neuf jours, la femelle les pond à intervalles de deux jours, et commence à couvrir dès le premier œuf (Fjeldsa, 2004).

La période de ponte varie. En France, elle débute tôt en avril, en Angleterre, elle peut même commencer en mars, en Suisse dès le début d'avril, mais en générale vers le milieu de mai. Tout dépend des conditions de la végétation, du niveau d'eau et du temps qui retarde souvent cet évènement. Les couvées noyées ou détruites sont remplacées si bien qu'on trouve des œufs en juillet, voir jusqu'en octobre. Les poussins éclosent-ils à deux jours d'intervalle et la famille reste unie jusqu'à l'automne. Le (Tableau 03) montre les principales mensurations et poids des œufs du Grèbe huppé (Geroudet, 1946).

1.4.2.4. Stratégies:

a- La semi colonialité:

Le Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, peut se reproduit en colonies ou en couples solitaires, ce qui suggère que les individus sont capables de passer d'une stratégie solitaire vers un modèle plus social. Dès le départ, les oiseaux reproducteurs ont tendance à utiliser toute la superficie de la végétation disponible pour la construction des nids et cela a conduit à une réduction progressive des distances entre les paires voisines. Il est suggéré

que la mesure de l'agrégation est dictée par la qualité de l'emplacement et la capacité des Grèbes huppés de réduire leur agressivité envers l'autre (Konter, 2008).

Les premiers œufs apparaissent très tôt dans les nids en colonie tandis que les œufs des individus qui nichent solitairement sont tardifs. La grandeur de ponte des nids du Grèbe huppé nichant en colonie est plus grande (Bukacinska et al, 1993).

Le succès de reproduction des Grèbes huppés à l'intérieur des colonies pouvait être supérieur à celui des congénères territoriaux du même lac de sorte que la formation de groupes pouvait être bénéfique (Konter, 2008).

b- La nidification à proximité de la foulque macroule *Fulica atra*:

La colonialité avec la foulque maroule *Fulica atra* peut être expliquée par la tendance qu'ils ont à nicher dans des parcelles avec une grande surface d'eau bien gorgée de végétation. Ces lieux présentent un fonctionnement optimal de profondeur d'eau et les gradients de densité de plantation pour les deux espèces (Stanevičius, 2002).

Le manque général d'habitat disponible peut mener à un rétrécissement des distances entre plate-forme interspécifiques et expliquerait la compétition agressive pour les mêmes sites entre les espèces. Dans des situations de prédation accrue, l'établissement de son nid à proximité directe de la Foulque peut apporter un plus de protection au Grèbe lui-même ainsi qu'à sa couvée (Stanevičius & Švažas, 2005). Auxquelles s'ajoute un fort chevauchement dans les ressources trophiques (Stanevičius & Kurlavičius, 2008).

1.5. Distribution, statut et population du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*:

Le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* a trois sous espèces réparties largement dans le Paléarctique: *P. cristatus cristatus*, l'Afrique: *P.c infuscatus* et l'Australasie et Nouvelle Zélande: *P.c australis* (Robertson & Gemmell, 2002) (Tableau 04).

Les populations nordiques de son aire de distribution où le gel fige les plans d'eau, sont migrateurs vers Iran, Bangladesh, le Sud de Chine, Japon et Corée.

Comme déjà cité, le Grèbe huppé montre des mouvements entre les sites de reproduction et les sites de mue (Piersma, 1988). Ces dernières peuvent recenser des milliers d'individus, par exemple, le lac d'IJsselmeer peut recevoir de 20 000-40 000 individus en période de chute simultanée des plumes (Adriaensen et al, 1993).

Tableau 02: Principales mesures biométriques et poids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* (Fjeldsa, 2004).

	<i>Podiceps cristatus</i>	
	Male	Femelle
Aile (mm)	175- 209	168- 199
Tarse (mm)	59- 65	57- 65
Culmen (mm)	42- 58.8	39- 51
Poids (g)	596- 1490	568- 1380
N	204	199

Tableau 03: Principales mensurations et poids des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* (Geroudet, 1946).

	Mensurations		
	Moy	Min	Max
Longueur (mm)	54	42.5	62.7
Largeur (mm)	36	32.6	39
Poids à l'état frais (g)	38	/	/

Tableau 04: L'aire de distribution des sous espèces du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, leur statut et leur population dans le monde (O'Donnel & Fjeldsa, 1997)

Sous espèces	Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i>		
	Aire de distribution	Population reproductrice (paire)	Statut
<i>P.C cristatus</i>	Paléarctique, Des îles Britanniques au Sud Ussuriland et au Nord jusqu'au 66° dans la Suède, l'Est d'Afrique du Nord, Iran, la région de Himalaya et le Nord-ouest de l'Inde.	340000 en Ouest d'Europe: 2350 en Danemark, 50 en Finlande, 80 en France, 2500 en Allemagne, 3650 au pays bas, de 300-500 en Norvège, de 6-12 en Espagne, 32000 dans Suède et 6000 dans la G. Bretagne	L.C Préoccupation mineur
<i>P.C infuscatus</i>	Dans l'Afrique surtout dans les lacs du Sud d'Ethiopie, proche des frontières Zambie-Tanzanie et dans le Sud d'Afrique	Pas d'estimations de la population dans l'Afrique.	C.L = Vulnérable à cause d'insuffisance des données
<i>P.C australis</i>	Dans l'Australasie spécialement dans le Sud-Est et le Sud-Ouest et la Tasmanie.	Probablement 3000	C.L = Vulnérable A cause de la petite taille de la population.

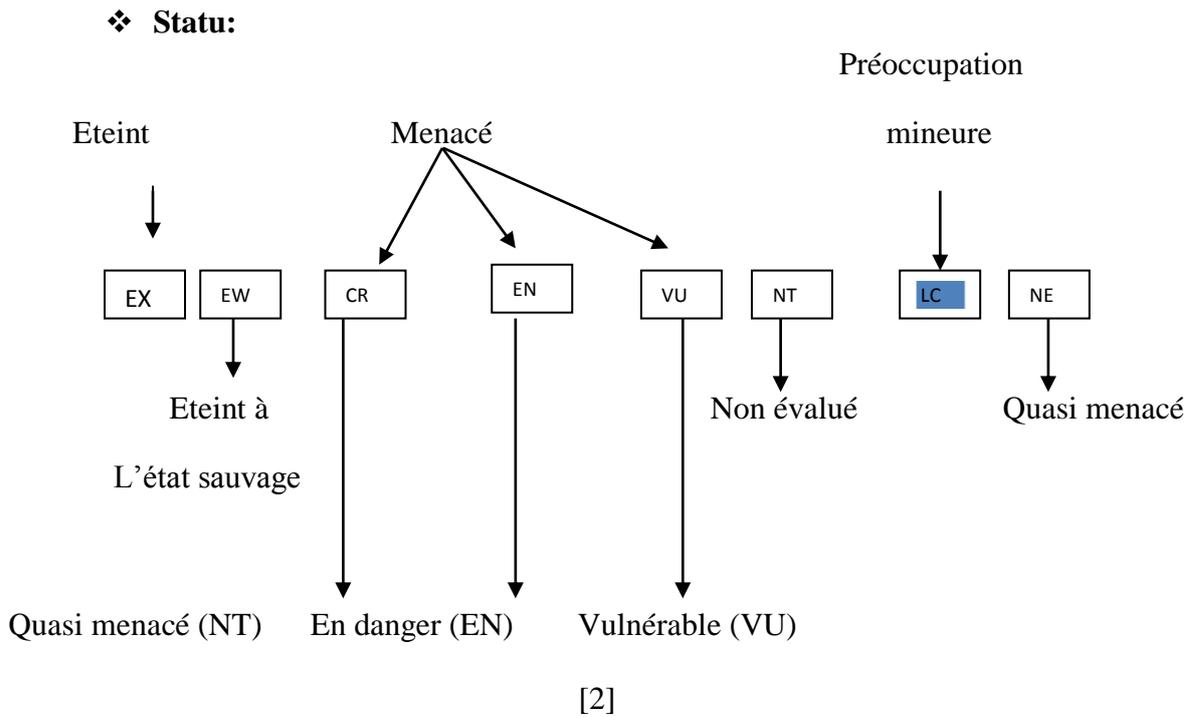


Figure 06 : le statut du Grèbe huppé dans le monde (l'IUCN, 2006).

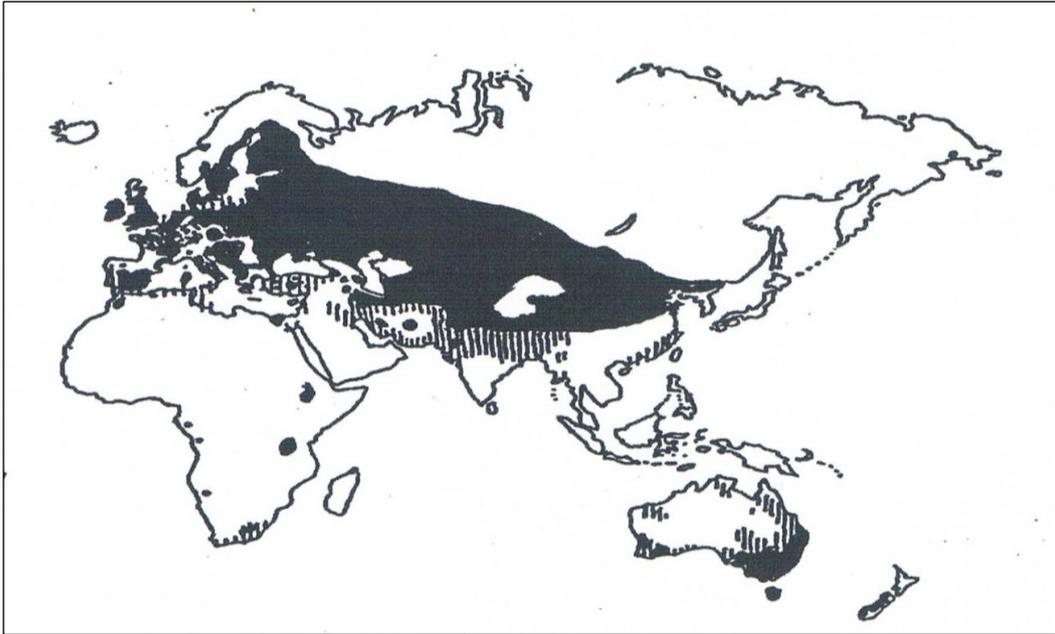


Figure 7: Carte de l'aire de répartition du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans le monde (O'Donnel & Fjeldsa, 2004).

Chapitre 02 : Le site d'étude (présentation et description du Lac Tonga)

2.1. Présentation de la Numidie:

La Numidie, définie comme l'extrémité de Tell se classe entre l'étage bioclimatique subhumide et l'étage humide d'où la présence de plusieurs types de surfaces aquatiques surtout d'eau douce. Elle se situe dans la bande côtière de la méditerranée (Samraoui & Samraoui, 2008) (Figure 08). Le climat de la Numidie est typiquement méditerranéenne se caractérise par un hiver pluviale dans certain partie plus de 1200 mm de précipitations annuelles (Samraoui & Corbet, 2000).

La Numidie, situé dans le Nord-Est algérien, est réputée pour ses zones humides réparties en deux grands complexes séparés par Oued Seybouse : **la Numidie orientale** composée des complexes d'Annaba et d'EL-Kala et **la Numidie occidentale** représentée par le complexe de Gurebes-Sanhadja (Samraoui & de Bélair, 1997).

Chacun de ces sites, présente des particularités de profondeur, de salinité et de couverture végétale très distinctes et très caractéristiques (Samraoui & de Bélair, 1998) en fournissant l'hivernage et la reproduction pour les oiseaux de la région (Samraoui & Samraoui, 2008). Ce complexe de zones humides est une partie intégrante d'une vaste région de grand intérêt biologique, avec les milieux marins (Bougazelli *et al.*, 1977).

2.1.1. La Numidie orientale

La Numidie orientale délimitée dans sa partie occidentale par l'Oued Seybouse, a pour limite septentrionale la méditerranée et pour limite méridionale les collines de l'Atlas tellien, tandis que les frontières algéro-tunisiennes la délimite à l'Est (Samraoui & Bélair, 1998).

Cette région de l'Algérie renferme un grand nombre de sites humides exceptionnels au Maghreb par leur dimension et notamment par leur diversité des écosystèmes marins, lacustres et forestiers qui renferment une richesse animale et végétale élevée (Van Dijk & Ledant, 1983) (Figure 09).

2.1.2. La Numidie occidentale:

Représentée par le complexe de Guerbes-Sanhadja (site Ramsar depuis le 02 février 2002) Administrativement, il appartient à la willaya de Skikda bordé à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif côtier de Chetaibi. C'est une grande plaine littorale d'une superficie de 42 100 ha (Metallaoui & Houhamdi, 2010). Il est formé

d'une vingtaine de plans d'eau douce ou salée, temporaire ou permanente. Cet ensemble est drainé par un réseau hydrographique constitué essentiellement de deux grands Oueds: Oued El Kebir et Oued Magroune (Metallaoui *et al*, 2013).

2.2. Les zones humides du PNEK:

Le complexe des zones humides du Parc National d'El Kala, se situe à l'extrémité Nord-orientale de l'Algérie. Son originalité faunistique et floristique est de plus en plus soulignée par les différentes études qui se sont succédées (Stevenson *et al.*, 1988) (Figure 10).

1- Lac du Mellah: 800 ha, c'est une ancienne vallée fluviale envahie par la mer et qui s'est transformé en lagune alimenté principalement au sud par l'oued Al-Aroug et l'oued Mellah, alors qu'au nord par l'oued Reguibet et l'oued Boumalek (Kherifi & Kherici, 2012).

2- Lac Oubeira: s'étale sur une superficie de 2600 ha avec une profondeur maximale de 2 m. Ce lac constitue un site d'importance unique en Afrique du Nord pour le fuligule morillon et le canard chipeau (Van dijk & Ledant, 1983).

3- Marais de Mekhada: Ce marais s'étale sur une superficie de 10 000 ha. Il constitue après le Lac Fetzara (14 000 ha) le deuxième site de Numidie (de Bélair & Bencheikh, 1987). Il présente une salinité voisine de 4.6 g/l et une profondeur moyenne de 1 m. cette étendue d'eau est caractérisée par ses assèchements annuels entre juin et novembre, présente une végétation très diversifiée recouvrant plus de 90 % du marais (Boumezber, 1993).

4- Le lac Bleu: C'est un petit lac d'eau douce, d'une superficie de 1,5 à 3 ha. Sa profondeur ne dépasse pas 2 m. Il est localisé dans une formation dunaire au Nord-Est du Lac Mellah. Il est délimité au Nord par Koudiat El Rhar, au Sud-Ouest par Koudiat Ain Erroumi, à l'Ouest par Koudiat Terch et à l'Est par Koudiat El Achêch (Samraoui & de Bélair, 1998).

5- Lac des Oiseaux: tire son nom du grand nombre d'oiseaux qui y hivernent (65 espèces d'oiseaux) (Houhamdi & Samraoui, 2008). Il est plan incliné vers Koudait Nemlia au Nord-Est par une queue d'étang très caractéristique (Samraoui *et al*, 1992). Il occupe actuellement 70 ha de superficie en hiver et 40 ha au maximum en été (Houhamdi & Samraoui, 2002).

6- Marais de Bou Redim: marais avec végétation dense d'*Alnus glutinosa* et *Salix pedicellata* et *Scirpus lacustris* (Samraoui *et al*, 1998, Samraoui *et al*, 2012).

7- Lac Noir: c'est une unité marécageuse occupe de 5 à 6 ha selon la saison, il constitue un des sites d'intérêt unique dans l'Afrique du Nord malgré que le lac est asséché et son végétation est brûlé en 1991 et 1993 (de Bélair & Samraoui, 1994).

9- Autre plans d'eau : G.Estah, G. El Khobzi, G. Edakhla, Lac Okrea, Nechea Oum El Agareb et Nechea Righia (grande aulnaie de 400 ha de superficie)... (Samraoui *et al*, 1998, Samraoui *et al*, 2012).

Toutes les grandes zones humides considérées, sont d'une haute valeur écologique actuelle ou potentielle (le Lac Tonga; le Lac Oubeira; le Lac Mellah; marais de Mekhada et Lac des Oiseaux) (Van-Dijk & Ledant, 1983).

2.3. Site d'étude le lac Tonga:

2.3.1. Situation géographique:

Le Lac Tonga (36°53'N, 08°31'E) fait partie du grand Complexe des Zones humides du Nord-Est Algérien le Parc National d'El Kala (W. El-Taref) et s'étale sur 2500 de superficie. Il est relié à la mer par un canal de plus d'un kilomètre de longueur (Belhadj *et al*, 2007). C'est le canal de Messida (Djebbari *et al*, 2009). Il est situé à 5 Km du Lac Oubeira, classé parmi les aires protégées de la région méditerranéenne ayant la nomenclature de réserve de la biosphère (Aissaoui *et al*, 2009). L'un des sites Ramsar le plus important des zones humides d'Afrique du Nord (Boumezbeur, 1993, Samraoui & de Bélair, 1998).

Il est alimenté par Oued El-Hout au sud et par Oued El-Aroug au Nord-Est et quelque petits cours d'eau issus des crêtes qui l'entourent. Au Nord, Oued Messida permet d'évacuer l'excès d'eau vers la méditerranée. La côte du lac est située à 2,20 m au-dessus de la mer et sa profondeur a voisine 2,80 m ce qui permet d'avoir un écoulement lent et pourrait expliquer l'échec des travaux d'assèchement entrepris par le gouvernement français au début des années 1920 (Thomas, 1975).

L'existence d'une zone d'eau libre a permet d'établir que le Lac Tonga est le plus important site de reproduction de l'avifaune aquatique dans l'Est Algérien (Van Dijk & Ledant, 1983).

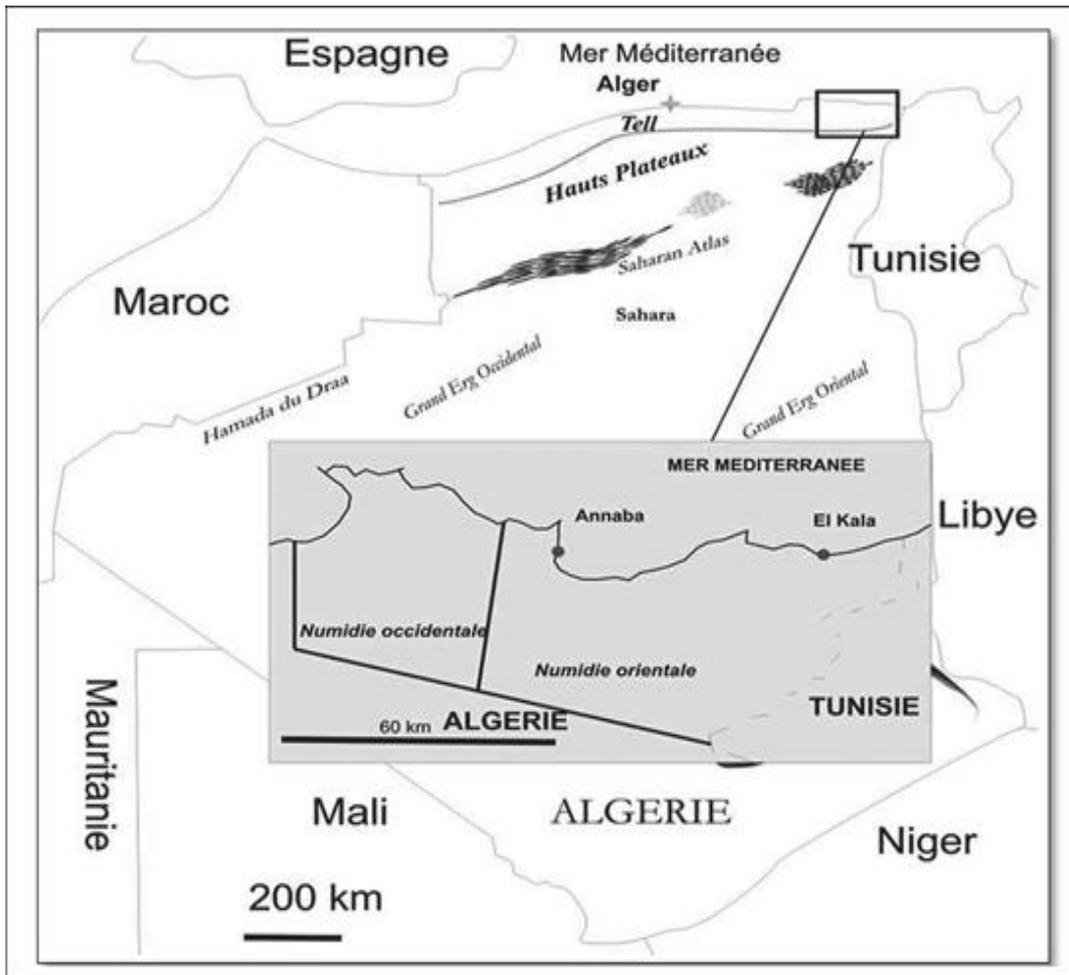


Figure 08: Carte de l'Algérie avec un gros plan de la Numidie (Boucheker *et al.*, 2009).

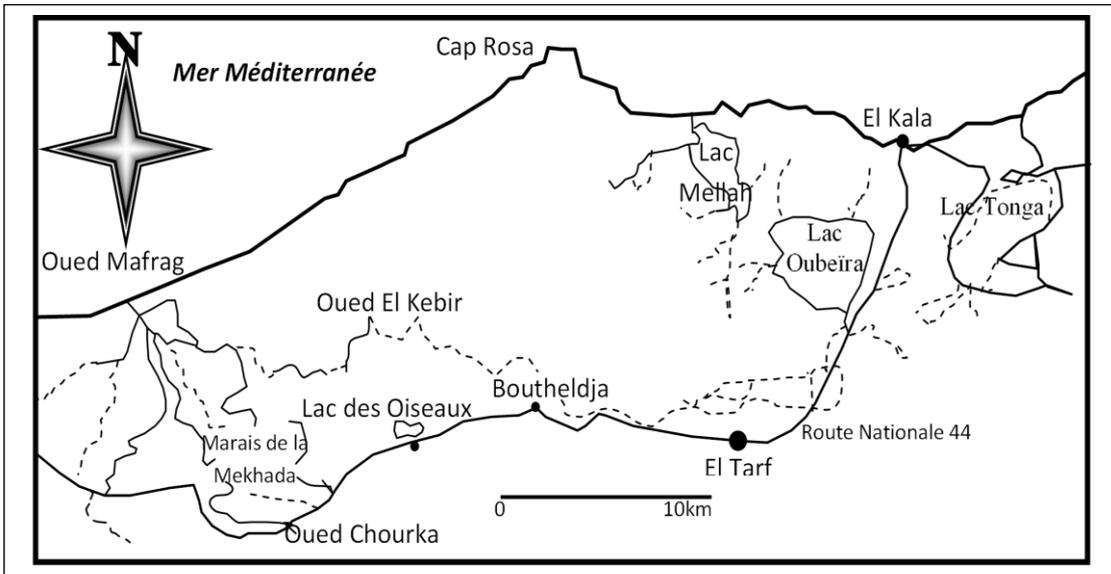


Figure 09: Complexe de zones humides de la Numidie orientale (Samraoui & de Bélair, 1998).

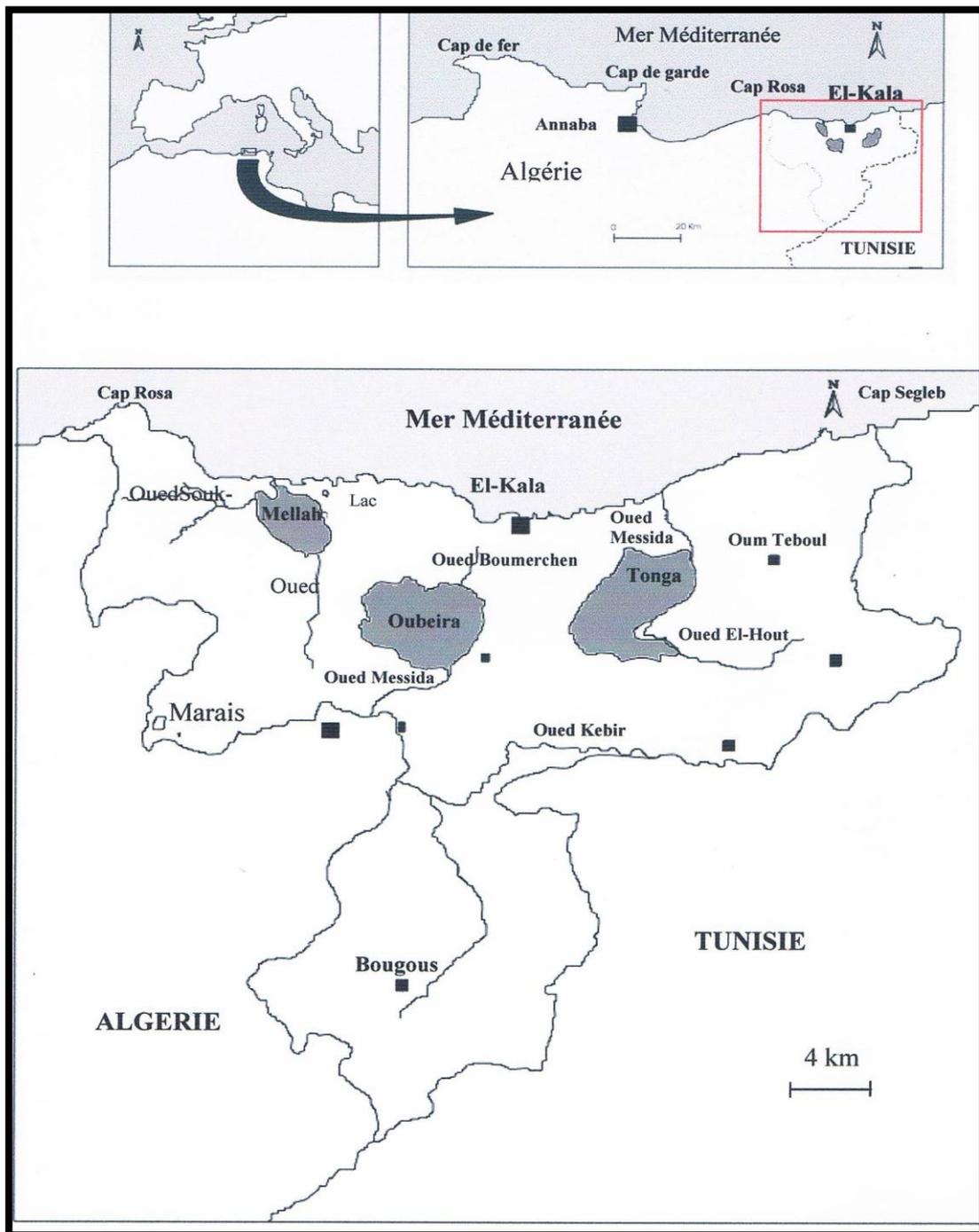


Figure 10: Carte de localisation des zones humides du Parc National d'El-Kala (Djebbari *et al.*, 2009)

2.3.3. Situation administrative et juridique :

Ce Lac se trouve dans le territoire du PNEK et il est géré administrativement par la direction de celui-ci, certain nombre de décrets internationaux lui concerne ont été établies :

- ✓ Décret n° 82-440 du 11/12/1982, portant ratification de la convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, signée à Algérie le 15/09/1968.
- ✓ Décret n° 82-498 du 25/12/1982 portant adhésion à la convention sur le commerce international des espèces de la faune et la flore sauvage menacée d'extinction signée à Washington (USA) le 03/03/1973.
- ✓ Décret n° 85-01 du 05/01/1985, portant ratification du protocole relatifs aux aires spécialement protégées de la méditerranée, signé à Genève (Suisse) le 03/04/1982. (Abbaci, 1999).

2.3.4. Situation socioéconomique :

Les activités des habitants de cette région sont peu diversifiées, ils pratiquent l'agriculture, l'élevage de bétail et le pâturage. On trouve aussi des activités en relation directe avec le plan d'eau notamment la chasse, le braconnage et la pêche mais aussi en période d'été le tourisme. Dans le cas de l'agriculture, elle est traditionnelle et familiale, les rendements sont faibles. (Touati, 2008). Les prairies et les forêts entourant le Lac Tonga sont des zones de pâturage appréciées par les bovins (Abbaci, 1999). Le lac est très important par son productivité, les activités humaines à savoir la pêche de l'Anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) et des oiseaux d'eau, sont plus intensives aujourd'hui (Djebbari *et al*, 2009).

2.3.5. Caractéristiques physiques:

a- Géologie:

Selon Joleaud, l'origine du Lac Tonga résulte des mouvements tectoniques du quaternaire. C'est alors une lagune marine. Depuis, un apport terrigène a rehaussé son fond à la cote 5.75 mètre, de sorte que les eaux du lac ne recevant plus d'apport marin perdirent totalement leur salure et devinrent douces (Boumezbeur, 1993). D'origine laguno-marine, le Lac Tonga occupe une cuvette synclinale dont la bordure Nord correspond au versant Sud de Kef Mechtob (178 m) et la bordure Sud aux versant Nord de Kef Oum Teboul (315 m) et Kef Dzair (433 ml).

D'après la carte géologique de Joleaud (1935), les différentes formations géologiques rencontrées dans le bassin du Lac Tonga sont :

- ✓ Les alluvions lacustres couvertes d'eau l'hiver, formées d'argiles dont l'imperméabilité est liée aux argiles de Numidie.
- ✓ Les alluvions limoneuses au fond des vallées du Pléistocène, formées de sable et limon.
- ✓ Les grès à hélices qui par désagrégation ont donné les dunes.
- ✓ Les formations du Pontien qui présentent deux faciès argiles sableuses grises, jaunes ou rouges; conglomérats et sables rouges ou jaunes à Archaelix solignaci et des argiles marneuses, salifères et argiles rouges gypseuses; dans le bassin du Lac Tonga c'est le premier faciès qui domine.
- ✓ Les grès de Numidie, quartzeux, souvent blanchâtres, parfois assez friables, transgressifs sur les argiles de Numidie et formant des reliefs abrupts. Ils recouvrent 33 % de la superficie du bassin versant.
- ✓ Les marnes argilo-schisteuses de couleurs variées avec intercalation de petits bancs de grès quartzeux développés surtout sur les pentes des vallées et groupées sous le nom d'argiles de Numidie.
- ✓ Les argiles, grès et calcaires noirs à nummulites de l'Éocène moyen (Figure 11).

b- Pédologie :

Les précieux travaux de Durand (1954) ont contribué considérablement à la connaissance de la pédologie de la région. Il distingua dix (10) types de sols qu'il classa en deux grandes catégories. Les sols zonaux (dépendant surtout du climat) et les sols azonaux (dépendants d'un autre facteur que le climat). Les types décrits sont :

Sols zonaux:

- ✓ Podzols ferrugineux.
- ✓ Sols oxyhumiques.
- ✓ Sols insaturés acides.
- ✓ Sols décalcifiés.
- ✓ Sols insaturés.

Sols azonaux :

- ✓ Sols des marais.
- ✓ Sols de prairies marécageuses.
- ✓ Sols tourbeux non inondés.
- ✓ Solods.
- ✓ Sols alluviaux.
- ✓ Sols dunaires (Raachi, 2007).

c- Bassin versant: le caractère fermé du lac lui confère un fonctionnement à écoulement exoréique en présence du chenal artificiel de la Messida (Raachi, 2007). Le Lac Tonga s'alimente par deux cours d'eau majeurs qui coulent toute l'année (Oued El-Hout fait 14 km de longueur et ses affluents au sud-ouest et Oued El- Eurg (10 km) au nord-est (Raachi, 2007) avec quelques petits cours d'eau issue des crêtes qui l'entourent (Joleaud, 1935).

- Celui d'oued El- Aurg qui naît en amont de l'amorce de l'ouverture de la plaine d'Oum Teboul à partir du point de confluence entre Chaabat Dridir et Oued Dridra au pied de Djebel Djibil (97m). Les branches amont des deux cours d'eau s'étalent en un réseau réparti sur toute la paroi du versant. Les extrémités de ces deux branches coulent en parallèle, jusqu'au point 130 m à partir duquel elles contournent, chacun de son côté le petit massif de Djebel Djibil qui termine la ligne de crête avant de converger à son pied pour former Oued El- Eurg.

- Celui d'Oued El- Hout qui naît en amont de la plaine d'El Aïoun, au niveau du col qui le sépare d'Oued Djenane qui coule en sens inverse vers la Tunisie (Figure 12) (Raachi, 2007).

2.3.6. Caractéristiques climatique:

2.3.6.1. Climatologie: le climat est certainement un facteur du milieu très important, il a une influence directe sur la faune et flore. Un climat méditerranéen règne sur la région caractérisé par une pluviométrie abondante pendant la saison humide et les mois froids et par une sécheresse pendant l'été (Ozenda 1970, Samraoui & de Bélair 1998).

a- La température: dépend de l'altitude, de la distance de littorale et de la topographie (Seltzer, 1946). Les mois les plus froids sont Janvier et Février, alors que Juillet et Août constituent les mois les plus chauds (Raachi, 2007).

b- La pluviométrie, dans cette région est conditionnée par deux phénomènes météorologiques importants. D'une part, les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest qui, après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée Occidentale, affectent le Nord-Est algérien et d'autre part les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée Occidentale (de Bélair, 1990).

Précipitations sont régulées par trois autres facteurs: l'altitude, la longitude (elles augmentent de l'Ouest vers l'Est) et la distance à la mer (Seltzer, 1945), le mois de Décembre est le mois le plus arrosé pour El Kala (Touati, 2008).

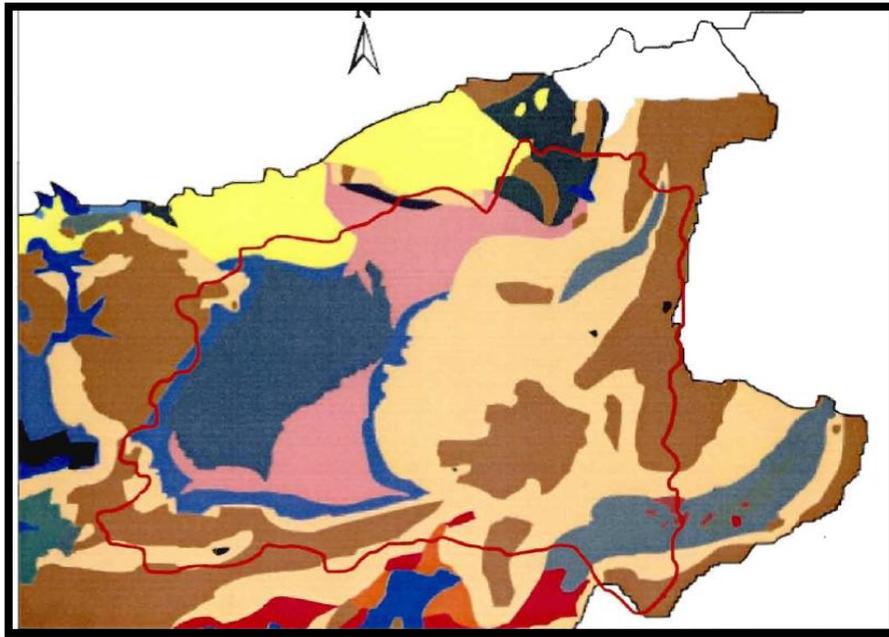


Figure 11: Carte géologique du bassin versant du Lac Tonga (Raachi, 2007).

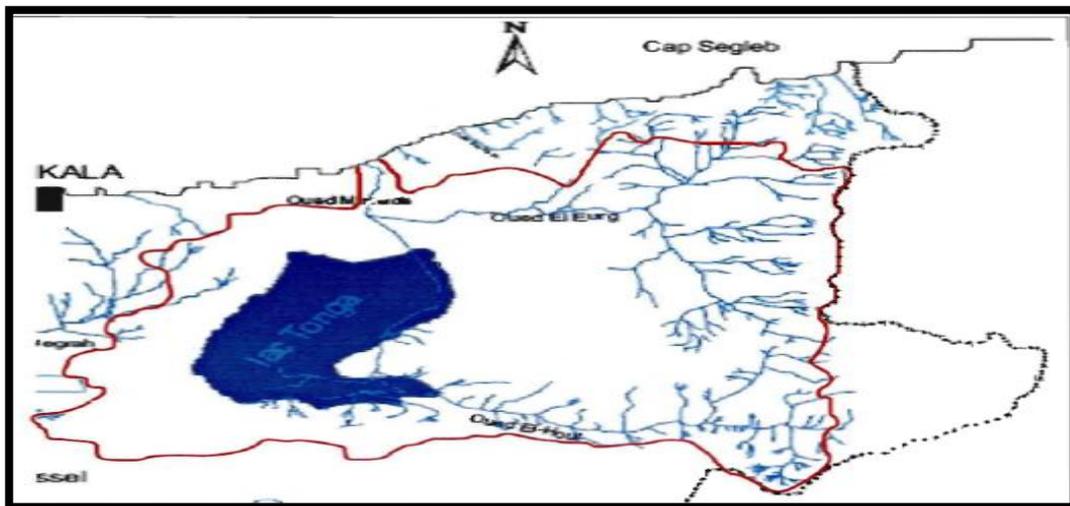


Figure 12: Carte du réseau hydrographique de Lac Tonga (Landscape Amenagement, 1998 in Raachi, 2007).

c- L'humidité: La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité de la mer. Elle est invariable au cours de l'année. Les valeurs minimales sont observées le mois de juillet et les valeurs maximales sont observées au mois de décembre (Touati, 2008).

d- Les vents: jouent un rôle très important dans la région, ils sont caractérisés par leur fréquence, direction et vitesse (Raachi, 2007), du nord-est sont prédominants, surtout en hiver (Samraoui et de Bélair, 1998). Ils sont relativement stables depuis le Quaternaire récent. Ils sont liés aux pluies d'équinoxe, qui apportent les précipitations les plus importantes venues de l'Atlantique. À l'opposé, le Sirocco du sud-est principalement en été assèche l'atmosphère, et favorise, avec les températures élevées les incendies des forêts (de Bélair, 1990).

2.3.6.2. Bioclimatologie:

a- Climagramme d'Emberger: En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température, La Numidie est localisée dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud.

$$Q_2 = p1000 / [M+m] \frac{1}{2} [M-m]$$

Q_2 : quotient pluviométrique

P : précipitations moyennes annuelles

M : T° max du mois le plus chaud (K°)

m : température des minima du mois le plus froid (K°)

Le quotient pluviométrique de la région d'El-Kala $Q_2 = 103.71$. (Touati, 2008)

B- Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen: pour l'élaboration de ce diagramme, nous avons tenu comptes des données climatiques bien précis : les précipitations annuelles et les températures moyennes étalées sur plusieurs années des deux stations.

Les courbes ombro-thermiques ainsi établies, nous ont permis de visualiser deux saisons: l'une sèche de mai à septembre et l'autre humide d'octobre à avril (Touati, 2008).

La Numidie se situe dans l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud ($Q_2 = 144.5$ et $m = 10.96$). Cela n'exclut pas la présence d'autres étages bioclimatiques qui expliquerait la présence d'une flore et d'une faune d'origines biogéographiques aussi diverses que les domaines Paléarctique, Afro tropical, Eurasiatique (Samraoui & de Bélair, 1998).

Tableau 05: Température de l'air (station météorologique d'El-Kala) de la période (1997-2006) de la région d'El-Kala (Touati, 2008).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°c max	16.15	16.60	19.41	21.50	24.62	28.99	31.20	31.84	29.07	27.08	21.57	17.39
T°c min	6.66	6.49	8.11	9.86	13.28	16.78	19.26	20.14	18.07	18.07	11.22	7.84
T°c moy	10.96	11.27	13.63	15.64	19.02	23.00	25.39	26.02	23.38	20.63	15.89	12.17

Tableau 06: Valeurs météorologiques de la région d'El-Kala (Sept 2010, Mars 2011). Source station météorologique d'El- Kala 2011.

	Précipitations moyennes (mm)	Température			Humidité moyenne (%)	Fréq moyenne de vents (km/h)
		Moy	Max	Min		
Septembre	40.13	24	28.3	18	78.8	19.1
Octobre	141.73	21.5	25.1	15.1	81	26.8
Novembre	98.56	16.6	20.5	10.9	79.5	22.3
Décembre	52.33	14.6	18.6	9.2	77.6	18.8
Janvier	82.56	12.7	16.3	7.3	79.3	16.9
Février	104.92	12.6	15.9	6.7	79.3	24.1
Mars	73.65	14.5	18.2	8.5	75.9	14.8

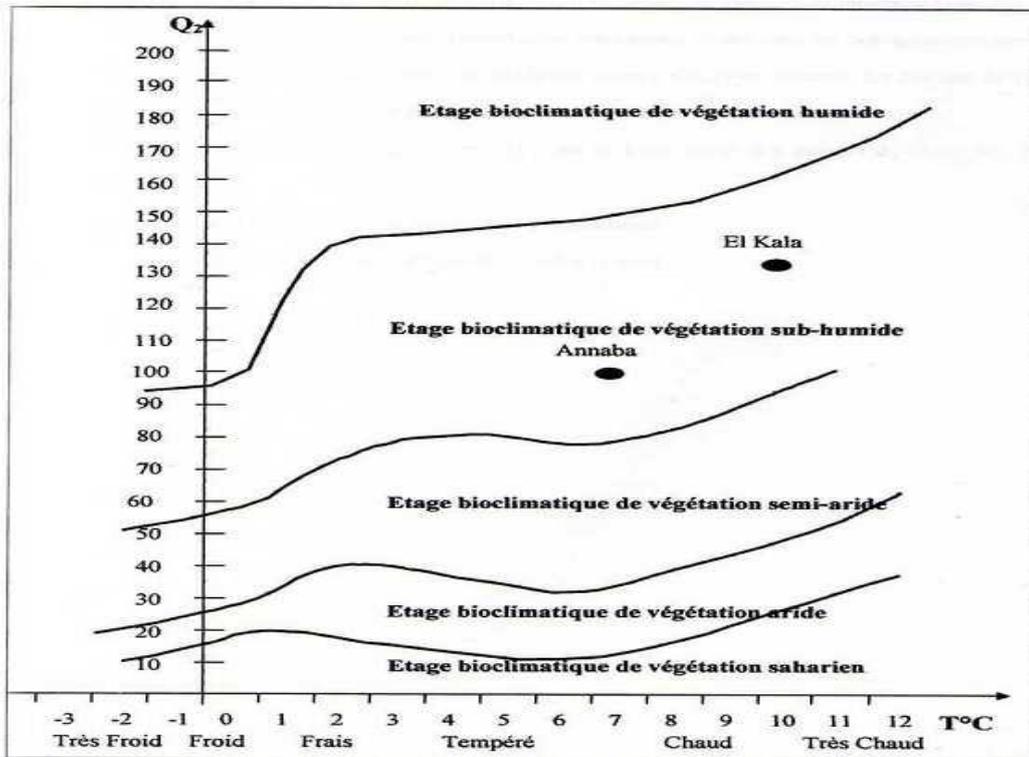


Figure 13: Graphe d'Emberger pour la région d'El Kala (Touati, 2008)

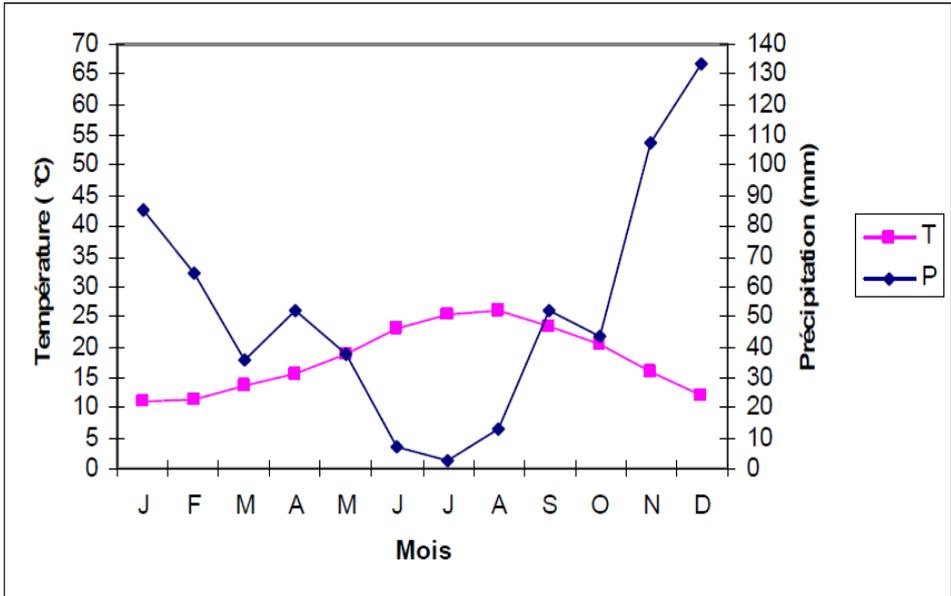


Figure 14 : Diagramme Ombro-thermique de la région d'El- Kala (Touati, 2008).

2.3.7. Caractéristiques écologiques :

2.3.7.1. Cadre floristique:

La surface du lac est recouverte 90% d'une végétation émergente, on y recense 82 espèces dont 32 sont classées assez rares à très rares. Néanmoins cette végétation tend à démontrer son état d'eutrophie avancée favorisé sans doute par un atterrissement optimum (Kadid *et al*, 2007). Au Nord du lac se trouve une aulnaie de 57 ha, une richesse spécifique remarquable atteint 142 espèces végétales dont le climat quasi tropical est particulièrement favorable au Cyprès chauve *Taxodium disticum*, à l'aulne glutineux *Alnus glutinosa*, à l'Orne champêtre *Ulmus minor*, et l'Acacia à bois noir *Acacia melanoxylon* (Belouahem *et al*, 2011).

La physionomie de la végétation est déterminée par la dominance apparente du *Nymphaea alba* qui occupe le centre du lac, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* et l'*Iris pseudacorus* (Meniaia *et al.*, 2014) dans la partie Sud-ouest, le *Scirpus maritimus* (Van Dijk & Ledant, 1983).

Les communautés végétales du lac se présentent sous forme d'une mosaïque d'hydrophytes et d'hélophytes (ceinture de végétation et zone d'eau libre). D'une manière générale, la physionomie dominante du lac est celle d'une roselière qui abrite la plupart des hélophytes. Durant les périodes printanières et estivales, le Nénuphar blanc vient couvrir en grande partie sa surface, lui conférant ainsi un aspect bien particulier (Kadid *et al*, 2007).

Les prairies occupées principalement par la Filaire à feuilles étroites *Paspalum distichum* et la chênaie qui recouvre les parties orientales et Sud du bassin versant, elle joue un rôle important contre l'érosion. Enfin il y a la Saulaie humide constituée d'énormes îlots flottants, et les cultures, qui occupent les rives de la berge occidentale en se prolongeant jusqu'au Sud pour rejoindre le delta de Oued El- Hout (Abbaci, 1999).

2.3.7.2. Cadre faunistique:

Le complexe des zones humides du Nord-Est Algérien est connu à l'échelle internationale comme un important quartier d'hivernage et de reproduction pour les oiseaux d'eau (Skinner, 1984 ; Samraoui & Samraoui, 2008), alors que le Lac Tonga est le plus important site de reproduction dans l'Est Algérien (van Dijk & Ledant, 1983). D'une manière générale, 170 espèces d'oiseaux d'eau sont comptées au niveau de ce lac (12 sont des rapaces, 69 espèces protégées par le décret présidentiel du 20/08/83 complété le 17/01/95); certaines d'entre ces espèces protégées sont des migratrices strictes (Raachi, 2007).

Le lac est un site d'hivernage et de stationnement d'un certain nombre d'Anatidés et d'Ardéidés, aussi les limicole, mais en faible portion et ainsi un site de reproduction pour 17 espèces (Samraoui & Samraoui, 2008); les Ardéidés: le Héron pourpré *Ardea pupurea* (Nedjah *et al.*, 2010, Samraoui *et al.*, 2012), l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* (Bouchecker *et al.*, 2009, Samraoui *et al.*, 2012), Héron Garde Bœufs *Ardea ibis*, le Héron crabier *Ardeola ralloides*, l'Aigrette garzette *Egretta garzetta*, le Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax* (Samraoui *et al.*, 2012) le Blongios nain *Ixobrychus minutus* (Samraoui *et al.*, 2012) et d'autres espèces tels que l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* (Boumezber, 1993), Fulligule nyroca *Aythya nyroca* (Aissaoui *et al.*, 2009), la poule d'eau *Gallinula chloropus* (Maniaia *et al.*, 2014), le Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* (Athamnia *et al.*, 2015).

Le Lac Tonga recense nombreuses espèces d'insectes: 28 espèces d'odonates qui appartiennent à quatre familles taxonomiques: Lestidae, Coenagrionidae, Aeshnidae et Libellulidae (Samraoui & Menai, 1999, Samraoui & Corbet, 2000), et 14 espèces d'hémiptères avec une espèce d'origine afrotropicale: *Hydrocyrius columbiae* Spinola (Annani *et al.*, 2012).

Les travaux de Samraoui *et al.*, 1998 ; Samraoui (2002) fournissent des données regroupant diverses espèces zooplanctoniques des Rotifères, Cladocères, Copépodes et Ostrapodes dans les zones humides côtières de l'Est Algérien, 27 % d'entre eux sont nouveaux à l'Algérie et semble restreint au Lac Tonga tels que *Asplanchnopus hyalinus*, *Lepadella venden-bradei* (Samraoui *et al.*, 1998).

Plusieurs espèces de reptiles et d'amphibiens vivent dans le Lac Tonga, Samraoui *et al.* 2012 montre la présence de quatre espèces des amphibiens (des anoures): le Crapaud de mauritanie *Bufo mauritanicus*, *Hyla meridionalis*, *Pelophylax saharicus* et le Triton de Poiret *Pleurodeles poireti* et la couleuvre vipérine *Natrix maura* (Samraoui & Samraoui, 2007).

Concernant les poissons l'existence des Cyprinidés endémiques: *Barbus callensis* et *Pseudophoxinus calensis* (Meddour & Bouderra, 2011 ; Samraoui *et al.*, 1998) auxquelles s'ajoute la présence du l'Anguille européenne *Anguilla anguilla* (Djebbari *et al.*, 2009, Loucif *et al.*, 2009) et *Gambusia halbrooki* (Samraoui *et al.*, 2012).

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

3.1. Matériel:

Durant la période de notre étude (la saison de reproduction de l'année 2011: de 30 mars jusqu'à le 22 juin 2011 et la saison de reproduction de l'année 2012: de 29 mars jusqu'à le 14 juin 2012), nous avons utilisé un matériel consacré au terrain et un autre entièrement liés à l'analyse des données.

3.1.1. Matériel consacré au terrain:

- Embarcation: Pour une recherche active et systématique des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans la zone d'étude, on a effectué un balayage dans la végétation émergente du Lac Tonga. Cette opération est réalisée à l'aide d'un Kayak, pour faciliter notre recherche des nids surtout dans les points plus profonds ou en portant une combinaison spéciale (imperméable) pour la recherche des nids qui se trouvent dans la zone littorale.
- G.P.S (Geographic positioning system, Garmin 72): les positions géographiques des nids détectés, ont été prises à l'aide d'un G.P.S, ceci nous permettons de les retrouver facilement.
- Règle: le diamètre interne, externe et la hauteur des nids ont été mesurées à l'aide d'une règle de longueur de 50 cm ou à l'aide d'un mètre (3 mètres de longueur).
- Carnet de note: lors de chaque sortie, les données collectées sur terrain ont été notées sur un carnet du terrain.
- Pieds à coulisse (0.02mm): pour les mensurations des œufs, longueur et largeur.
- Marqueur permanent: pour retrouver le nid et le distinguer des autres nids, la végétation a été marquée par un marqueur permanent. Au sein chaque nid, les œufs aussi ont été marqué.
- Appareil à photos numérique.
- Profondimètre.
- Paires de bottes.

3.1.2. Matériel consacré à l'analyse des données:

Les analyses statistiques ont été déterminées en utilisant le Microsoft Excel 2010. D'autres tests statistiques sont effectués en utilisant R (R Development Core Team, 2014) et logiciel Student Systat pour calculer les box-plot.

Toutes les moyennes sont montrées avec \pm SD. Un modèle linéaire généralisé (GLM) avec l'erreur de Poisson a été utilisé pour tester l'influence des variables environnementaux (profondeur de l'eau, type de végétation, volume des nids, hauteur de végétation, densité de végétation, date et l'année de ponte) sur la grandeur de ponte.

3.2. Méthodes de travail:

Notre étude a pour l'objet d'étudier les paramètres de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* qui niche dans le Lac Tonga (région d'El Kala). Nous essayerons aussi d'expliquer sur 2 ans successives (la saison de reproduction de l'année 2011: de 30 mars jusqu'à le 22 juin et la saison de reproduction de l'année 2012: de 29 mars jusqu'à le 14 juin 2012) l'influence de la variation de ces paramètres sur la reproduction de cette espèce d'oiseau d'eau.

Pendant ces deux saisons de reproduction, la phénologie de la reproduction, les caractéristiques des sites de nidification, la grandeur de ponte et le succès de reproduction ont fait l'objet d'un suivi régulier (deux sortie par semaine).

Le travail réalisé s'est déroulé durant la période de nidification: du mois de mars au mois de juin pour chaque année.

3.2.1. Localisation des nids:

Nous avons cherché les nids de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans la végétation émergente du Lac Tonga au niveau de la berge du lac aussi bien dans le large et marqué leur position avec un G.P.S pour les retrouver facilement.

Une fois, les nids localisés et leur position GPS notées, différents descripteurs écologiques (biotiques et abiotiques) ont été pris en compte.

3.2.1.1. Variables abiotiques:

Dans chaque milieu (strate de végétation) nous avons mesuré les variables environnementales (profondeur de l'eau, hauteur de végétation, recouvrement végétal).

Nous avons compté le nombre des nids: à chaque nid a été attribué un numéro et à chaque œuf, nous avons également attribué un numéro à l'aide d'un marqueur permanent pour bien préciser les œufs précoces de celles qui sont tardives et possible d'estimer l'intervalle de ponte entre les œufs.

Nous avons noté les caractéristiques suivantes et la fiche technique suivante:

- Nid:
 - hauteur.
 - diamètre interne.
 - diamètre externe.
 - profondeur de l'eau.
- Végétation:
 - espèce.
 - hauteur.
 - recouvrement estimé en pourcentage (%).

Les densités de la végétation ont été estimées aux endroits où les nids sont construits (ces dernières étaient visuellement estimées dans un carré de 4 × 4 m centré sur le nid), et enfin le type de végétation qui est utilisé pour la construction des nids.

3.2.1.2. Variables biotiques (paramètres de la reproduction):

On a calculé les paramètres suivants :

1- La date de ponte: qui représente l'intervalle de temps qui sépare la date de ponte du premier œuf du couple le plus précoce et la date de ponte du premier œuf du couple le plus tardif. Pour les dates de la première saison (2011); le 30 mars correspond au 1^{er} jour (première ponte enregistrée); et pour celle de la deuxième saison (2012): le 29 mars, correspond au premier jour du ponte.

2- Phénologie de ponte:

Afin de réduire l'incertitude dans la détermination des dates de ponte des œufs, la période d'étude (pour les deux années) était divisée en semaines et les dates de ponte du premier œuf étaient regroupées dans chacune de ces périodes.

3- La grandeur de ponte:

Représente le nombre d'œufs qu'une femelle peut pondre dans un nid.

4- Les mensurations des œufs de chaque couvée:

La longueur (L) et la largeur (B) ont été mesurées pour chaque œuf à l'aide d'un pied à coulisse digital (précision 0.02 cm).

Le volume des œufs (V en mm^3) était calculé en utilisant la formule ($V = 0.000509 L*B^2$) (Hoyt, 1979).

5- La durée d'incubation:

C'est l'intervalle du temps nécessaire pour chaque œuf jusqu'à l'éclosion.

6- Le succès de reproduction:

Représente le nombre des nids éclos sur le nombre total des nids suivis. Lorsqu'un nid n'est pas éclos, nous discuterons les causes de l'échec (prédation, inondation...etc.).

7- Le succès à l'éclosion :

Représente le nombre d'œufs éclos sur le nombre total des œufs. Dans le cas où les œufs n'ont pas éclos, nous discuterons également les facteurs d'échec d'éclosion.



Figure 15: Photo d'un œuf du Grèbe huppé mesuré à l'aide d'un pied à coulisse au Lac Tonga, 2011.



Figure 16: Photo des œufs marqués du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga, 2011.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

4.1. Résultats de la première saison de reproduction (l'année 2011):

4.1.1. Mode d'occupation spatiotemporelle du site:

4.1.1.1. Présentation du l'aire d'échantillonnage :

La Figure 17 présente la localisation de l'aire d'échantillonnage durant les deux saisons d'étude au Lac Tonga avec une carte de l'Algérie.

4.1.1.2. Chronologie de ponte

Pendant la première saison de reproduction (l'année 2011) et après une recherche active des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans la végétation émergente du Lac Tonga, 71 nids (les nids actifs ; contenant au moins un œuf) a été le nombre total des nids recensés et suivis, ils ont été trouvés dans les différentes strates de végétation du lac.

Nos résultats montrent que la première ponte du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* a eu lieu à la fin du mois de mars (le 30 mars 2011) et l'opération s'est terminée vers la fin de mai (le 25 mai 2011), elle s'est étalée sur deux mois avec deux pics du nombre des nids observés, le premier pic au milieu du mois d'avril (le 13 avril 2011) puis se diminue le nombre des nids observée à la fin d'avril à cause des fortes précipitations, et revient à augmenter une autre fois au niveau de la première semaine du mois de mai (le 05 mai 2011) (Figure 18).

4.1.2. Mode d'occupation spatiale du site:

4.1.2.1. La végétation:

La nidification du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011 est essentiellement localisée très loin des berges du lac (à la partie Sud-Ouest), et les nids sont généralement construits avec des tiges et des feuilles de végétation émergente du lac.

a- Type de végétation:

La Figure 19 présente les différentes strates de végétation utilisées comme site de nidification en 2011 au Lac Tonga. Nos résultats montrent que la strate de Phragmite *Phragmites australis* est la strate (le type) la plus utilisée par le Grèbe huppé *Podiceps*

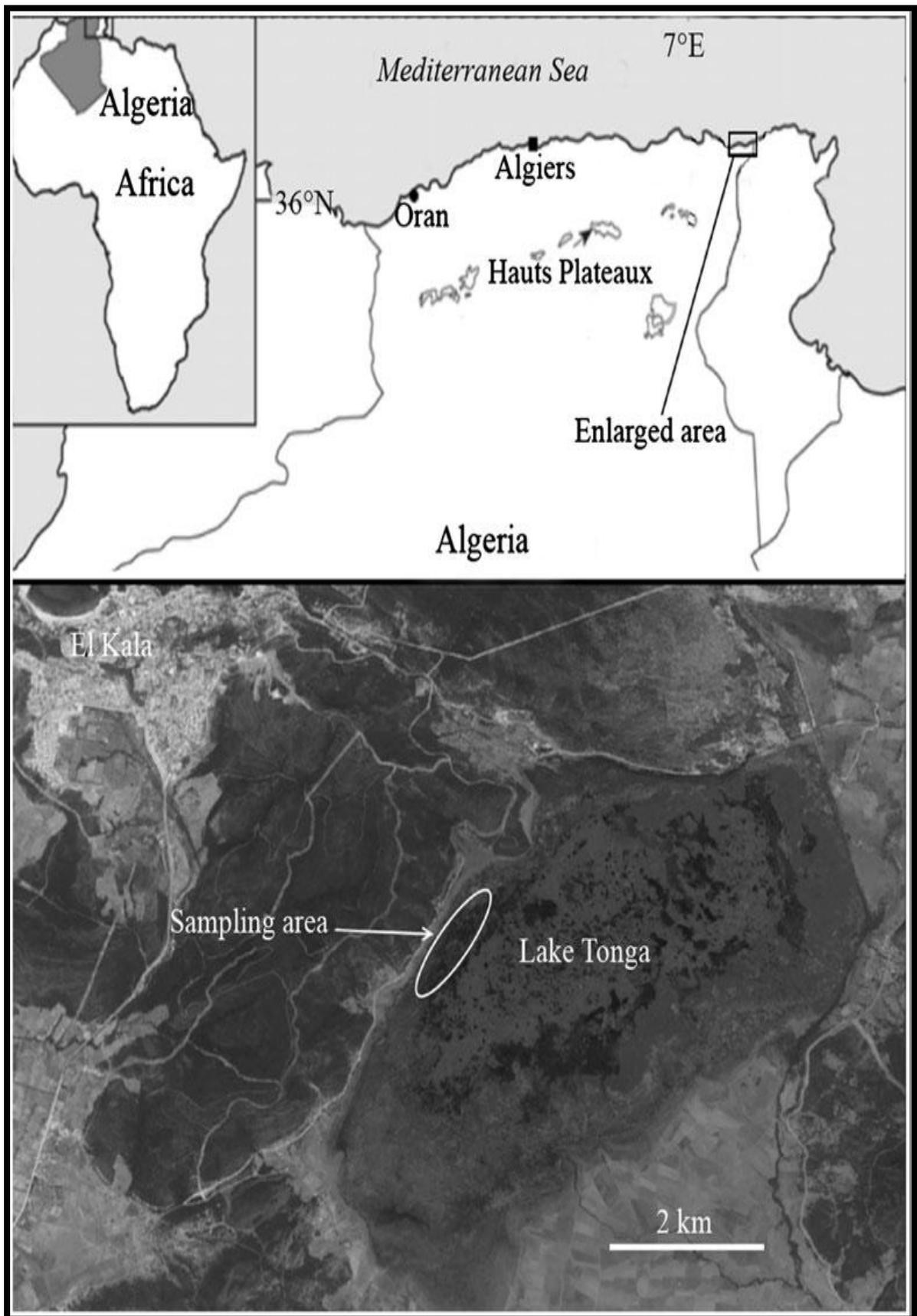


Figure17: Localisation de l'aire d'échantillonnage au Lac Tonga avec une carte d'Algérie (Cheriet *et al.*, 2015).

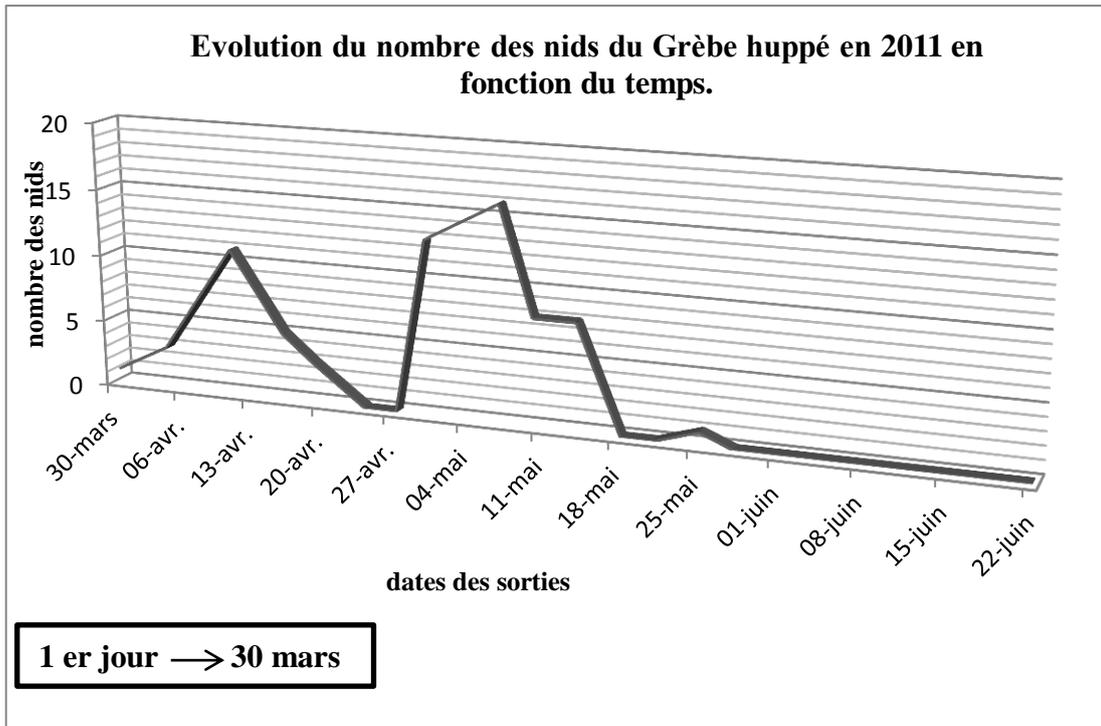


Figure 18: Chronologie des pontes du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga par semaine en 2011.

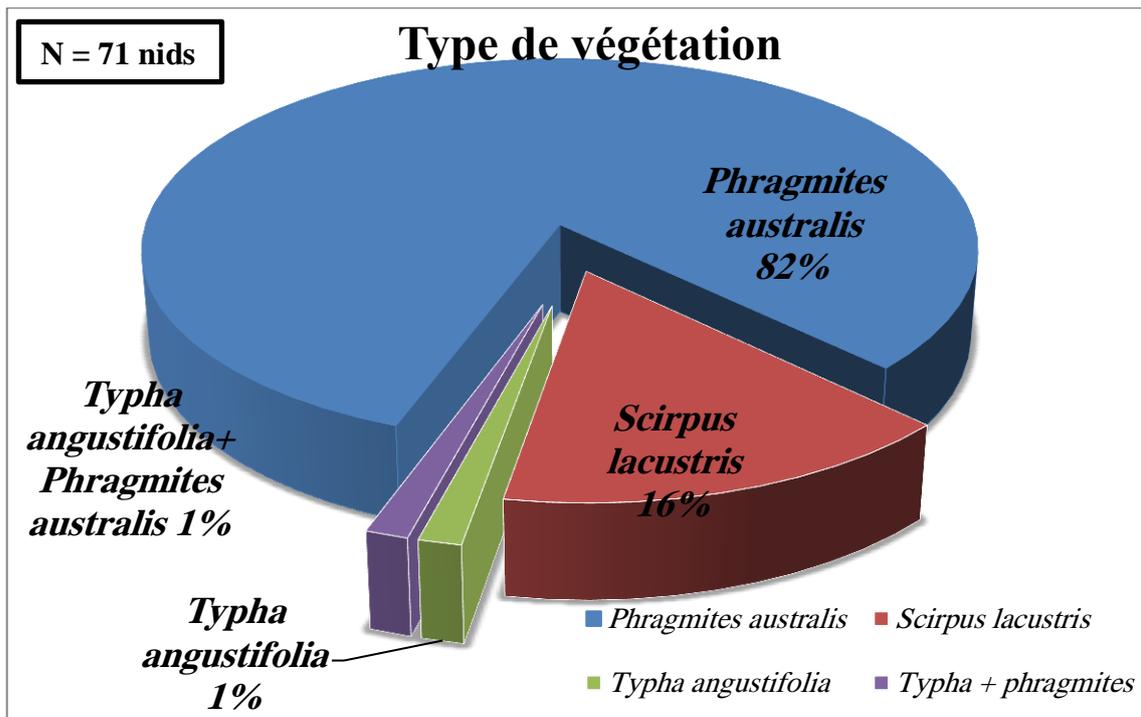


Figure 19: La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes strates de végétation utilisées comme sites de nidification en 2011 au Lac Tonga.

cristatus pour la construction du son nid avec un pourcentage de 82% nous avons découvert aussi que la strate de Scirpes *Scirpus lacustris* vient en deuxième lieu, dont 16% des nids sont localisés dans cette strate et en dernier lieu vient la strate de Typha *Typha angustifolia* par un pourcentage très réduit 1% des nids, ou Typha associée avec le Phragmite par 1% .

b- Hauteur de végétation:

Nous avons mesuré les strates de végétation (composé de différentes hauteurs) et nos données en 2011 montrent que la hauteur de végétation varie au cours de la croissance et que la classe de hauteur de [1,5- 1,75 m [est la classe la plus abondante en nombre des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant la saison de reproduction de l'année 2011 dont 20 nids sont construits à cette classe de hauteur, puis vient les deux classes de hauteur de [1.25- 1.5 m [et [1.75- 2m [avec un nombre considérable des nids (17 nids) et (14 nids) respectivement, ensuite vient la classe de hauteur de [1- 1.25 m[avec un nombre des nids qui atteint 12 nids alors que les classes de hauteur de [2 – 2,25 m [et la classe de hauteur de [2.25 – 2.5 m [ne présentent que de petits nombres (5 nids) et (3 nids) respectivement. La hauteur maximale pour cette année est 2.4 m (Figure 20).

c- Densité de végétation:

Nous avons estimé la densité de végétation autour des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* par une observation directe et nous notons que la densité préférée pour le Grèbe huppé à la construction de nid et la reproduction en 2011 au Lac Tonga est relativement très réduite par rapport aux autres oiseaux dans un but d'assurer aux adultes Grèbe un accès facile à l'eau en cas de danger. Elle présente la classe de densité de [15- 20%] représentée par un nombre qui atteint 20 nids, puis vient les deux classes de la densité de végétation de [10- 15% [et [20- 25% [avec un nombre considérable des nids (17 nids) et (15 nids) respectivement, ensuite vient la classe de densité de végétation de [3- 10% [avec un nombre des nids qui atteint 11 nids alors que la classe de densité de végétation de [25 - 30% [ne présente qu'un petit nombre de nids (8 nids). La densité maximale que le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* peut supporter pour nicher en 2011 au Lac Tonga est 30% (Figure 21).

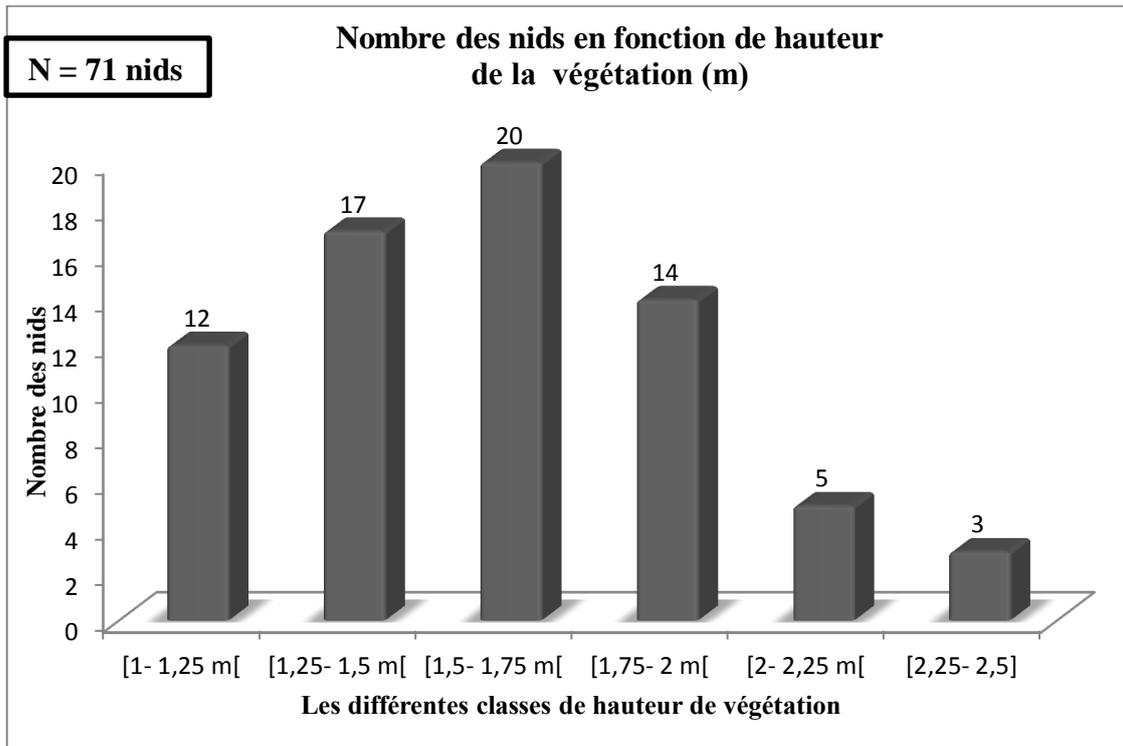


Figure 20: Distribution des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la hauteur de végétation en 2011 au Lac Tonga.

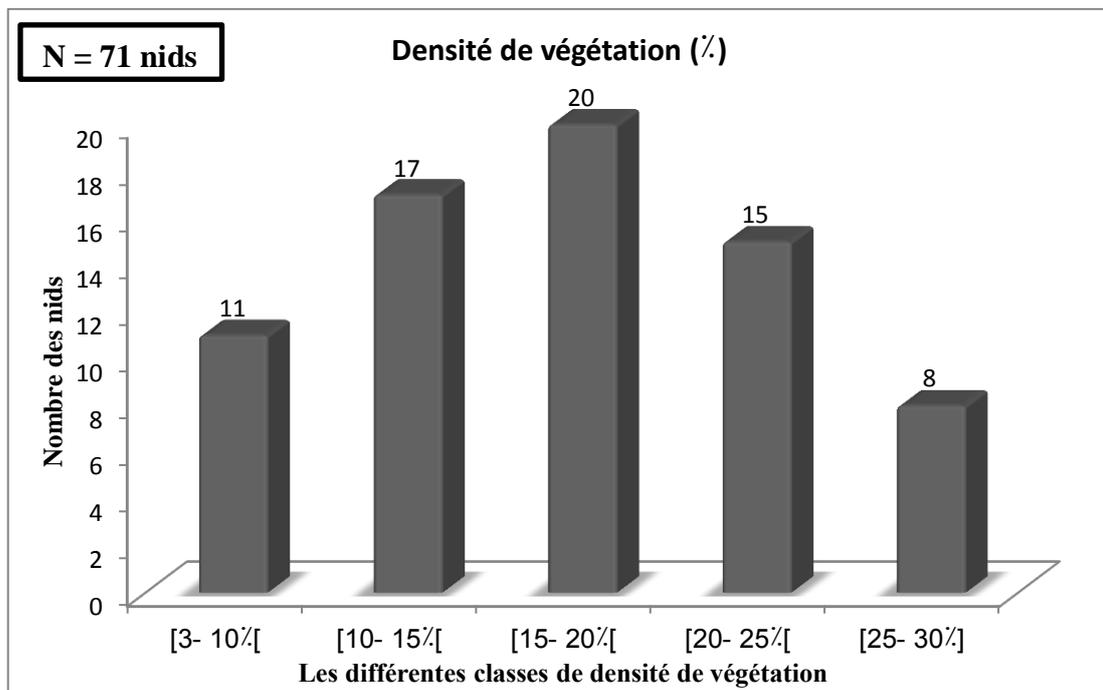


Figure 21: La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la densité de la végétation au Lac Tonga en 2011.

4.1.2.2. Profondeur de l'eau:

Nous avons mesuré la profondeur de l'eau à côté de tous les nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* à la saison de reproduction de l'année 2011, et nos résultats montrent que la profondeur de l'eau la plus abondante en nombre des nids du Grèbe huppé est celle la plus élevée]2- 2.25 m] pour lui assurer ses plongées, puis vient la classe de profondeur de l'eau de]1.75 - 2m] avec un nombre considérable des nids (22 nids), ensuite vient la classe de profondeur de l'eau de]1,5 - 1,75 m] avec un nombre des nids atteint 12 nids alors que les autres classes de profondeur de l'eau de [0.75 - 1m[,]1 - 1.25 m[et]1.25 – 1.5 m[ne présentent que des petits nombres (2nids), (3 nids) et (1 nid) respectivement. La profondeur maximale que le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* peut l'atteindre pour construire son nid en 2011 au Lac Tonga est 2.15 m (Figure 22).

Les résultats de la première saison 2011 au Lac Tonga ; montrent que 50% des nids du Grèbe huppé sur un total de 71 nids sont construits aux profondeurs comprises entre 180 et 210 cm, avec la présence de quatre valeurs extrêmes (80,110, 120 et 125 cm) (Figure 23).

La densité de végétation où 50% sur un total de 71 nids du Grèbe huppé sont construits en 2012 est comprise entre 10 et 20%, avec aucune valeur extrême (Figure 24).

50% des nids sur un total de 71 nids du Grèbe huppé sont construits dans la végétation dont la hauteur est comprise entre 140 et 180 m en 2011, avec aucunes valeurs extrêmes (Figure 25).

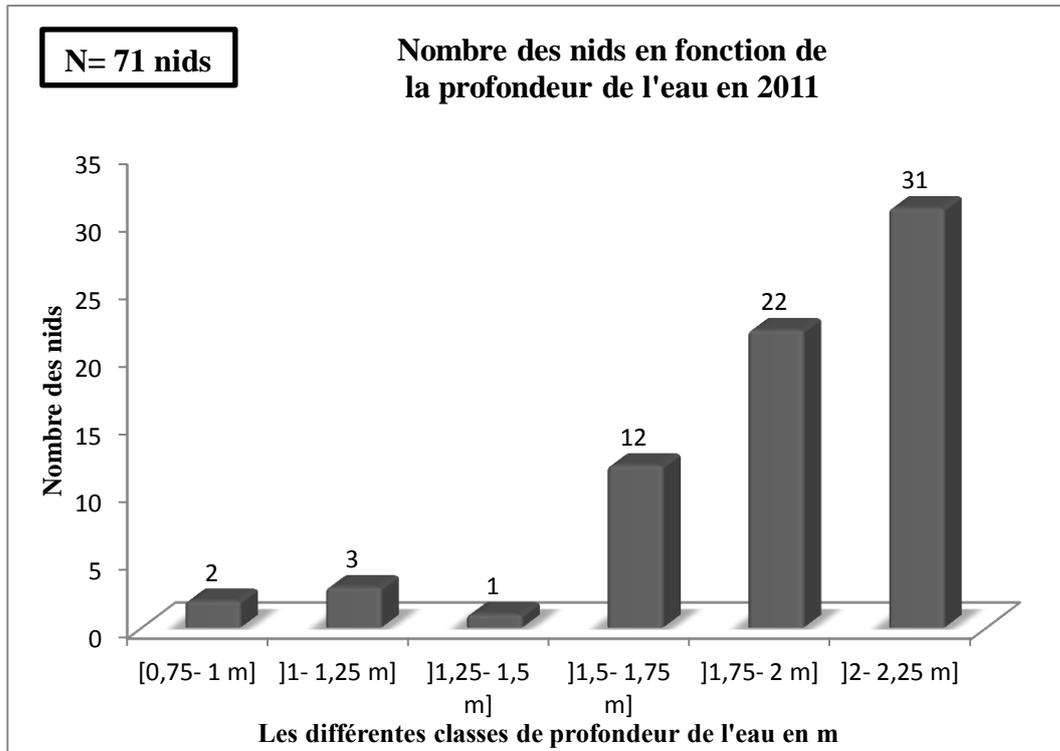


Figure 22: La distribution des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon les différentes profondeurs de l'eau au Lac Tonga en 2011.

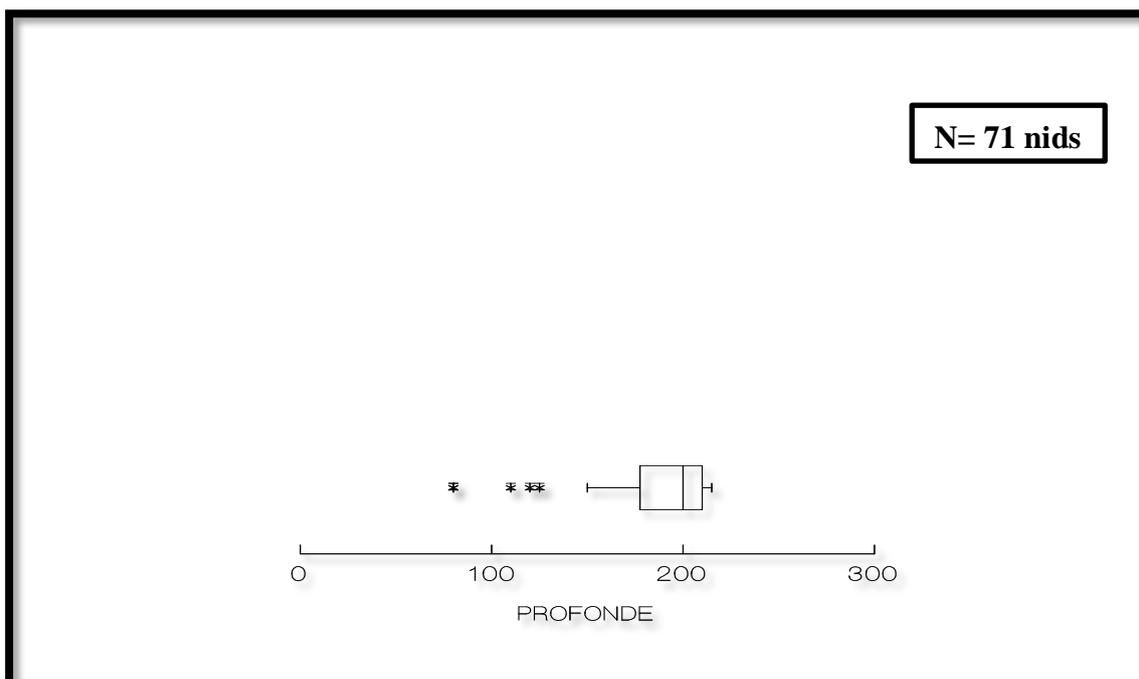


Figure 23 : box plot représentant les différentes profondeurs d'eau utilisé par le Grèbe huppé pour la nidification au Lac Tonga en 2011.

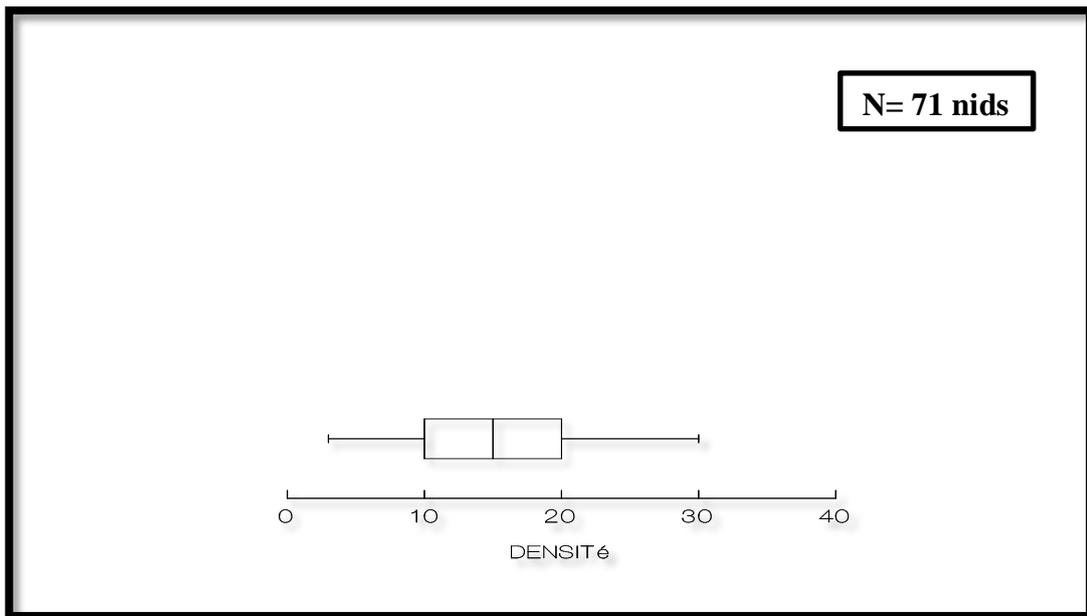


Figure 24 : Box plot représentant les différentes densités de végétation utilisés par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* pour la nidification au Lac Tonga en 2011.

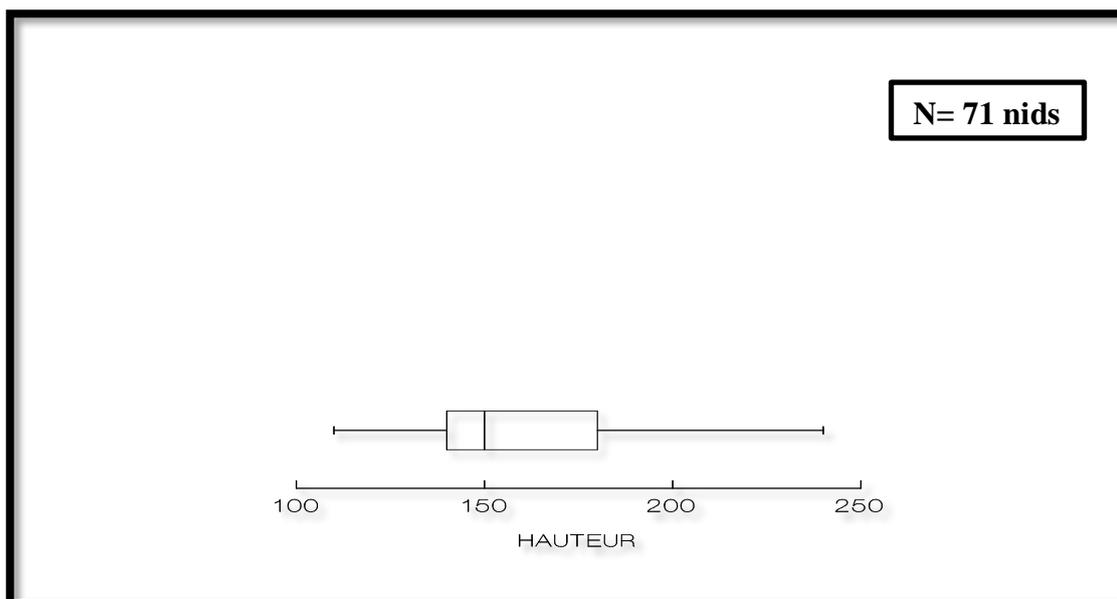


Figure 25 : Box plot représentant les différentes hauteurs de végétation utilisés par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* pour la nidification au Lac Tonga en 2011.

4.1.3. Caractéristiques des nids:

Généralement les nids recensés à la saison de reproduction de l'année 2011 sont constitués de végétaux en décomposition tel que *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Scirpus* et les feuilles de *Saules*...etc. Les dimensions des nids sont très variables, au début de la ponte, il est encore rudimentaire et les œufs reposent presque sur l'eau, mais chaque jour de nouveaux matériaux sont apportés et le nid s'agrandit et s'élève.

En 2011, les mesures de 71 nids ont donné les résultats suivants et qui sont résumés au Tableau 07 et Figure 26.

Le diamètre interne (6,5-19 cm) et le diamètre externe (29-45 cm) ont des moyennes $14,02\text{cm} \pm 2.39$ et $35,85\text{ cm} \pm 3.51$ respectivement.

La moyenne de la hauteur des nids est de $6,57\text{ cm} \pm 1.31$, elle varie entre (4,5- 9.5 cm).

La densité de végétation moyenne est de $15\% \pm 6.57$, les valeurs varient entre 3 et 30%, alors que la hauteur de la végétation moyenne est de $1.57\text{ m} \pm 0.31$, elle varie entre (1.1- 2.4 m).

La profondeur de l'eau moyenne où les nids ont été construits est de $1.89 \pm 0.3\text{ m}$ avec une profondeur maximale de 2.15 m et une profondeur minimale de 0.8 m.

Box plot des mesures des nids:

Les résultats de box plot des mensurations des nids du Grèbe huppé pour la saison 2011 au Lac Tonga ; montrent que 50% des nids de Grèbe huppé sur un total de 71 nids se caractérisent par un diamètre externe varie entre 33 à 38 cm (Figure 26).

Pour le diamètre interne ; 50% des nids du Grèbe huppé sur un total de 71 nids varie entre 12 et 16 cm, avec la présence d'une valeur extrême de 6.5 cm.

Concernant la hauteur des nids du Grèbe huppé en 2011; 50% sur un total de 71 nids ont une hauteur de 5.5 à 7.5 cm.

4.1.4. Caractéristiques des œufs:

Les œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* sont allongés, au début du ponte, elles sont d'un blanc verdâtre lorsqu'ils sont encore frais mais ils prennent une teinte jaunâtre et de brun sale au contact des végétaux en décomposition qui constituent le nid lorsque l'incubation est avancée.

Les mensurations de 225 œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* à la saison de reproduction de l'année 2011 au Lac Tonga indiquent que la longueur moyenne des œufs est $54,35 \text{ mm} \pm 2,45$ alors que la largeur moyenne est de $35,93 \text{ mm} \pm 1,16$. Nos résultats montrent aussi que le volume moyen de 225 œufs est $36,77 \text{ mm}^3 \pm 2,91$. Les résultats de mensurations des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en 2011 au Lac Tonga sont résumés dans le Tableau 08.

Box plot des mensurations des œufs:

Nos résultats indiquent que 50% sur un total de 225 œufs ont une longueur varie entre 53 à 57 mm en 2011, avec la présence de trois valeurs extrêmes (46.36, 61.02 et 61.18 mm).

50% sur un total de 225 œufs du Grèbe huppé ont présenté une largeur varie entre 35 à 37 en 2011, avec la présence d'une seule valeur extrême 31,94mm.

Le volume de 50% sur un total de 225 œufs du Grèbe huppé en 2011 est compris entre 34.5 et 38 mm³, dont cinq valeurs extrêmes apparaissent (25,10, 27,04 , 28,02, 44 et 46,04 mm³) (Figure 27).

Tableau 07: Caractéristiques des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

Désignation	Moy	S.D	Min	Max	N
Diamètre externe (cm)	35.85	3.51	29	45	71
Diamètre interne (cm)	14.02	2.39	6.5	19	71
Hauteur de nid (cm)	6.57	1.31	4.5	9.5	71
Profondeur de l'eau (m)	1.89	0.30	0.8	2.15	71
Densité de végétation (%)	15	6.70	3	30	71
Hauteur de Vég (m)	1.57	0.31	1.1	2.4	71

Tableau 08: Caractéristique des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

Désignation	Moy	S.E	Min	Max	N (œufs)
Longueur (mm)	54.35	2.45	46.36	61.18	225
Largeur (mm)	35.93	1.16	31.94	39.02	225
Volume (mm ³)	36.77	2.91	25.10	46.04	225

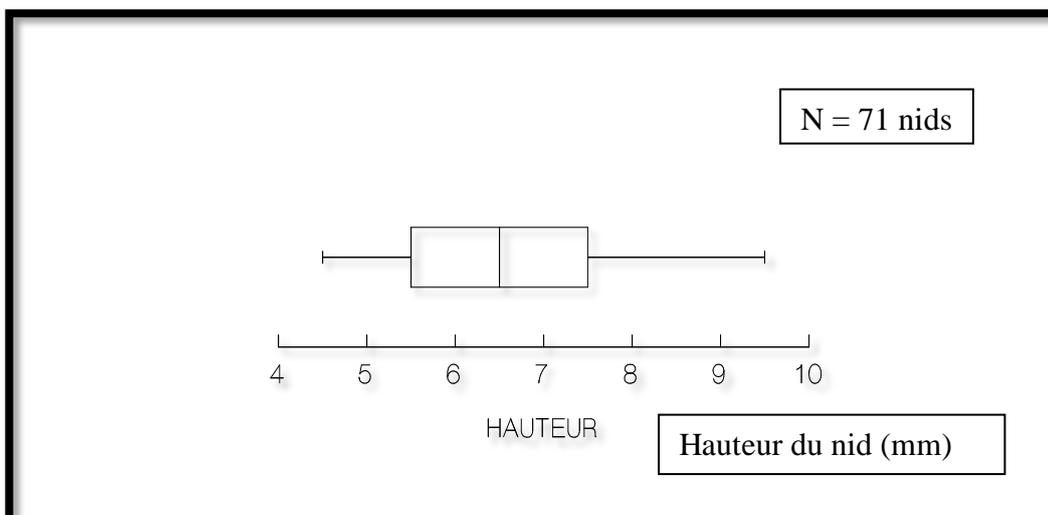
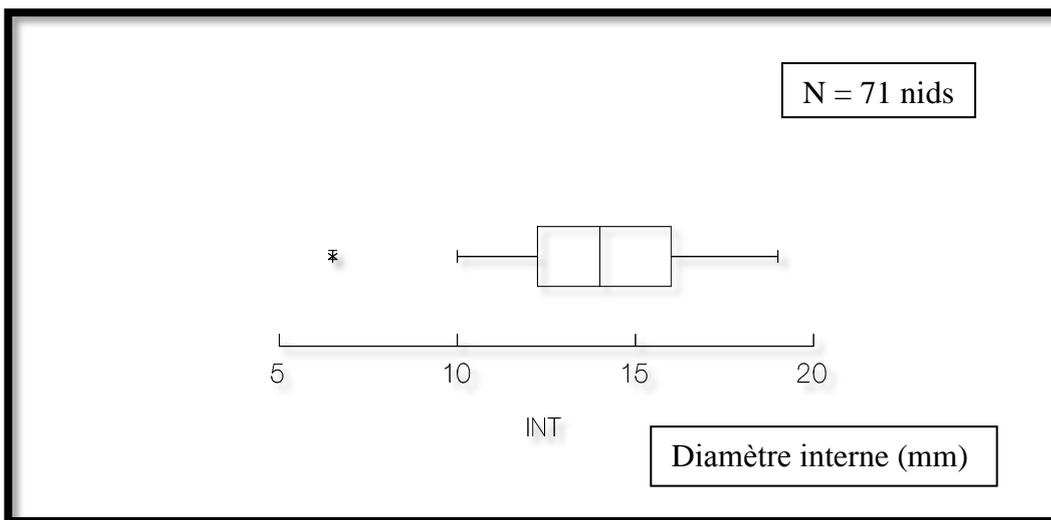
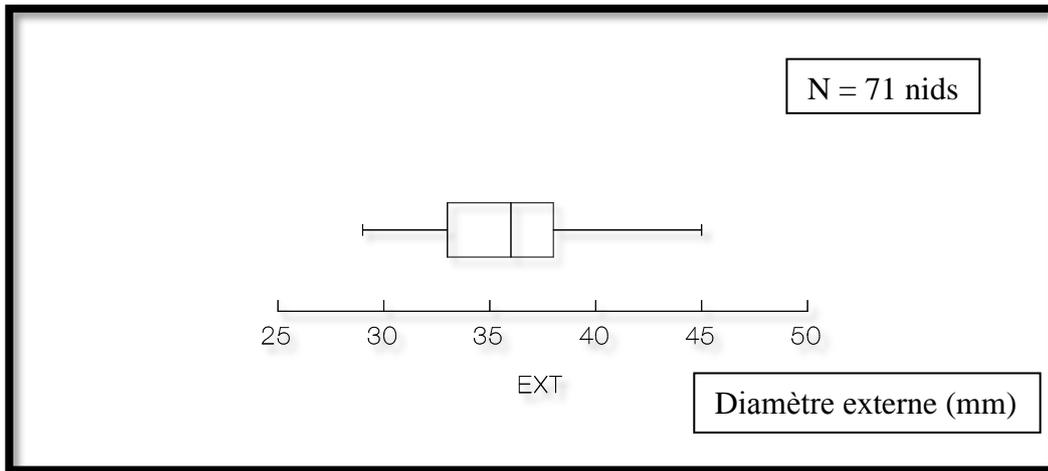


Figure 26: Box plot représentant les mesures des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* (diamètre externe, interne et hauteur du nid) au Lac Tonga en 2011.

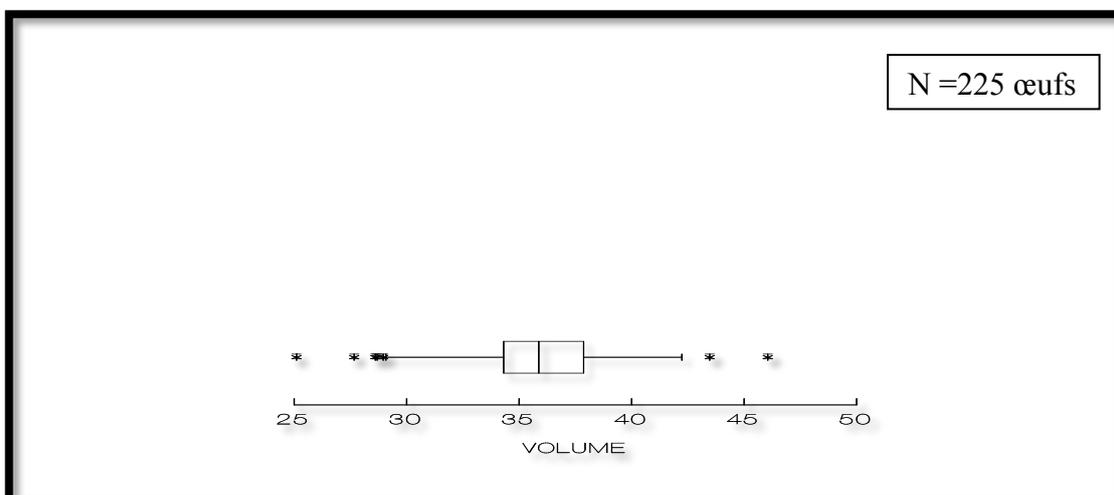
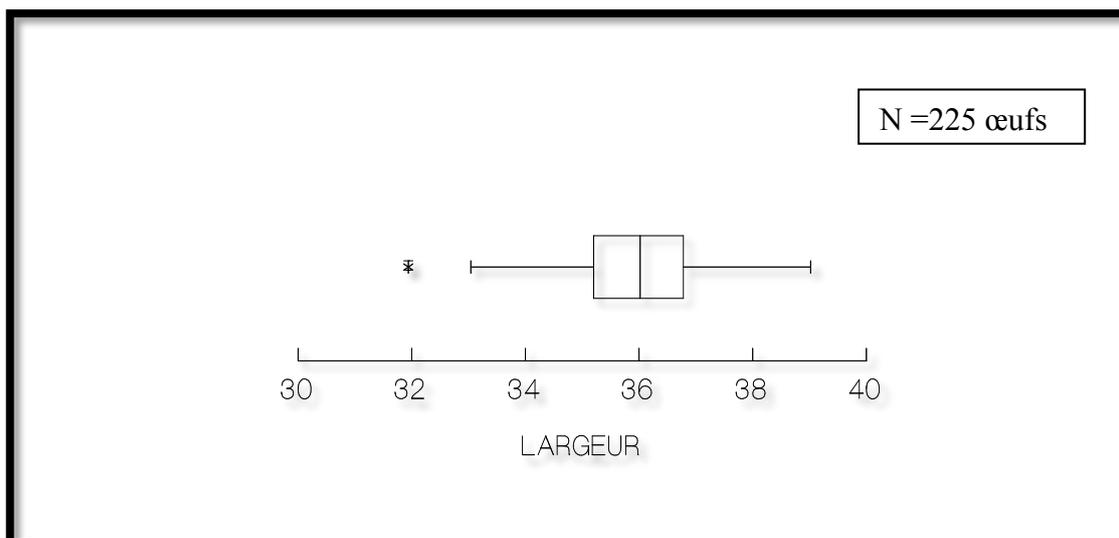
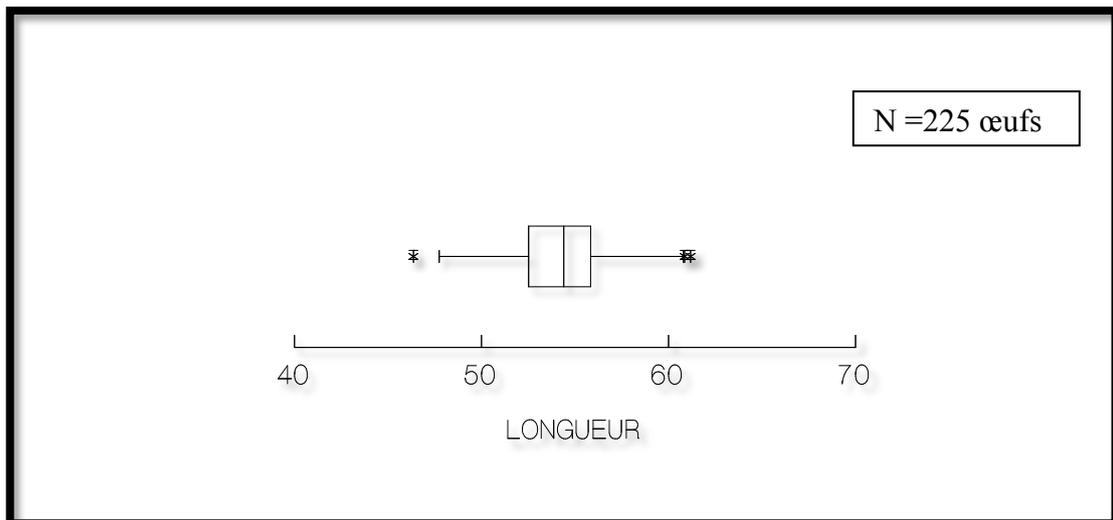


Figure 27: Box plot représentant les mensurations des œufs (longueur, largeur et volume) du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

4.1.5. Paramètres de la reproduction:

a- La durée d'incubation :

La durée de l'incubation moyenne des œufs était de 26 à 28 jours durant la saison de reproduction de l'année 2011 au Lac Tonga. Les œufs sont pondus à intervalles de deux jours.

b- La grandeur de ponte :

D'après notre étude et pour la première saison de reproduction 2011, la taille de ponte moyenne du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga est de 3.37 œufs \pm 1.01 avec un maximum constaté de 5 œufs et minimum 2 œufs dont le nombre total des nids étudiés (45 nids) et suivis et qui ont réussi à éclore (Figure 28).

c- Le succès de reproduction :

Le suivi des nids recensés dans le Lac Tonga a montré que la majorité des nids ont réussi à éclore (si on prend comme réussite le critère d'au moins un poussin/ ponte) et ce résultat dû à l'option de camouflage parfaitement réussite du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*. En effet, le suivi de 71 nids a indiqué que 63% des nids ont réussi à éclore et 37% ont subi un échec total durant la saison de reproduction de l'année 2011 au Lac Tonga (Tableau 09 et Figure 29).

d- Les facteurs d'échec de la reproduction:

L'échec de reproduction de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* est causé par plusieurs facteurs tel que: la prédation, l'inondation et l'abandon.

La principale cause de l'échec de reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga durant la saison de reproduction de l'année 2011 est la prédation par 61% et l'inondation par 35% des nids (la destruction des nids lors de changement rapide du niveau d'eau) et enfin l'abandon par un pourcentage très réduit 4% (Tableau 10 et Figure 30).

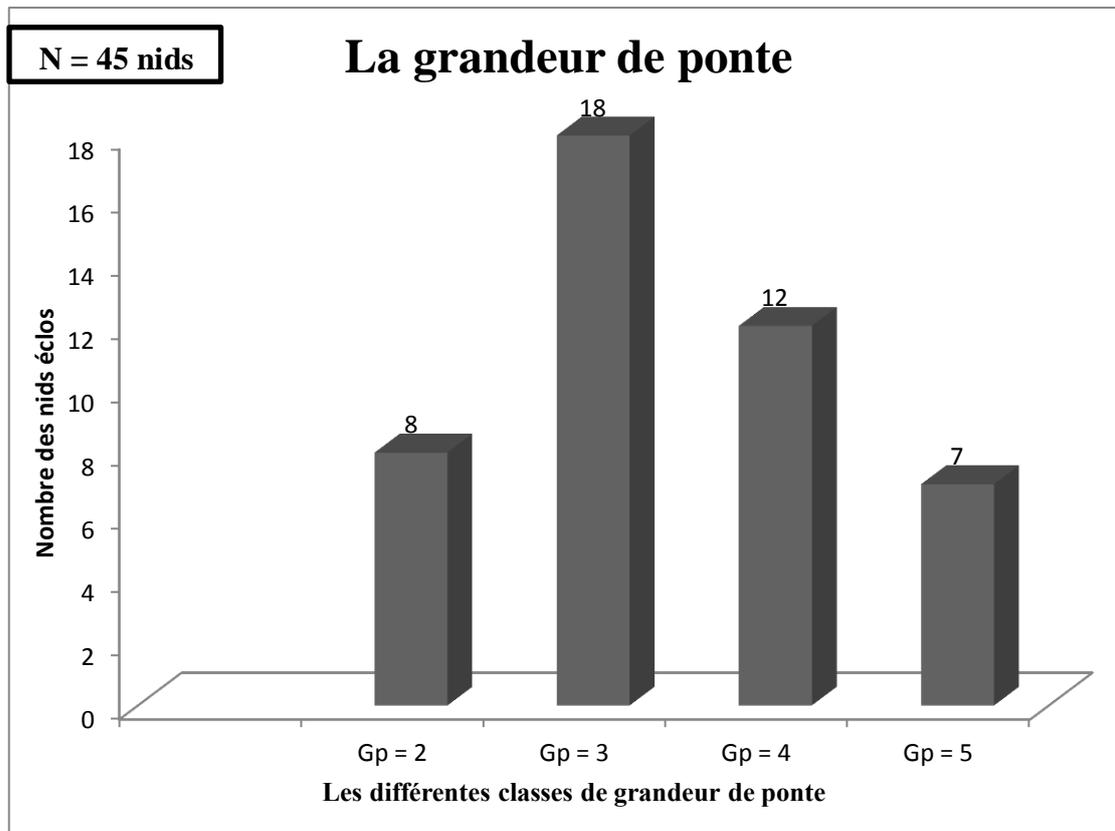


Figure 28: La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la grandeur de ponte au Lac Tonga en 2011.

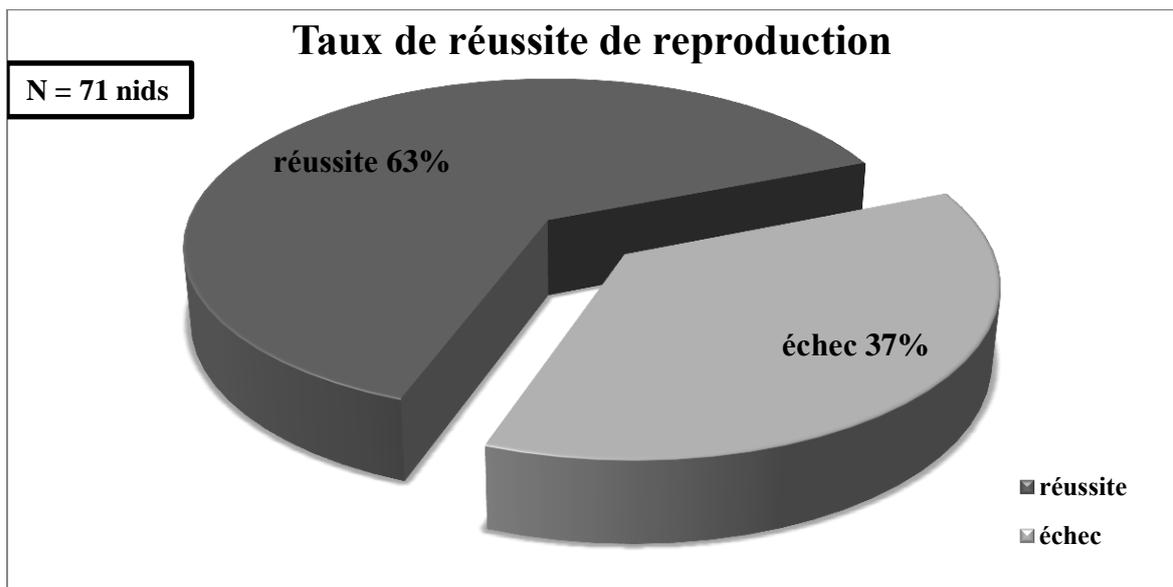


Figure 29: Succès et échec de reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

4.1.6. Les éclosions:

Pendant la saison de reproduction de l'année 2011 au Lac Tonga, nos résultats montrent que les poussins de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* sont asynchrones par nids, ils sont capables de nager dès le premier jour, mais ne savent pas encore plonger. Dans les premiers temps, ils se promènent et sont nourris sur le dos de leurs parents, ces derniers leur donnent des petits poissons et des insectes aquatiques qu'ils ramassent à la surface de l'eau.

Les juvéniles sont reconnaissables grâce à des bandes noires sur la tête, le dos, les joues et le cou, ils ne possèdent pas encore de huppe. Leurs corps est grisâtre.

a- La période d'éclosion:

En 2011, nos résultats montrent que la période d'éclosion s'étend sur deux mois (mai et juin) et les premières éclosions ont commencé la dernière semaine du mois d'avril (27 avril 2011), et le maximum de l'éclosion a été marqué durant la dernière semaine du mois de mai (25 mai 2011) pour prendre fin à la dernière semaine du mois de juin le 22 juin 2011 (Figure 31).

b- Le succès à l'éclosion:

Le succès à l'éclosion de 225 œufs à la saison de reproduction de l'année 2011 au Lac Tonga a donné 68% des œufs ont réussi à éclore et 32 % ont subi un échec (Tableau 11, Figure 32).

c- Les facteurs d'échec à l'éclosion:

Les facteurs d'échec d'éclosion sont: la prédation en premier lieu dont 18 % des œufs sont prédatés, l'inondation avec un pourcentage de 13% des œufs qui sont inondées lors de changement rapide de niveau d'eau durant la période de fortes pluies qui tombent sur la région et en dernier lieu vient l'abandon des nids ou seulement 1% des œufs qui sont abandonnées (Tableau 12 et Figure 33).

Tableau 09: Taux de réussite de reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

Réussite (éclosion/ échec)	Valeur	N
Nids éclos	45	71
Nids non éclos	26	71

Tableau 10: Facteurs de l'échec de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011. N= nombre des nids non éclos.

Causes de l'échec	Valeur	N
Prédation	16	26
Inondation	9	26
Abandon	1	26

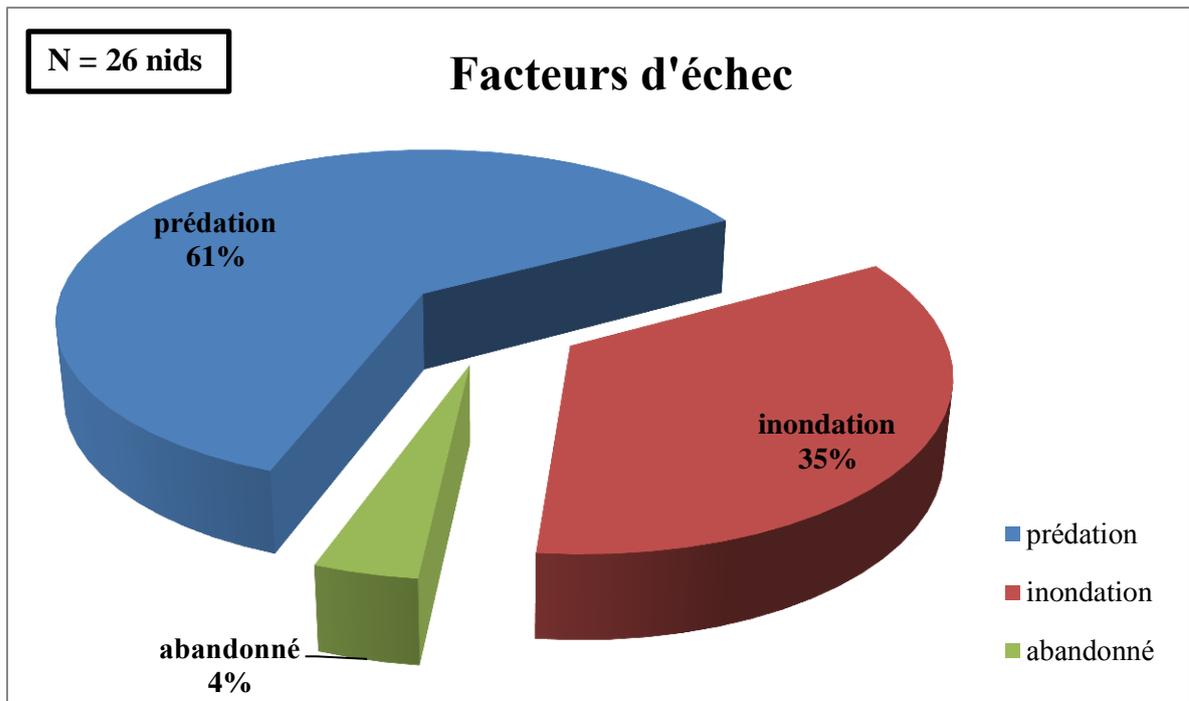


Figure 30: Secteurs représentent les causes de l'échec de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

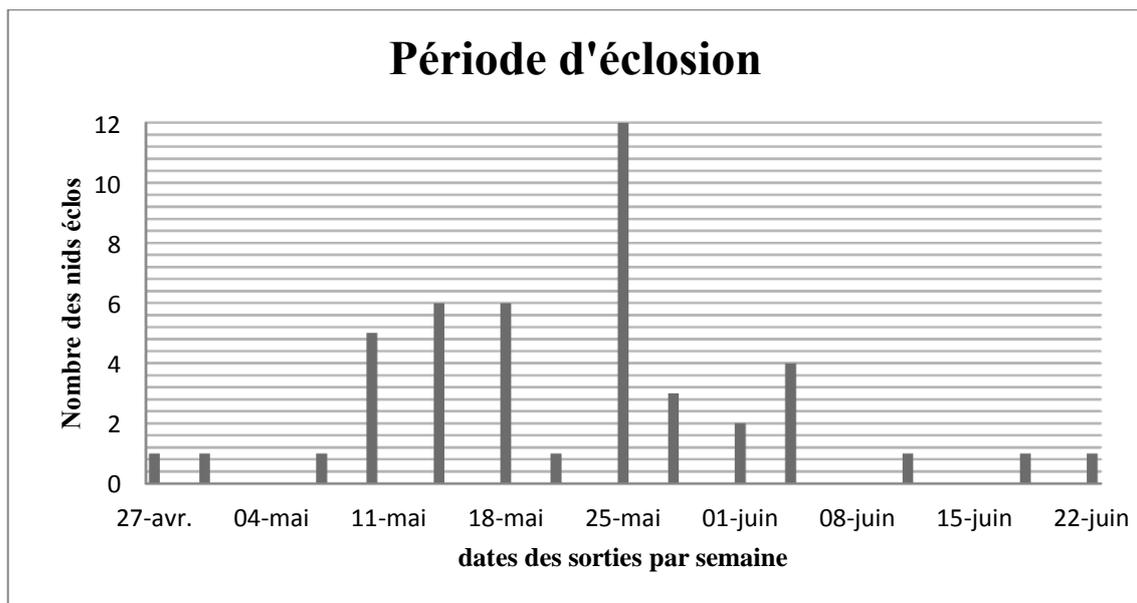


Figure 31: Dates des éclosions du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* par semaine en 2011 au Lac Tonga.

Tableau 11: Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

Réussite (éclosion/ échec)	Valeur	N (œufs)
Œufs éclos	152	225
Œufs non éclos	71	225

Tableau 12: Facteurs de l'échec d'éclosion des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

Causes de l'échec	Valeur	N (œufs)
Prédation	40	71
Inondation	30	71
Abandon	1	71

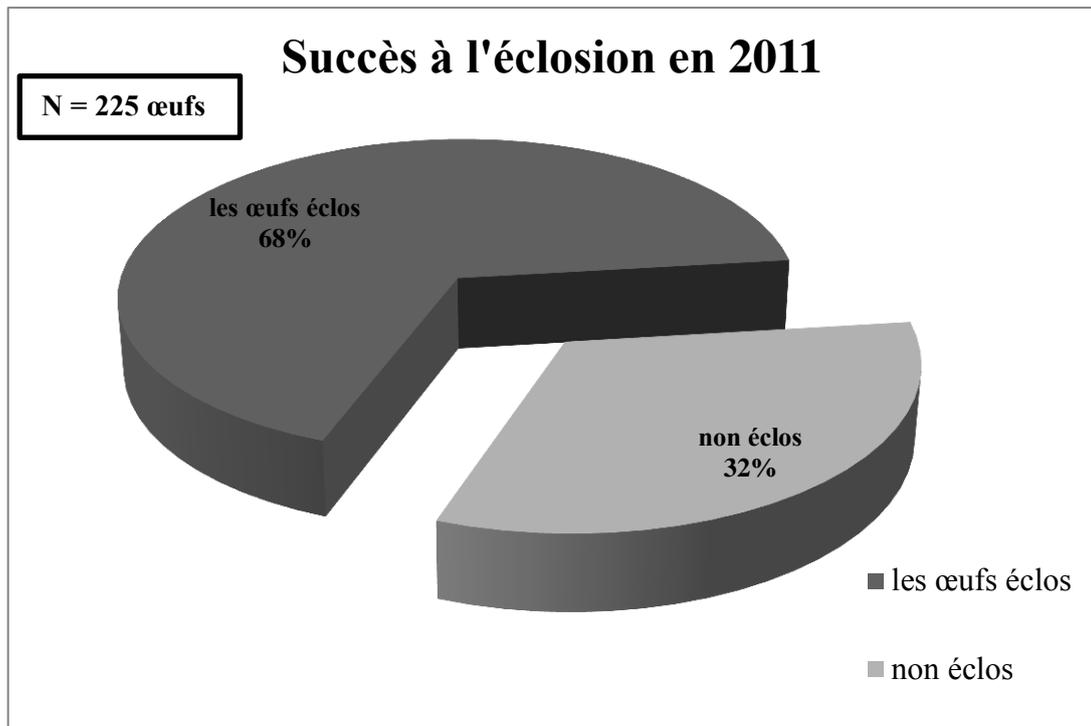


Figure 32: Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011.

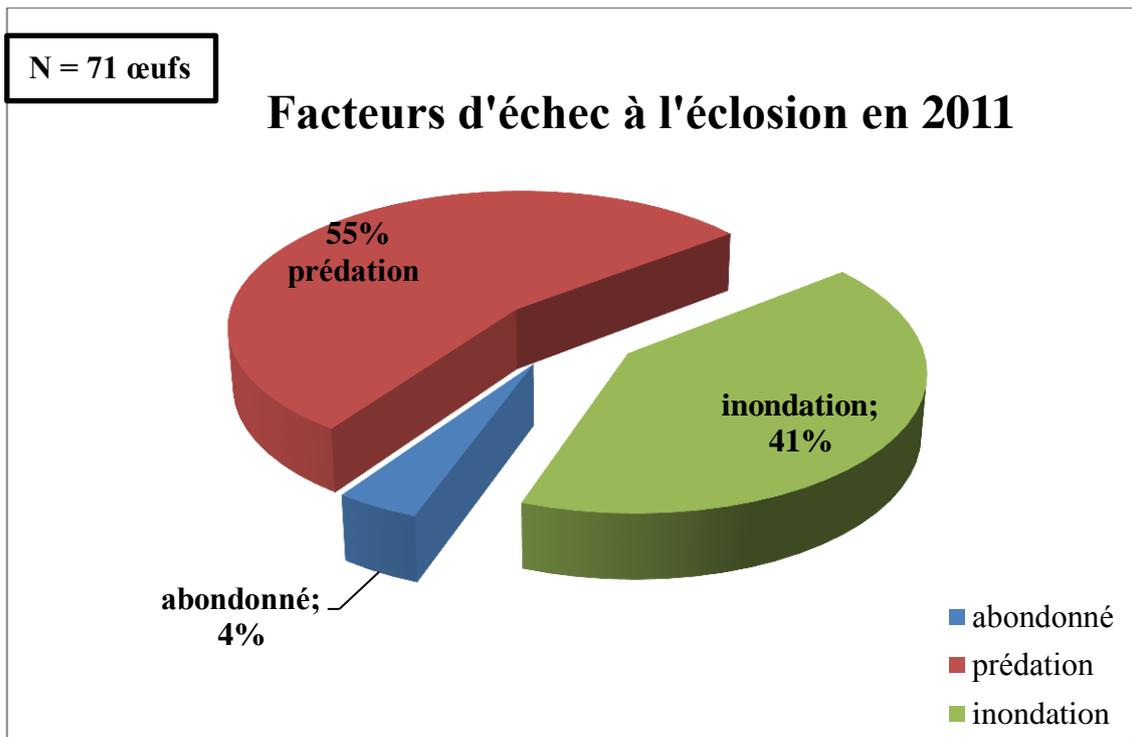


Figure 33: Secteurs représentent les causes de l'échec des éclosions au Lac Tonga en 2011. N= nombre des œufs non éclos.

4.2. Résultats de la deuxième saison de reproduction (l'année 2012):

4.2.1. Mode d'occupation spatiotemporelle du site:

4.2.1.1. Chronologie de ponte

Pendant la deuxième saison de reproduction (l'année 2012) et après une recherche active des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans la végétation émergente du Lac Tonga, 56 nids a été le nombre total des nids recensés et suivis.

En 2012, nos résultats montrent que la ponte du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* a débutée vers la fin du mois de mars (le 29 mars 2012), elle s'est étalée sur deux mois jusqu'au la dernière semaine de mois de Mai (le 24 mai 2012). On voit que le nombre des nids observé dès la première ponte est en croissance relativement rapide pour atteindre un premier pic à la première semaine du mois d'avril (05 avril 2012) suivi par une coupure à cause des fortes précipitations qui tombent à la région d'El-Kala durant cette période. Une autre fois, revient le nombre des nids actif à augmenter d'une façon rapide jusqu'au 19 avril 2012 pour atteindre le nombre maximale des nids trouvés, cela présente le deuxième pic enregistré puis la courbe du nombre des nids actif voit une réduction décroissante qui se traduit par la fin de la période de ponte (Figure 34).

4.2.2. Mode d'occupation spatiale du site:

4.2.2.1. La végétation:

La nidification du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga à la saison de reproduction de l'année 2012 est essentiellement localisée très loin des berges (à la partie Sud- ouest) du lac, et les nids sont généralement construits avec des tiges et des feuilles de végétation émergente du lac.

a- Type de végétation:

Nos résultats pour l'année 2012 indiquent que le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* a utilisé une nouvelle strate de végétation pour l'installation de son nid c'est le Nénuphar blanc *Nymphaea alba* avec un pourcentage très réduit de 2% des nids qui présenté par un nombre des nids ne dépasse pas 1 nid. Mais la strate de la végétation la plus utilisée et la plus dominante en nombre des nids actifs reste le Phragmite *Phragmites australis* par un pourcentage très élevé 98% représenté par 55 nids (Figure 35).

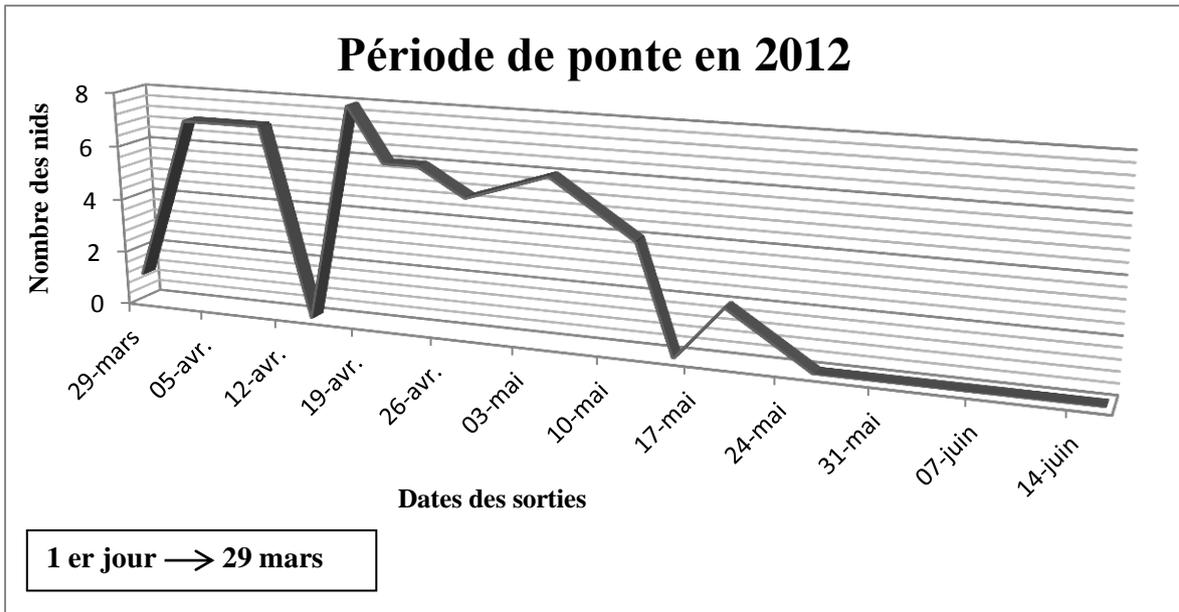


Figure 34: Chronologie des pontes du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* par semaine en 2012 au Lac Tonga.

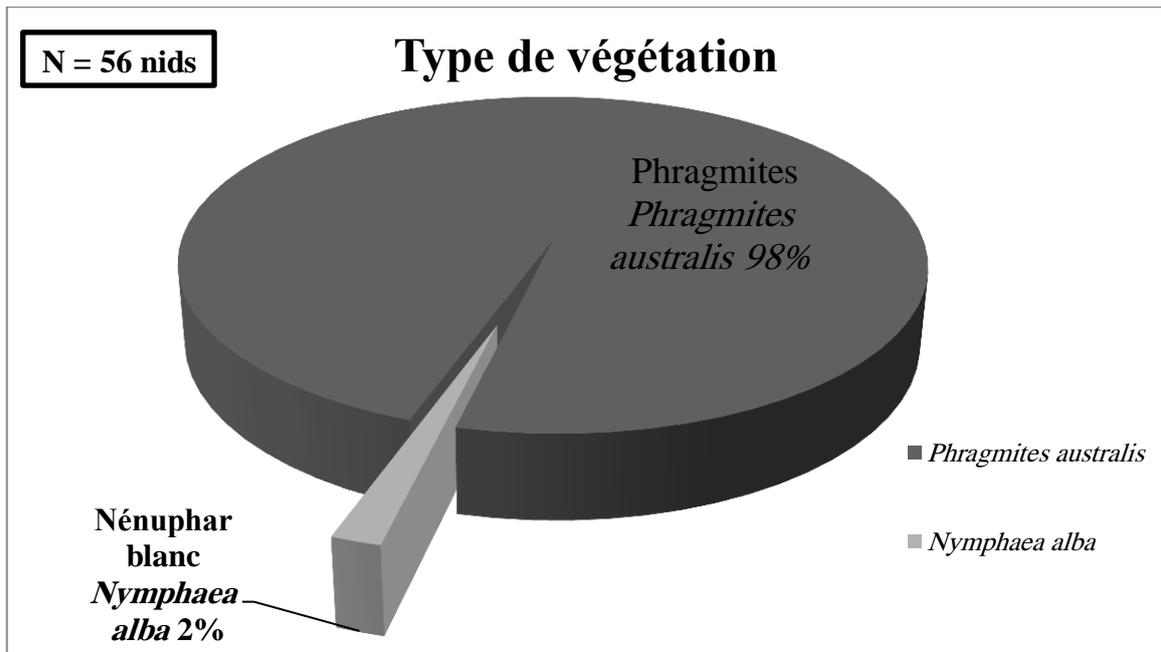


Figure 35: La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes strates de végétation utilisées comme sites de nidification en 2012 au Lac Tonga.

b- Hauteur de végétation:

Nous avons mesuré les strates de végétation (composé de différentes hauteurs) et nos données de la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga montrent que la hauteur de végétation varie au cours de la croissance et que la classe de hauteur de [0,5- 0,75 m [est la classe la plus abondante en nombre des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en 2012 dont 18 nids sont construits à cette classe de hauteur, puis en deuxième lieu vient la classe de hauteur de [0.2- 0.5 m [qui est représentée par un nombre considérable des nids qui atteint 15 nids, en troisième lieu vient la classe de hauteur de [0.75- 1m [représentée par un nombre des nids égale à 11 nids, alors que les classes de hauteur de [1- 1.5 m [et la classe de hauteur de [1.5- 1.75 m [et la classe de hauteur de [1.75- 2 m[ne présentent que de petits nombres (4 nids), (6 nids) et (2 nids) respectivement. La hauteur de végétation maximale pour l'année 2012 est 1.9 m (Figure 36).

c- Densité de végétation:

Nous avons estimé la densité de végétation autour des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* par toujours une estimation à l'œil nue, pour la saison de reproduction de l'année 2012 nos résultats indiquent que la densité préférée au Grèbe huppé pour la construction de nid et la reproduction au Lac Tonga reste très réduite par rapport aux autres oiseaux pour un but d'assurer aux adultes Grèbe un accès facile à l'eau en cas de danger. Elle présente la classe de densité de [10- 15% [représentée par un nombre qui atteint 26 nids, puis en deuxième lieu vient la classe de la densité de végétation de [5- 10% [représentée par un nombre considérable des nids (18 nids), ensuite en troisième lieu vient la classe de densité de végétation [15- 20% [avec un nombre des nids qui atteint (8 nids) alors que la classe de densité de végétation de [20- 25% [présente que petit nombre de nids (4 nids) et la classe de densité de végétation de [25 - 30% [n'est représentée par aucun nid. La densité maximale que le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* peut supporter pour construire son nid en 2011 au Lac Tonga est 20% (Figure 37).

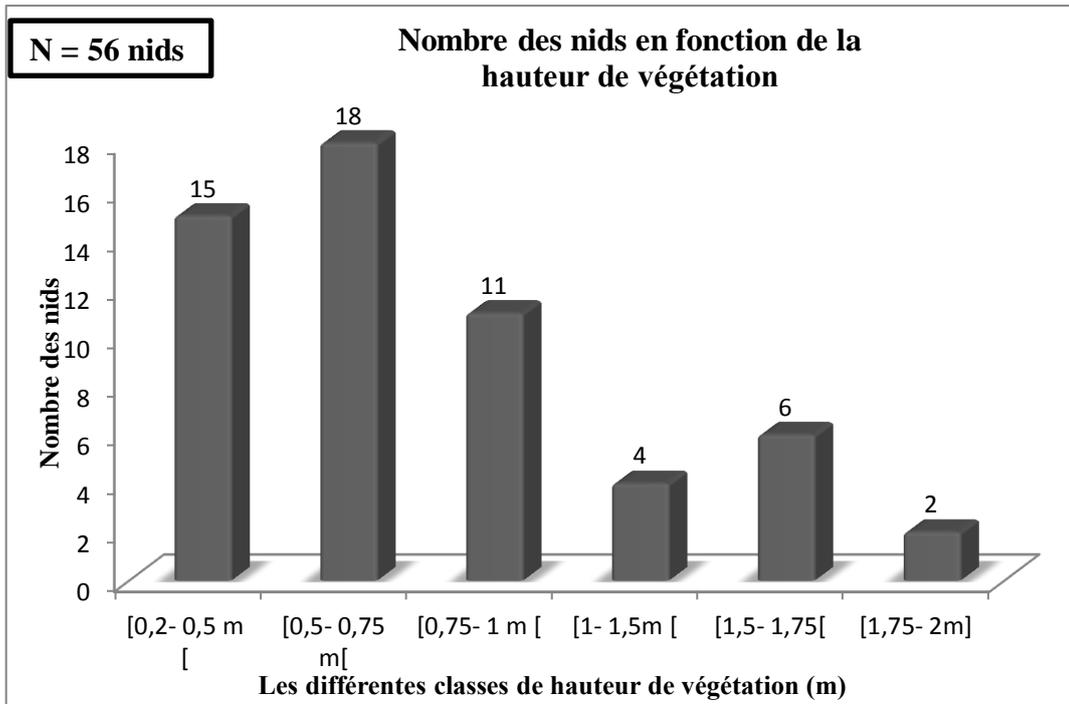


Figure 36: Distribution des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la hauteur de végétation en 2012 au Lac Tonga.

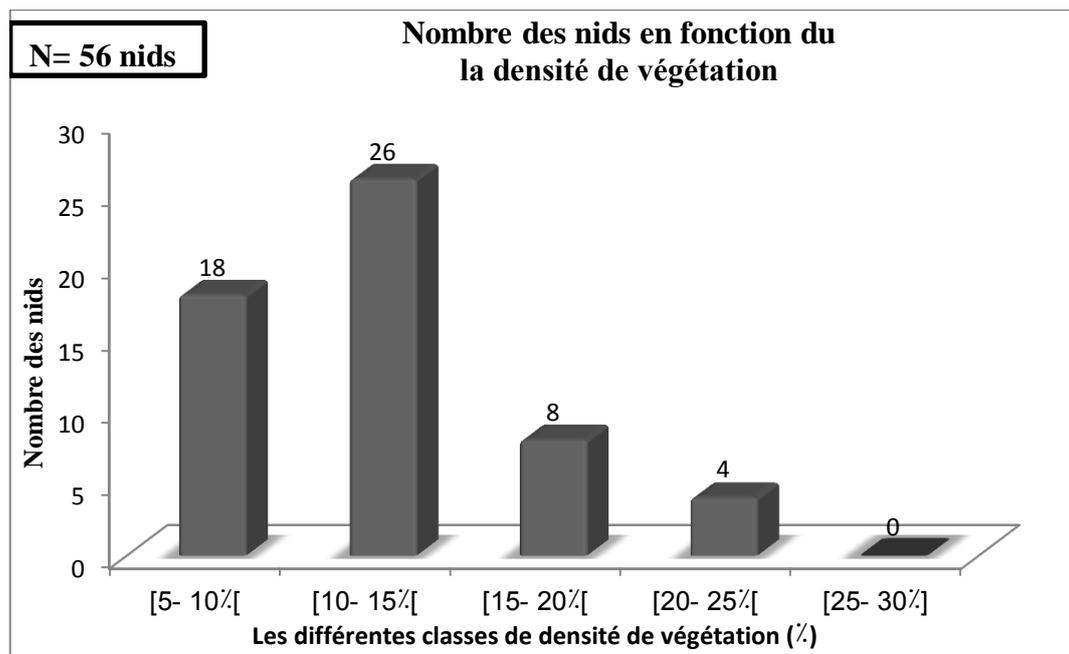


Figure 37: La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la densité de végétation au Lac Tonga en 2012.

4.2.2.2. Profondeur de l'eau:

Nous avons mesuré la profondeur où les nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* sont construits et nos résultats de la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga montrent que la profondeur de l'eau la plus abondante en nombre des nids du Grèbe huppé est celle de [2- 2.25 m[cette classe de profondeur de l'eau est représentée par un nombre des nids très élevé (27 nids) pour lui assurer ses plongées, puis vient la classe de profondeur de l'eau de [2.25- 2.5m] avec un nombre considérable des nids (15 nids), ensuite vient la classe de profondeur de l'eau de [1,75-2 m [avec un nombre des nids qui atteint (09 nids) alors que la classe de profondeur de l'eau de [1.5- 1.75m [ne présente qu'un petit nombre de nids (5 nids) et enfin la classe de profondeur de l'eau de [0.5- 1.5 m[ne présente aucun nombre des nids (0 nids). La profondeur maximale que le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* peut atteindre pour la construction son nid en 2012 au Lac Tonga est 2.3 m (Figure 38).

Les résultats de la première saison 2012 au Lac Tonga ; montrent que 50% des nids du Grèbe huppé sur un total de 56 nids sont construits aux profondeurs comprises entre 195 et 230 cm, avec aucunes valeurs extrêmes (Figure 39).

La densité de végétation où 50% sur un total de 56 nids du Grèbe huppé sont construits en 2012 est comprise entre 5 et 10%, avec une seule valeur extrême (20%) (Figure 40).

50% des nids sur un total de 56 nids du Grèbe huppé sont construits dans la végétation dont la hauteur est comprise entre 40 et 90 m en 2012, avec deux valeurs extrêmes (160 et 190 cm) (Figure 41).

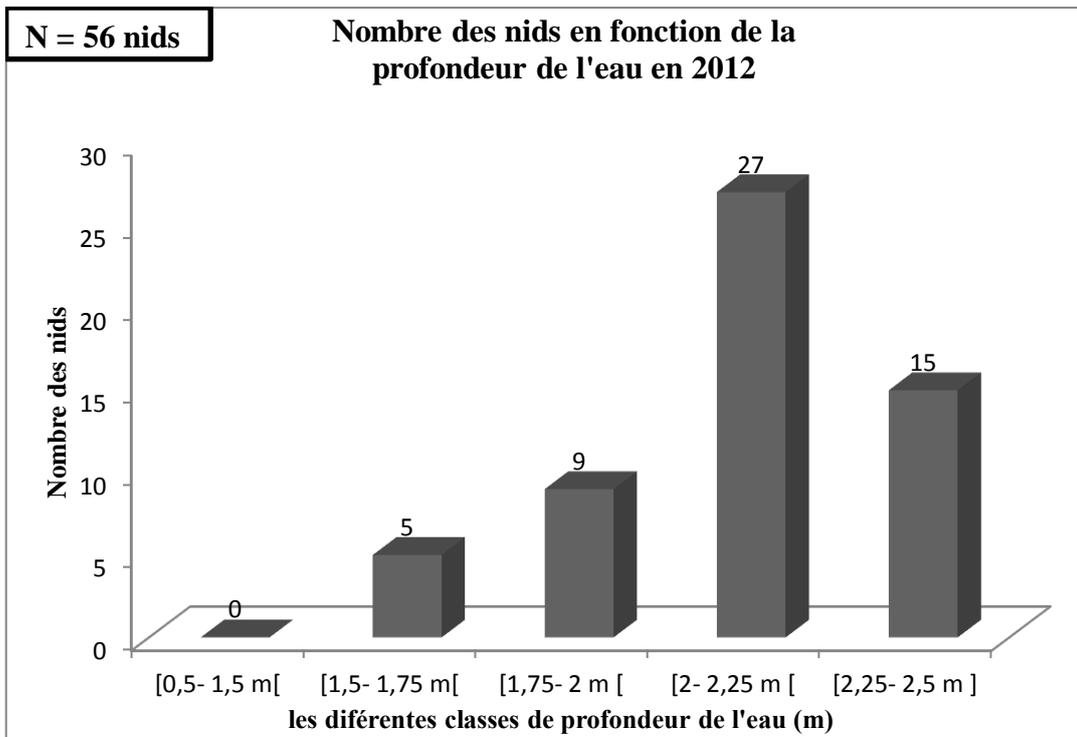


Figure 38: La distribution des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon les différentes profondeurs de l'eau au Lac Tonga en 2012.

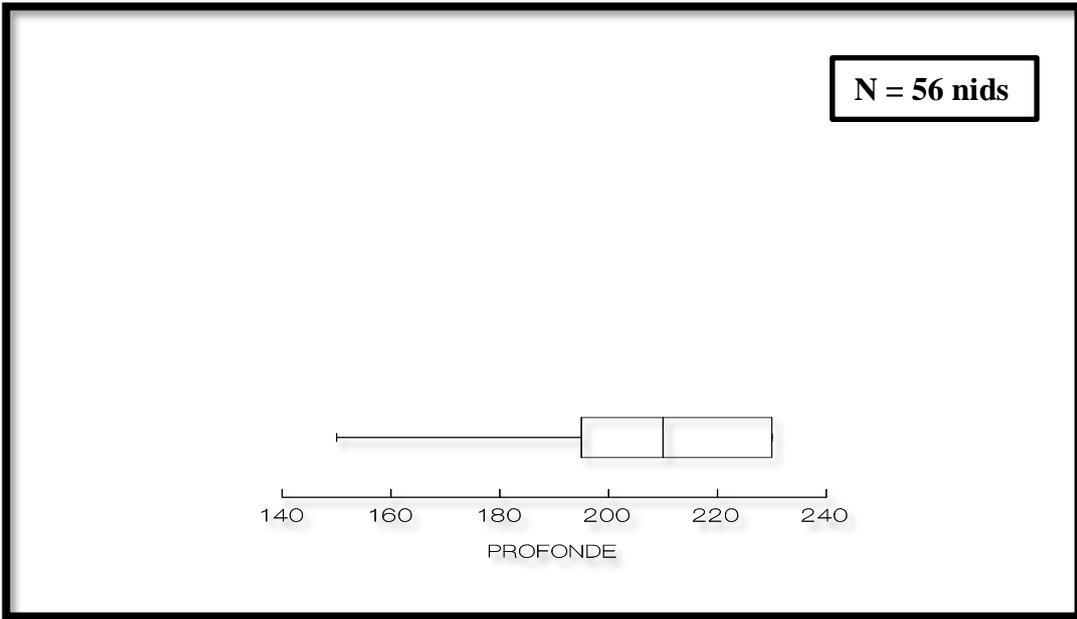


Figure 39 : box plot représentant les différentes profondeurs utilisé par le Grèbe huppé pour l'installation des nids au Lac Tonga en 2012.

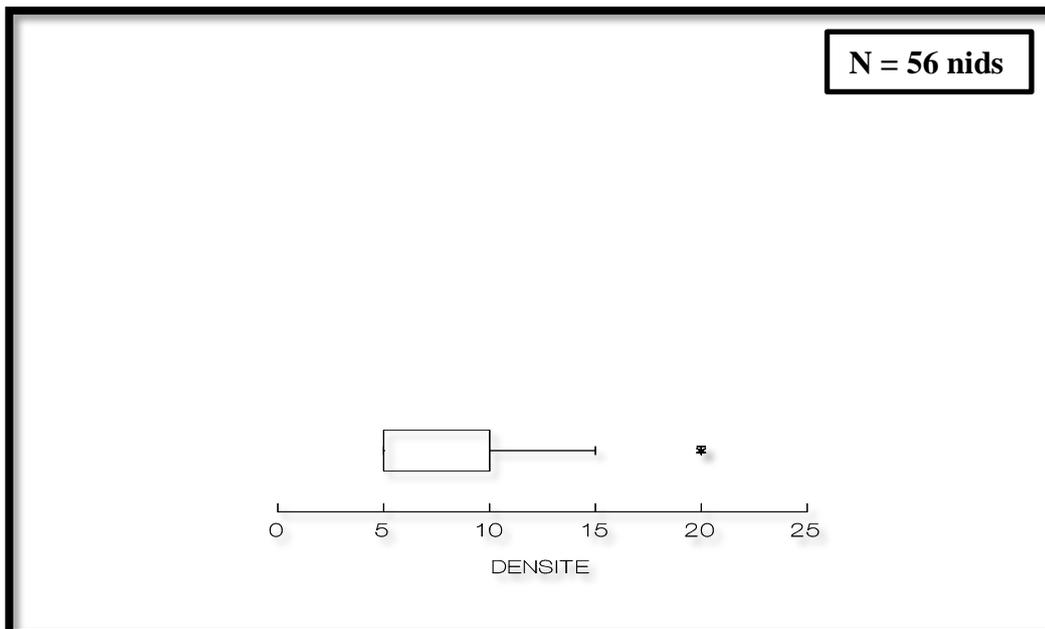


Figure 40 : box plot représentant les différentes densités de végétation utilisés par le Grèbe huppé pour la nidification en 2012 au Lac Tonga

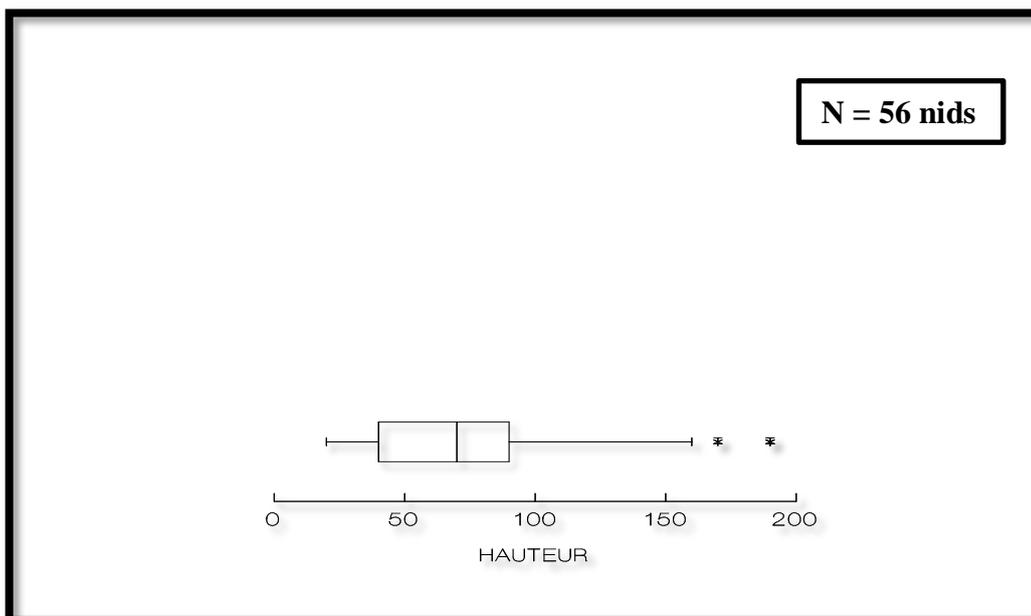


Figure 41 : box plot représentant les différentes hauteurs de végétation utilisés par le Grèbe huppé pour la nidification en 2012 au Lac Tonga

4.2.3. Caractéristiques des nids:

Généralement les nids recensés à la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga sont constitués de végétaux en décomposition qui entourent les nids tels que *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Scirpus*...etc. Les dimensions des nids sont très variables, au début de la ponte, il est encore rudimentaire et les œufs reposent presque sur l'eau, mais chaque jour de nouveaux matériaux sont apportés et le nid s'agrandit et s'élève.

En 2012, les mesures de 56 nids ont donné les résultats suivants et qui sont résumé au Tableau 13 et la Figure 42.

Le diamètre interne (13,5-16,5 cm) et le diamètre externe (33- 39 cm) ont des moyennes $15.15 \text{ cm} \pm 0.84$ et $35,95 \text{ cm} \pm 1.12$ respectivement.

La moyenne de la hauteur des nids est de $5.86 \text{ cm} \pm 0.77$, elle varie entre (3.5- 7.5 cm).

La densité de végétation moyenne est de $9.82 \% \pm 3.47$ avec des valeurs comprises entre 5 et 30%, alors que la hauteur de la végétation moyenne est de $0.78 \text{ m} \pm 0.44$, elle varie entre (0.2- 1.9 m).

La profondeur de l'eau moyenne où les nids ont été construits est de $2.08 \pm 0.2 \text{ m}$ avec une profondeur maximale de 2.3 m et une profondeur minimale de 1.5

Box plot des mesures des nids :

Les résultats de box plot pour les mesures des nids du Grèbe huppé pour la saison 2012 au Lac Tonga; montrent que 50% des nids de Grèbe huppé sur un total de 56 nids se caractérisent par un diamètre externe varie entre 35.5 à 36.80 cm avec deux valeurs extrêmes qui sont (33 et 39 cm) (Figure 42).

Pour le diamètre interne ; 50% des nids du Grèbe huppé sur un total de 56 nids varient entre 14.5 et 15.5 cm.

Concernant la hauteur des nids du Grèbe huppé en 2012; 50% sur un total de 56 nids ont une hauteur de 5.5 à 6.5 cm, avec la présence d'une valeur extrême de 3.5 cm.

4.2.4. Caractéristiques des œufs:

Les résultats de la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga montrent qu'au début de la ponte, les œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* sont d'une couleur blanc à blanc verdâtre mais ils prennent une couleur brun sale au contact des végétaux en décomposition qui constituent le nid.

En 2012, les mensurations de 207 œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* indiquent que la longueur moyenne est $54,80 \text{ mm} \pm 2.50$ avec une longueur maximale qui atteint le 62.62 mm et une longueur minimale qui est 47.56 mm alors que la largeur moyenne est $36.35 \text{ mm} \pm 1.22$ avec une largeur maximale qui atteint le 39.24 mm et une largeur minimale qui est 32.14 mm . Nos résultats montrent aussi que le volume moyen de 207 œufs est $36.84 \text{ mm}^3 \pm 2.92$. Les résultats de mensurations des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en 2012 au Lac Tonga sont résumés dans le Tableau 14 et la Figure 43.

Box plot des mesures des œufs:

Nos résultats indiquent que 50% sur un total de 207 œufs ont une longueur varie entre 54 à 56 mm en 2012, avec cinq valeurs extrêmes (47.56 ; 61.02 ; 60.88 ; 61.54 et 62.62 mm) (Figure 43).

50% sur un total de 207 œufs du Grèbe huppé ont présenté une largeur varie entre 35.5 et 37.20 en 2012, avec la présence d'une seule valeur extrême $32,14 \text{ mm}$ (Figure 43).

Le volume de 50% sur un total de 207 œufs du Grèbe huppé en 2012 est compris entre 35 et 39 mm^3 , avec la présence d'une seule valeur extrême 28.34 mm (Figure 43).

Tableau 13: Caractéristiques des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

Désignation	Moyenne	S.D	Min	Max	N
Diamètre externe (cm)	35.95	1.12	33	39	56
Diamètre interne (cm)	15.15	0.84	13.5	16.5	56
Hauteur de nid (cm)	5.86	0.77	3.5	7.5	56
Profondeur d'eau (m)	2.08	0.2	1.5	2.3	56
Densité de végétation (%)	9.82	3.47	5	30	56
Hauteur de vég (m)	0.78	0.44	0.2	1.9	56

Tableau 14: Caractéristique des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

Désignation	Moyenne	S.D	Min	Max	N (œufs)
Longueur (mm)	54.80	2.50	47.56	62.62	207
Largeur (mm)	36.35	1.22	32.14	39.24	207
Volume (mm³)	36.84	2.92	28.34	43.65	207

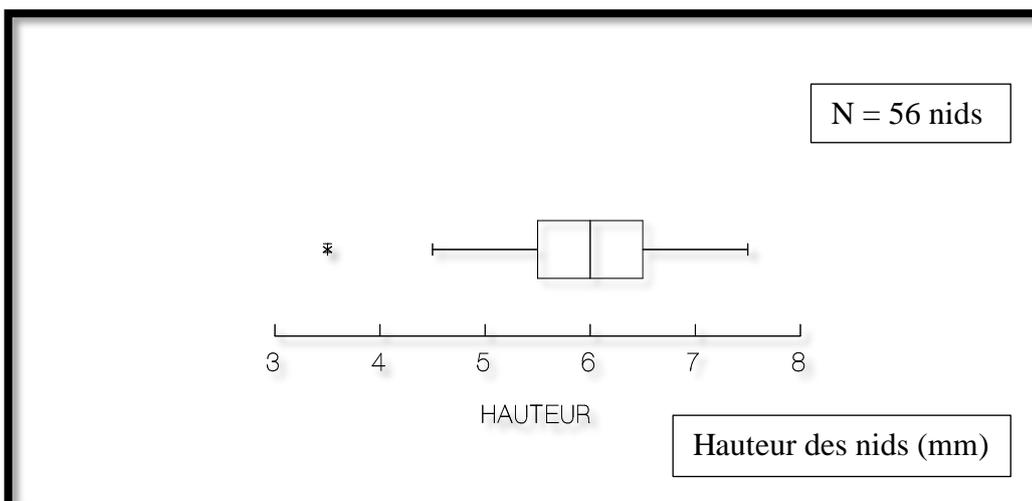
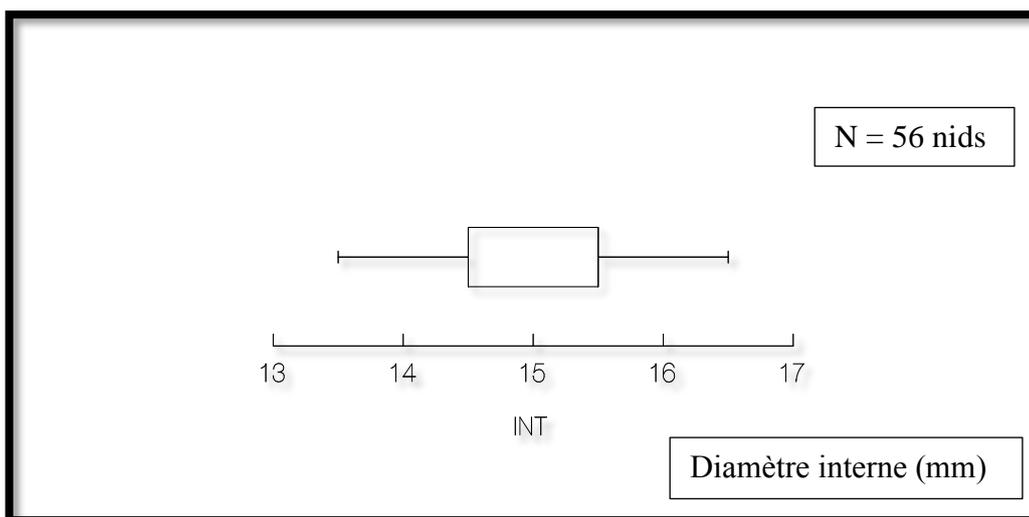
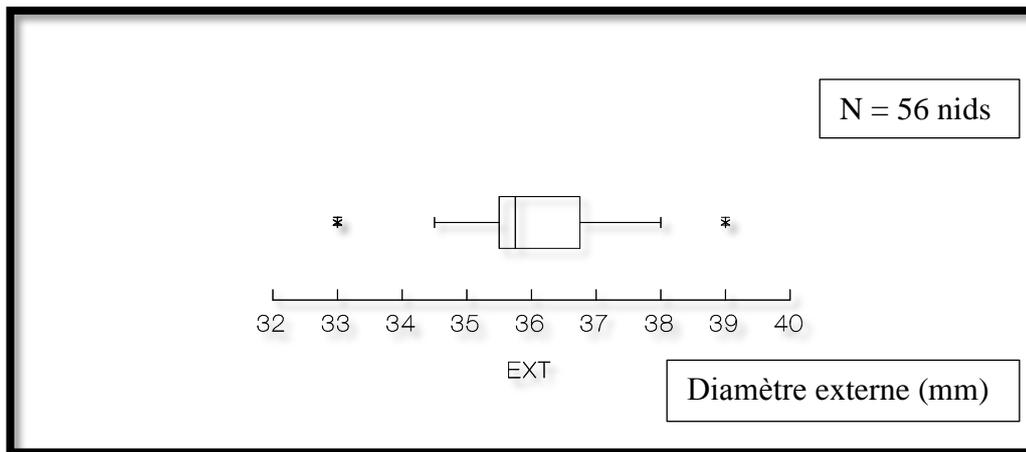


Figure 42: Box plot représentant les mesures des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* (diamètre externe, interne et hauteur du nid) au Lac Tonga en 2012.

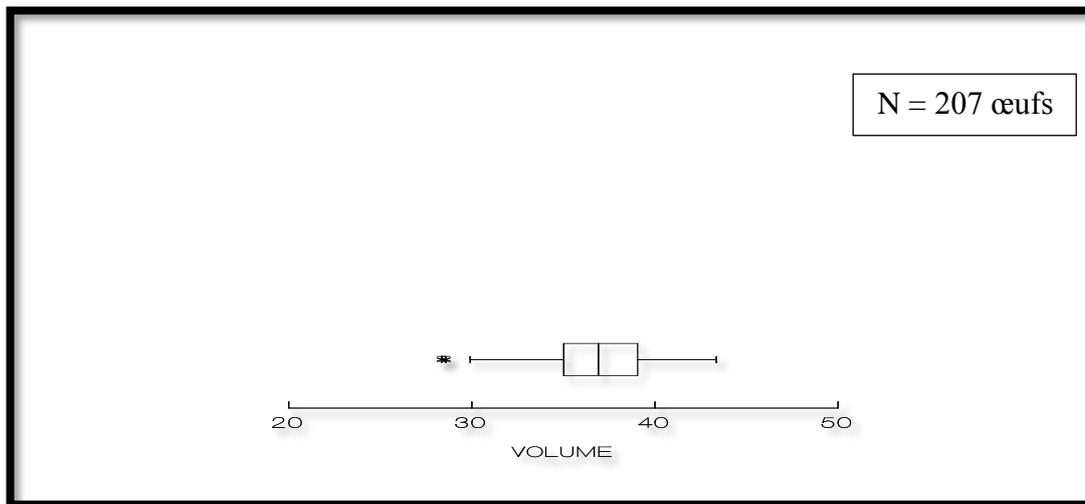
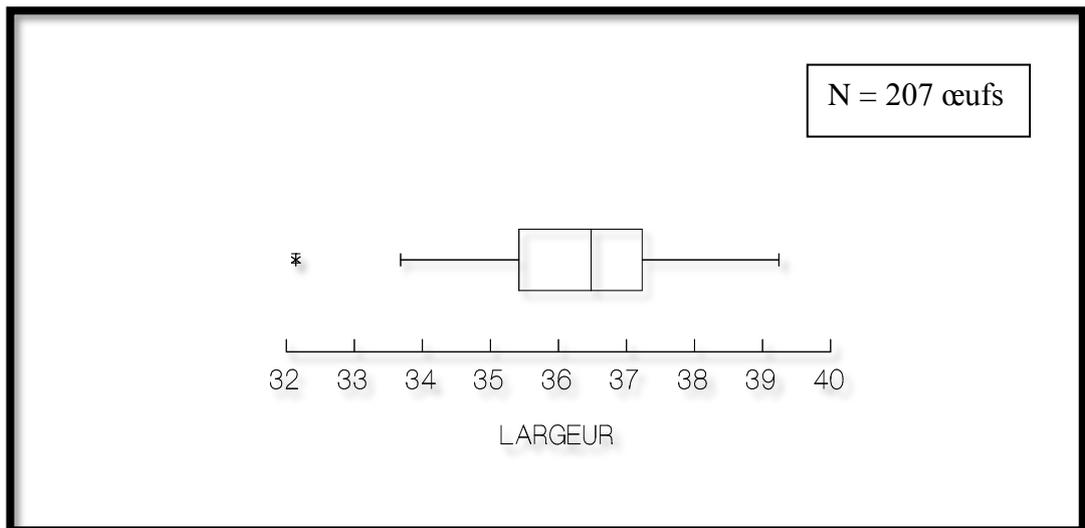
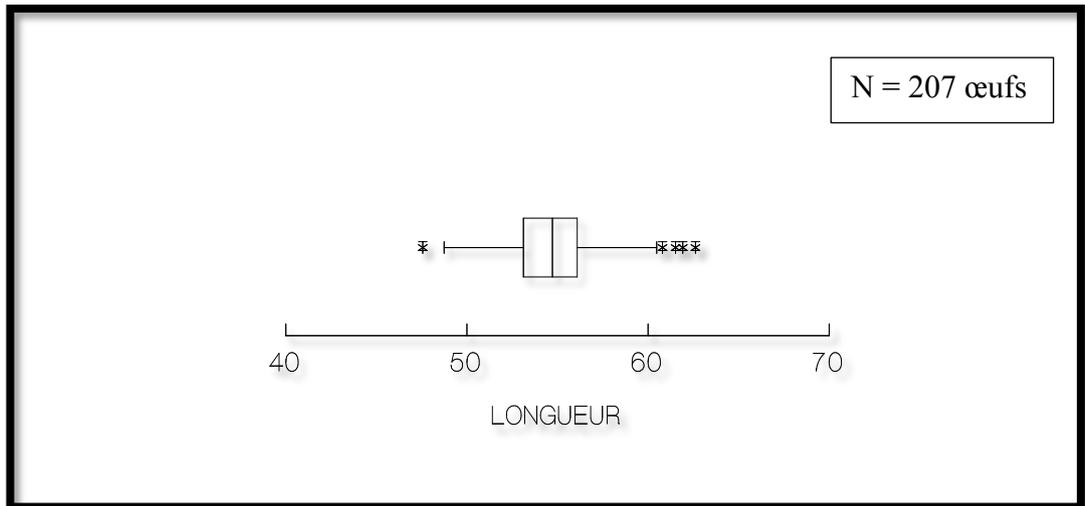


Figure 43: Box plot représentant les mensurations des œufs (longueur, largeur et volume) du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

4.2.5. Paramètres de la reproduction:

a- La durée d'incubation :

Pour la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga, la durée de l'incubation moyenne des œufs était de 26 à 28 jours et les œufs sont pondus à intervalles de deux jours.

b- La grandeur de ponte :

D'après notre étude et pour la deuxième saison de reproduction 2012, la taille de ponte moyenne du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga est de 3.97 œufs \pm 0.75 avec un maximum constaté de 6 œufs et minimum 3 œuf dont le nombre total des nids étudiés (41nids), suivis et qui ont réussi à éclore (Figure 44).

c- Le succès de reproduction :

Le suivi des nids recensés dans le Lac Tonga durant la saison de reproduction de l'année 2012 a montré que la majorité des nids ont réussi à éclore (si on prend comme réussite le critère d'au moins un poussin/ ponte) et ce résultat dû à l'option de camouflage parfaitement réussite du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*. En effet, le suivi de 56 nids en 2012 a indiqué que 73% des nids de cet oiseau ont réussi à éclore et 27% ont subi un échec total (Tableau 15 et Figure 45)

d- Les facteurs d'échec de la reproduction:

L'échec de reproduction de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* est causé par plusieurs facteurs tel que: la prédation, l'inondation et l'abandon.

Pour la saison de reproduction 2012, nos résultats montrent que la principale cause de l'échec de reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga est la prédation en premier lieu par 60% et l'inondation par 20% des nids qui sont inondés (la destruction des nids lors de changement rapide du niveau d'eau) puis vient le facteur de l'abandon des nids par les deux adultes de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* par un pourcentage un peu réduit 7% et enfin 13% des nids sont introuvable (Tableau 16 et Figure 46).

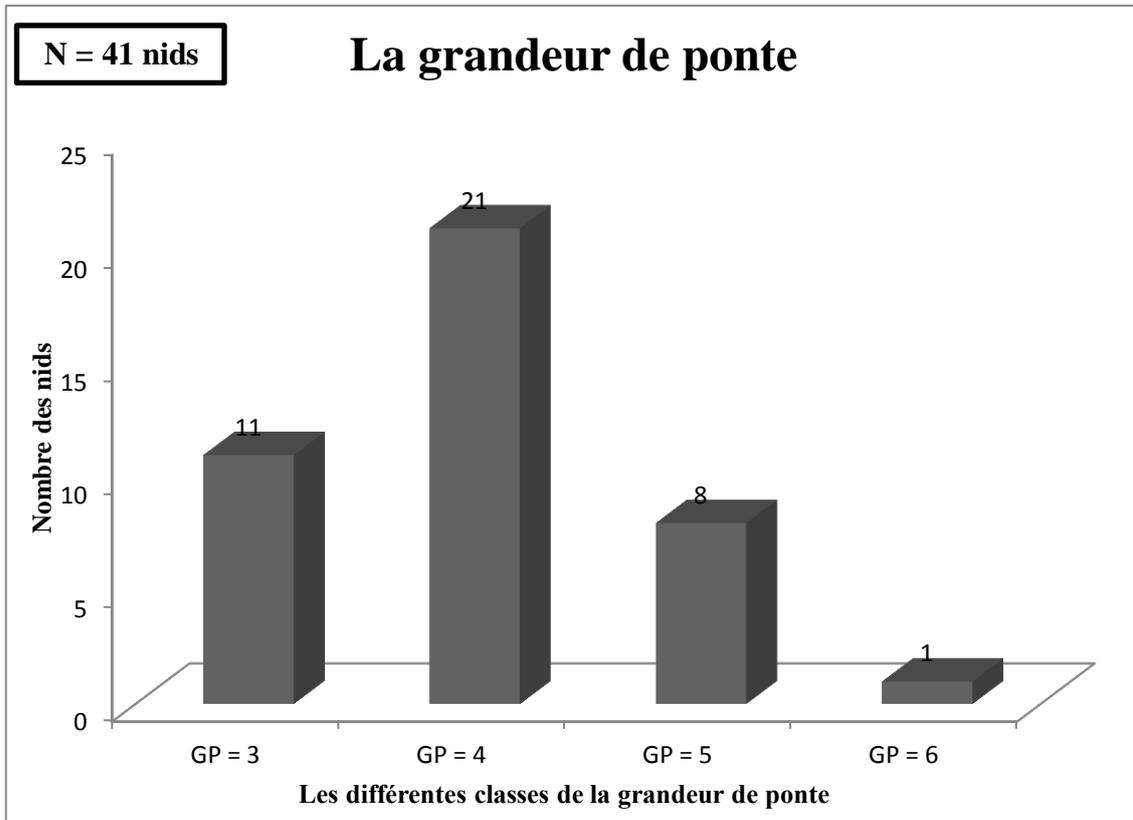


Figure 44: La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la grandeur de ponte au Lac Tonga en 2012.

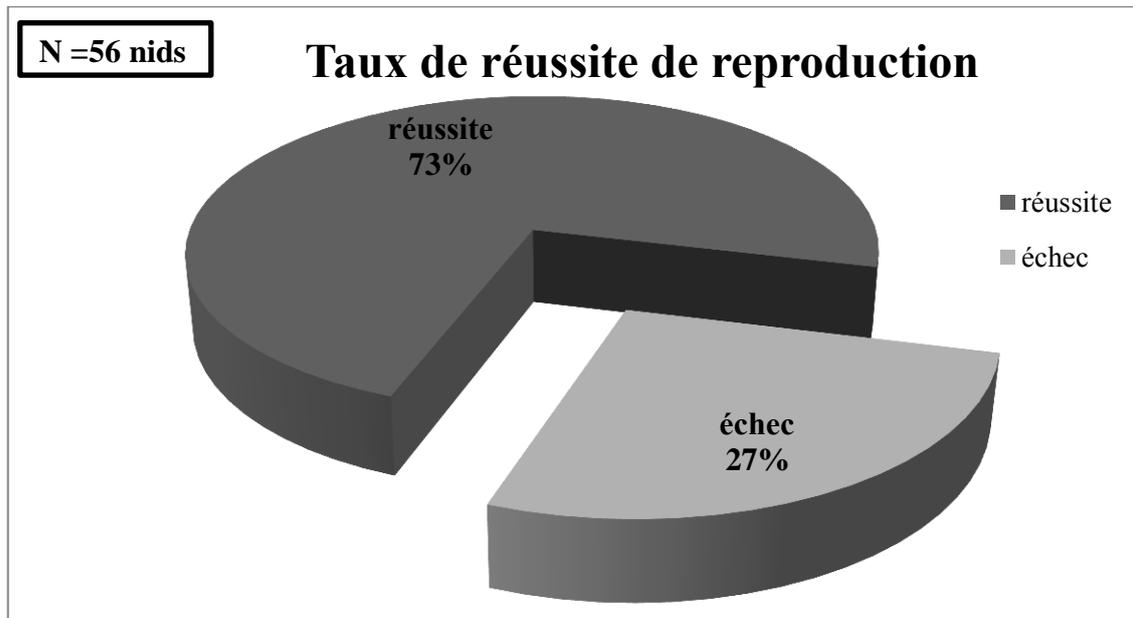


Figure 45: Succès et échec de reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

4.2.6. Les éclosions:

Nos résultats de la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga montrent que les poussins du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* sont asynchrones par nids, ils sont capables de nager dès le premier jour, mais ne savent pas encore plonger. Dans les premiers temps, ils se promènent et sont nourris sur le dos de leurs parents, ces derniers leur donnent des petits poissons et des insectes aquatiques qu'ils ramassent à la surface de l'eau.

Les juvéniles sont reconnaissables grâce à des bandes noires sur la tête, le dos, les joues et le cou, ils ne possèdent pas encore de huppe. Leurs corps est grisâtre.

a- la période d'éclosion:

En 2012, nos résultats montrent que la période d'éclosion s'étend sur un mois et demi (mois de mai et 16 jour de mois de juin) et les premières éclosions ont commencé le premier jour du mois de mai (01 mai 2012), et le maximum de l'éclosion a été marqué durant la troisième semaine du mois de mai (19 mai 2011) pour prendre fin à la troisième semaine du mois de juin le 16 juin 2011 (Figure 47).

b- Le succès à l'éclosion:

Nos résultats de la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga montrent que pour un total de 207 œufs, le succès à l'éclosion est 75.37 % ou 156 des œufs ont réussi à éclore et 24.63 % ont subi un échec représenté par un nombre considérable des œufs (51 œufs) (Tableau 17 et Figure 48).

c- Les facteurs d'échec à l'éclosion:

Les facteurs d'échec à l'éclosion de la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga sont: la prédation en premier lieu par 59 % ou 30 œufs sont prédatées, puis vient le facteur d'inondation avec un pourcentage de 19 % qui présente un nombre de 10 œufs qui sont inondées, puis vient l'abandon des nids ou 8 % des œufs sont abandonnées (4 œufs) et 14 % des œufs sont introuvables représentés par 7 œufs (Tableau 18 et Figure 49).

Tableau 15: Taux de réussite de reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

Réussite (éclosion/ échec)	Valeur	N
Nids éclos	41	56
Nids non éclos	15	56

Tableau 16: Facteurs de l'échec de la reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012. N = nombre de nids non éclos.

Causes de l'échec	Valeur	N
Prédation	9	15
Inondation	3	15
Abandon	1	15
Introuvable	2	15

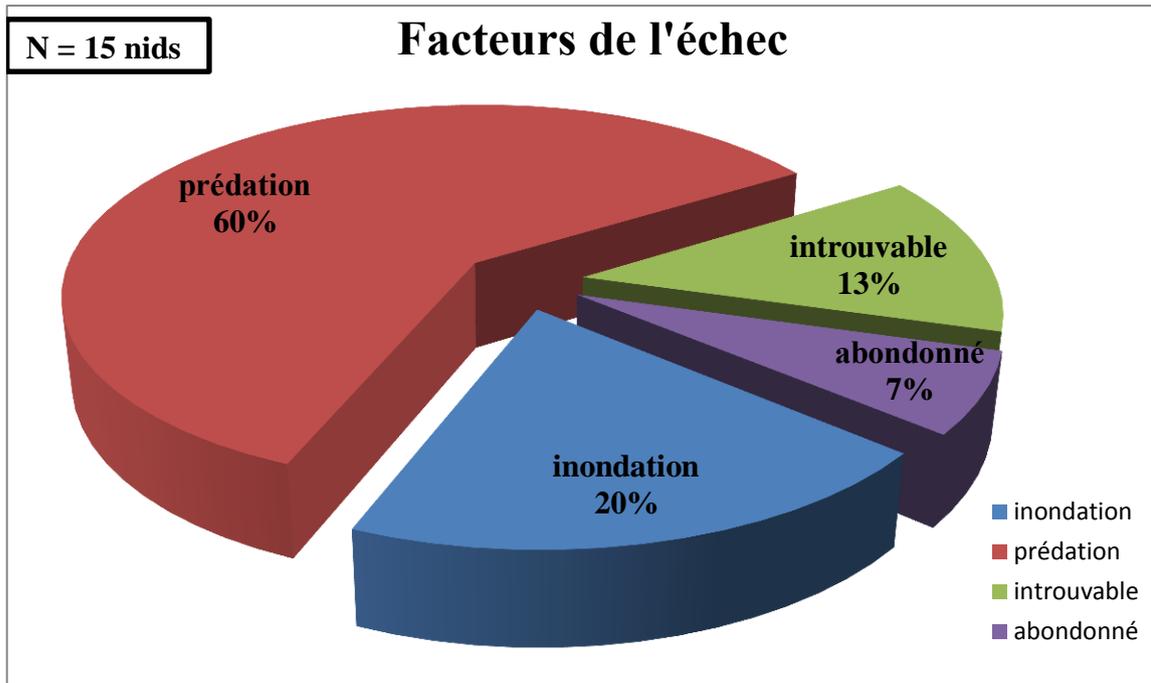


Figure 46: Secteurs représentent les causes de l'échec de reproduction des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

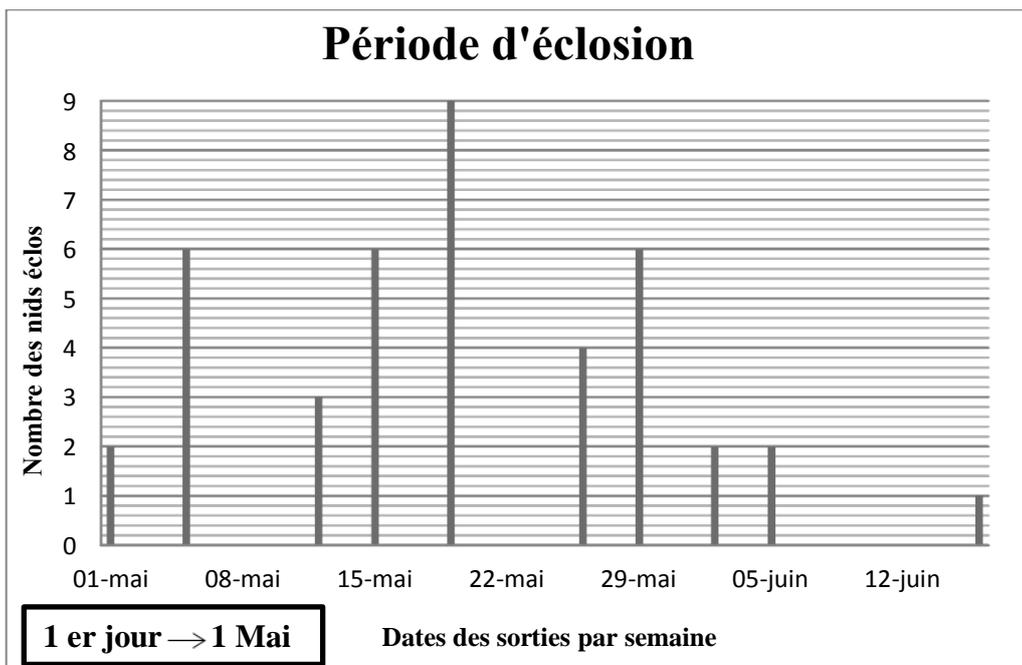


Figure 47: Dates des éclosions du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* par semaine en 2012 au Lac Tonga.

Tableau 17: Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé
Podiceps cristatus au Lac Tonga en 2012.

Réussite (éclosion/ échec)	Valeur	N (œufs)
Œufs éclos	156	207
Œufs non éclos	51	207

Tableau 18: Facteurs de l'échec d'éclosion des œufs du Grèbe huppé
Podiceps cristatus au Lac Tonga en 2012. N = nombre des œufs non
éclos.

Causes de l'échec	Valeur	N
Prédation	30	51
Inondation	10	51
Abandon	4	51
Introuvable	7	51

N = 207 oeufs

Succès à l'éclosion en 2012

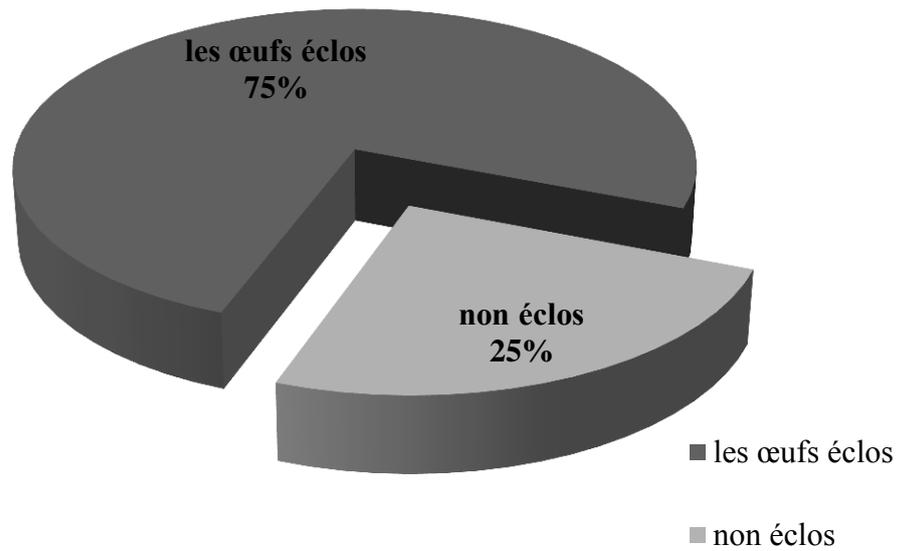
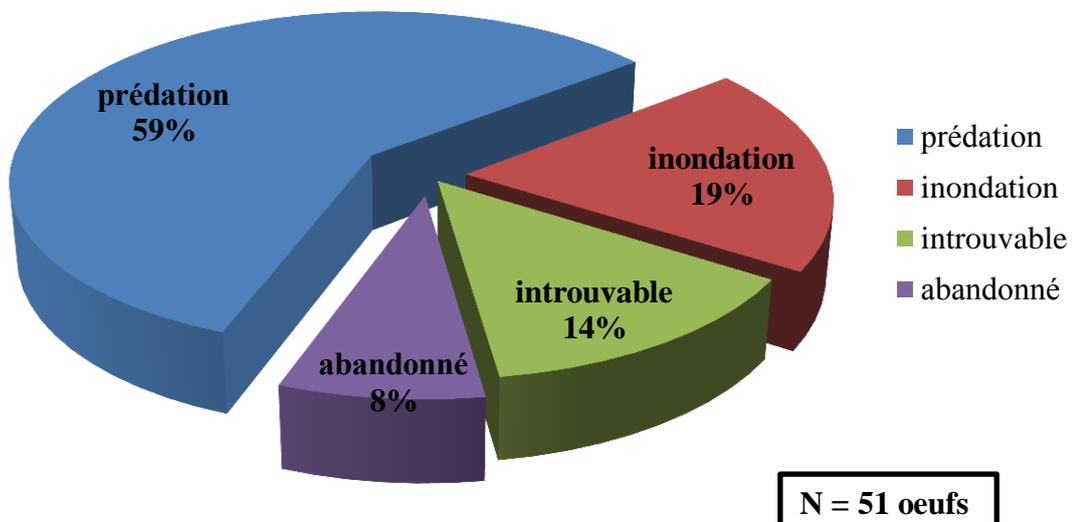


Figure 48: Succès à l'éclosion des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2012.

Facteurs d'échec à l'éclosion en 2012



N = 51 oeufs

Figure 49: Secteurs représentent les causes de l'échec des éclosions au Lac Tonga en 2012.

4.3. Comparaison entre les résultats des deux saisons de reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* (2011, 2012) au Lac Tonga:

4.3.1. Mode d'occupation spatiotemporelle du site:

4.3.1.1. La végétation:

a- La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes strates de végétation en 2011 et 2012:

En comparant entre les deux saisons de reproduction au Lac Tonga concernant les types de végétation occupée par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* pour la nidification, on remarque que les résultats montrent une légère différence dont quelques strates de végétation sont présentes dans la première année et absentes dans la deuxième année telle que (Scirpes lacustre: *Scirpus lacustris*, Typha: *Typha angustifolia* et l'association de Typha: *Typha angustifolia* avec le Phragmite: *Phragmites australis*, et on remarque l'apparition d'une nouvelle strate de végétation dans la deuxième saison c'est le Nénuphar blanc *Nymphaea alba*. Mais, généralement le Phragmite: *Phragmites australis* reste toujours la strate la plus utilisée par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant ces deux saisons de reproduction pour l'installation de son nid pendant la période de nidification par le pourcentage le plus élevé (Tableau 19).

Les différentes strates de végétation utilisées comme sites de nidification pour le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga durant les deux années d'études 2011 et 2012 sont illustrées dans la Figure 50.



A



B



C



D

Figure 50: Photos des différentes strates de végétation du Lac Tonga utilisé par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* comme site de nidification en 2011 et 2012.

A: photo du Phragmites *Phragmites australis*.

B: photo d'un nid placé au Scirpe *scirpus lacustris*.

C: photos de Typha *Typha angustifolia*.

D: photo de Nénuphar blanc *Nymphaea alba*.

b- La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes densités de végétation en 2011 et 2012:

En comparant entre les deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012 au Lac Tonga concernant la densité de végétation préférée par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* pour la nidification, on remarque que les résultats montrent une similarité et que le Grèbe huppé préfère un léger recouvrement végétale et l'espace de nidification reste presque libre et même si la densité est très faible, le nid reste toujours entouré par quelque tige de végétation émergente du Lac Tonga pour un but d'assurer un accès facile à l'eau en cas de danger avec une bonne visibilité dont la densité de végétation maximale que le Grèbe huppé ne dépasse plus lors sa nidification est 30 % durant les deux années de reproduction et on remarque que la densité de végétation minimale autour de nids de cet oiseau est 3 % pour les deux saisons de reproduction et que le nombre de nids diminue avec l'augmentation de la densité de végétation et c'est une raison pour que le Grèbe huppé préfère une faible densité de végétation pour la nidification (Tableau 20).

4.3.1.2. La répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes profondeurs d'eau en 2011 et 2012:

En comparant entre les deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012 au Lac Tonga concernant la profondeur d'eau préféré par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* pour la nidification, on remarque que les résultats montrent une similarité et que le Grèbe huppé préfère la profondeur d'eau la plus élevée qui peut à son tour assurer ses plongées d'alimentation ou en cas de danger et on remarque que les Grèbes huppés peuvent installer leur nids au faible profondeurs avec des petits pourcentages des nids placés, à condition que la profondeur reste toujours plus que 0.75 m pour les deux saisons de reproduction et le plus remarquable c'est que le nombre des nids augmente avec l'augmentation de la profondeur d'eau pour les deux années de reproduction. D'après les résultats de deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012, on peut constater que la classe de profondeur la plus abondante en nombre des nids est celle de [2- 2.25 m [(Tableau 21).

Tableau 19: Comparaison entre la répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes strates de végétation (Types) au Lac Tonga en 2011 et 2012.

Espèces végétales	2011 (N = 71 nids)	2012 (N =56 nids)
<i>Phragmites australis</i> (%)	82	98
<i>Scirpus lacustris</i> (%)	16	/
<i>Typha angostifolia</i> (%)	1	/
<i>Phragmites australis</i> et <i>Typha angostifolia</i> (%)	1	/
<i>Nymphaea alba</i> (%)	/	2

Tableau 20: Comparaison entre la répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes densités de végétation au Lac Tonga pour les deux saisons de reproduction en 2011 et 2012.

Densité de vég	Nombre des nids pour la saison de reproduction 2011	Nombre des nids pour la saison de reproduction 2012
[3- 10 % [	11	18
[10- 15 % [	17	26
[15- 20 % [	20	8
[20- 25 % [	15	4
[25- 30 % [	08	00
Nombre totale des nids	71	56

4.3.2. La phénologie de ponte du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011, 2012 :

Lorsqu'on compare entre les résultats de deux années d'étude, on remarque que la première ponte enregistrée du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011 a eu lieu le 30 mars, alors qu'elle débutait en 2012 le 29 mars.

En 2011, la ponte des œufs s'est terminée vers la fin de mois de mai (le 25 mai 2011), également en 2012 l'opération s'est terminée vers la fin mois de mai (le 24 mai 2012) (voir tableau 22).

Pendant les deux années d'étude, La tendance du date de ponte était bimodale (Figure 51).

On remarque qu'il y a une similarité entre les deux saisons de reproduction concernant les pics de ponte, dont le nombre des œufs pondus voit deux pics (le maximum du nombre des nids actifs observés qui présentent des œufs), le premier pic est enregistré en mois d'avril pour les deux années alors que le deuxième pic est enregistré au début de mois de mai pour la saison 2011 et vers la fin de mois de d'avril pour la saison de reproduction de l'année 2012 au Lac Tonga.

Les pics de la première saison (2011) sont enregistrés respectivement; le 13 avril suit par un deuxième pic qui a eu lieu le 05 mai 2011, alors que les pics de la deuxième saison de reproduction (2012) sont enregistrés respectivement; le 05 avril suit par un deuxième pic qui a eu lieu le 19 avril 2012.

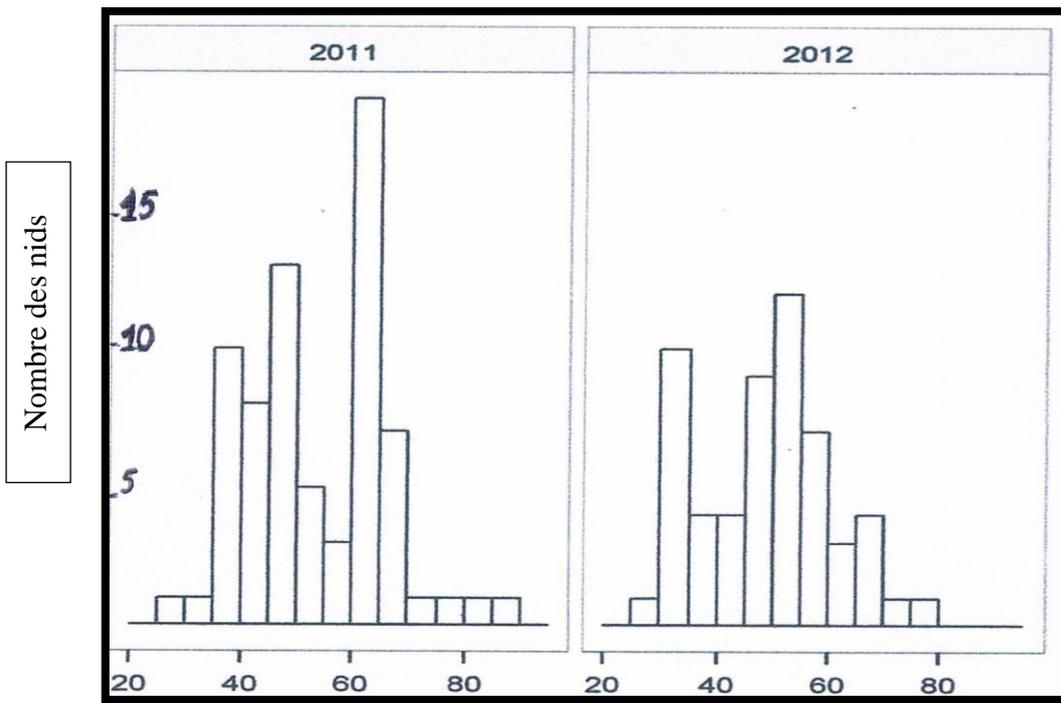
On voit que le nombre de nids semble voir deux pics séparé par une courte période, on peut l'expliquer par les fortes pluies qui tombent sur la région au mois d'avril.

Tableau 21: Comparaison entre la répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* dans les différentes profondeurs d'eau au Lac Tonga pour les deux saisons de reproduction en 2011 et 2012.

Profondeur d'eau	Nombre des nids pour la saison de reproduction 2011	Nombre des nids pour la saison de reproduction 2012
[0.75- 1 m [	02	/
[1- 1.25 m [	03	/
[1.25- 1.5 m [	01	/
[1.5- 1.75 m [	12	05
[1.75- 2 m [	22	09
[2- 2.25 m [	31	27
[2.25- 2.5 m [	/	15
Nombre totale des nids	71	56

Tableau 22: Comparaison de la phénologie de ponte du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction au Lac Tonga en 2011 et 2012.

Phénologie de ponte	2011	2012
N	71	56
Première ponte	30 mars 2011	29 mars 2012
Premier pic	13 avril 2011	05 avril 2012
Deuxième pic	05 mai 2011	19 avril 2012
Dernière ponte	25 mai 2011	24 mai 2012



La date de ponte (1jour = 1 mars)

Figure 51: la répartition des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* selon la date de ponte (1 jour = 1 mars) au Lac Tonga 2011- 2012.

4.3.3. Les caractéristiques des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011 et 2012:

Les résultats de deux saisons de reproduction sont similaires. En 2011, les diamètres internes et externes ont des moyennes de 14.02 ± 2.39 cm et 35.85 ± 3.51 cm respectivement alors qu'ils sont en 2012 : 15.15 ± 0.84 cm et 35.95 ± 1.12 cm respectivement. La moyenne de la hauteur de nid en 2011 est 6.57 ± 1.31 cm et en 2012 c'est 5.86 ± 0.77 cm. La moyenne de la profondeur de l'eau est de 1.89 ± 0.03 m pour la saison de reproduction 2011 alors qu'elle est plus élevée pour la saison de reproduction 2012 et qui atteint 2.08 ± 0.2 m (Tableau 23).

4.3.4. Les caractéristiques des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011 et 2012:

On remarque que les caractéristiques (longueur, largeur, volume) des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* sont similaires au Lac Tonga durant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012. Selon nos résultats de deux saisons de reproduction, on remarque que la longueur des œufs moyenne de la saison de reproduction 2011 est de 54.35 ± 2.45 mm alors qu'elle est 54.80 ± 2.50 mm en 2012. La largeur des œufs moyenne de la saison de reproduction 2011 est équivalente à 35.93 ± 1.16 mm, de même pour la saison de reproduction 2012 ou elle est égale à 36.35 ± 1.22 mm, le volume des œufs moyen de la saison de reproduction 2011 est 36.77 ± 2.91 mm³ tandis qu'il est 36.84 ± 2.92 mm³ pour la saison de reproduction 2012 (Tableau 24).

Cependant le volume des œufs n'a pas varié pendant les années (une analyse de variance: $F_{1, 207} = 0,10$, $p = 0,76$), aussi il n'y avait pas de tendance saisonnière (une analyse de variance: $F_{1, 207} = 0,013$, $p = 0,91$).

Tableau 23: Comparaison des caractéristiques des nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga entre deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012.

	2011 (N = 71 nids)	2012 (N =56 nids)
Diamètre externe (cm) Moy ± SD	35.85 ± 3.51	35.95 ± 1.12
Diamètre interne (cm) Moy ± SD	14.02 ± 2.09	15.15 ± 0.84
Hauteur du nid (cm) Moy ± SD	6.57 ± 1.31	5.86 ± 0.77
Hauteur de Vég (m) Moy ± SD	1.57 ± 0.31	0.78 ± 0.44
Densité de Vég (%) Moy ± SD	15 ± 6.70	9.82 ± 3.47
Profondeur d'eau (m) Moy ± SD	1.89 ± 0.3	2.08 ± 0.2

Tableau 24: Comparaison entre la taille des œufs du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga entre deux saisons de reproduction 2011 et 2012 (longueur, largeur et volume).

	2011 (N = 225 œufs)	2012 (N =207 œufs)
Longueur (mm) Moy ± SD	54.35 ± 2.45	54.80 ± 2.50
Largeur (mm) Moy ± SD	35.93 ± 1.16	36.35 ± 1.22
Volume (mm³) Moy ± SD	36.77 ± 2.91	36.84 ± 2.92

4.3.5. Les paramètres de reproduction:

a- La grandeur de ponte du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011, 2012 :

La grandeur de ponte variait entre les années avec la valeur de 2011 (3,37) étant nettement plus petit que celle en 2012 (3,97) (une analyse de la variance: $F_{3, 123} = 5,0$, $p < 0,003$) (Tableau 25).

Aucun paramètre d'environnement a été trouvé pour avoir une influence sur la grandeur de ponte à l'exception de la date de ponte qui a été associé avec une marginal saisonnière d'une diminution de la grandeur de ponte ($Z = -1.77$, $p=0.08$) il n'y aucune influence du volume des œufs sur la grandeur de ponte (Figure 52 et Figure 53).

b- Le succès de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons 2011 et 2012 :

En comparant les deux saisons de reproduction, on remarque qu'il n'y a aucune différence enregistrée entre le succès de reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en 2011 (63 % représenté par 45 nids) et celui de 2012 (73 % représenté par 41 nids) et on peut constater que la majorité des nids ont réussi à éclore et le succès de reproduction reste toujours très élevé pour les deux années. (Tableau 26).

Une analyse de variance a indiqué que le volume des nids et le type de végétation (*Phragmites australis*) étaient les seules variables explicatives qui ont eu un effet significatif sur le succès de reproduction (Figure 54, Tableau 27)

c- Les facteurs d'échec de nidification du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012:

On remarque que l'échec de reproduction de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* est causé par plusieurs facteurs tel que: la prédation, l'inondation et l'abandon des nids et que la principale cause d'échec de reproduction pour les deux années c'est la prédation en premier lieu par la couleuvre vipérine *Natrix maura* puis vient le facteur d'inondation suit par l'abandon des nids, et en dernier lieu et avec un pourcentage très réduit des nids vont aux destination inconnus (Tableau 28)

Tableau 25: La grandeur de ponte du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga durant deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012.

	2011	2012
Nombre des nids	45	41
La grandeur de ponte moyenne	3.37	3.97
SD	1.01	0.75
Min	2	3
Max	5	6

Tableau 26: Comparaison du succès de nidification du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012 au Lac Tonga.

	Succès de nidification	N
Lac Tonga 2011	63 %	71
Lac Tonga 2012	73 %	56

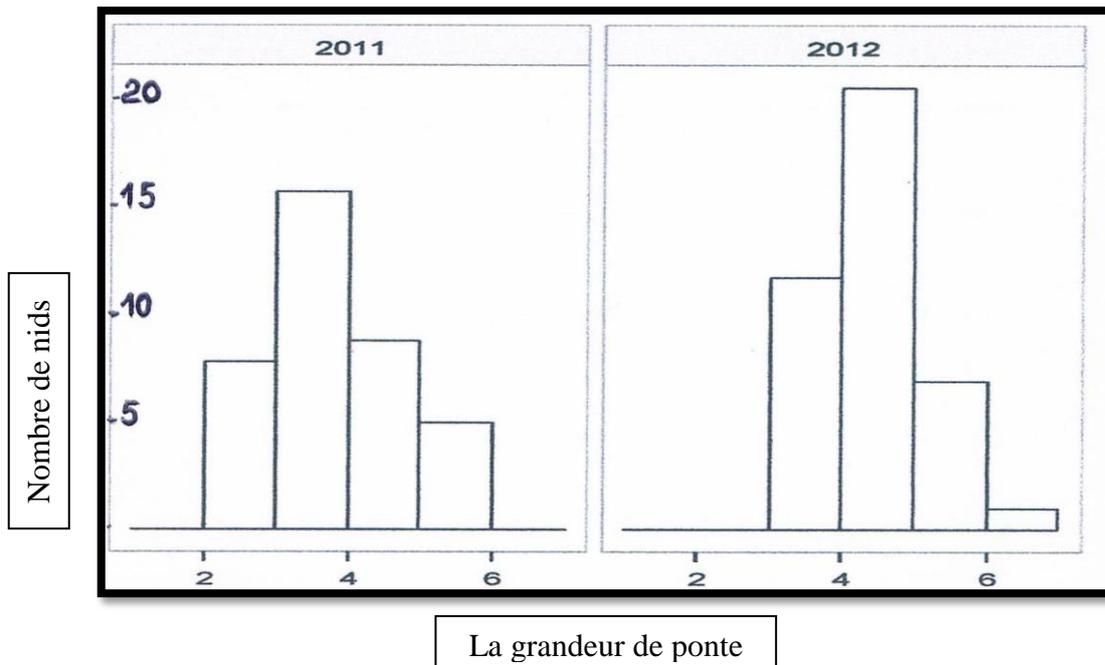


Figure 52: La distribution de nombre des nids selon la grandeur de ponte au Lac Tonga. 2011- 2012.

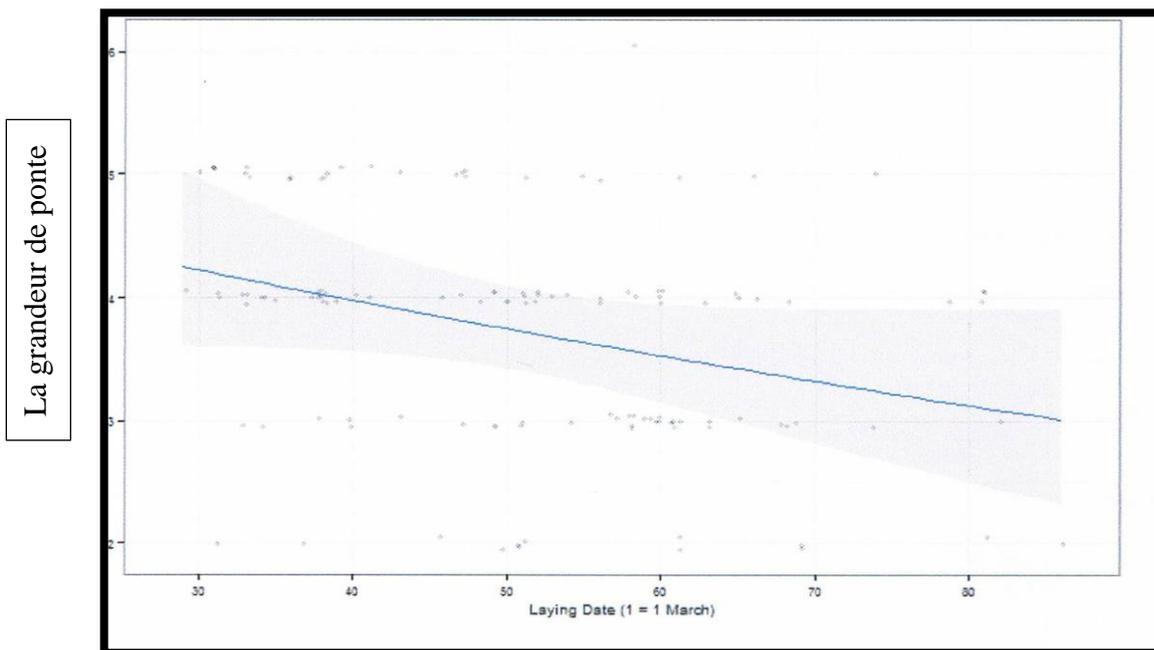


Figure 53: la relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte de Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga.

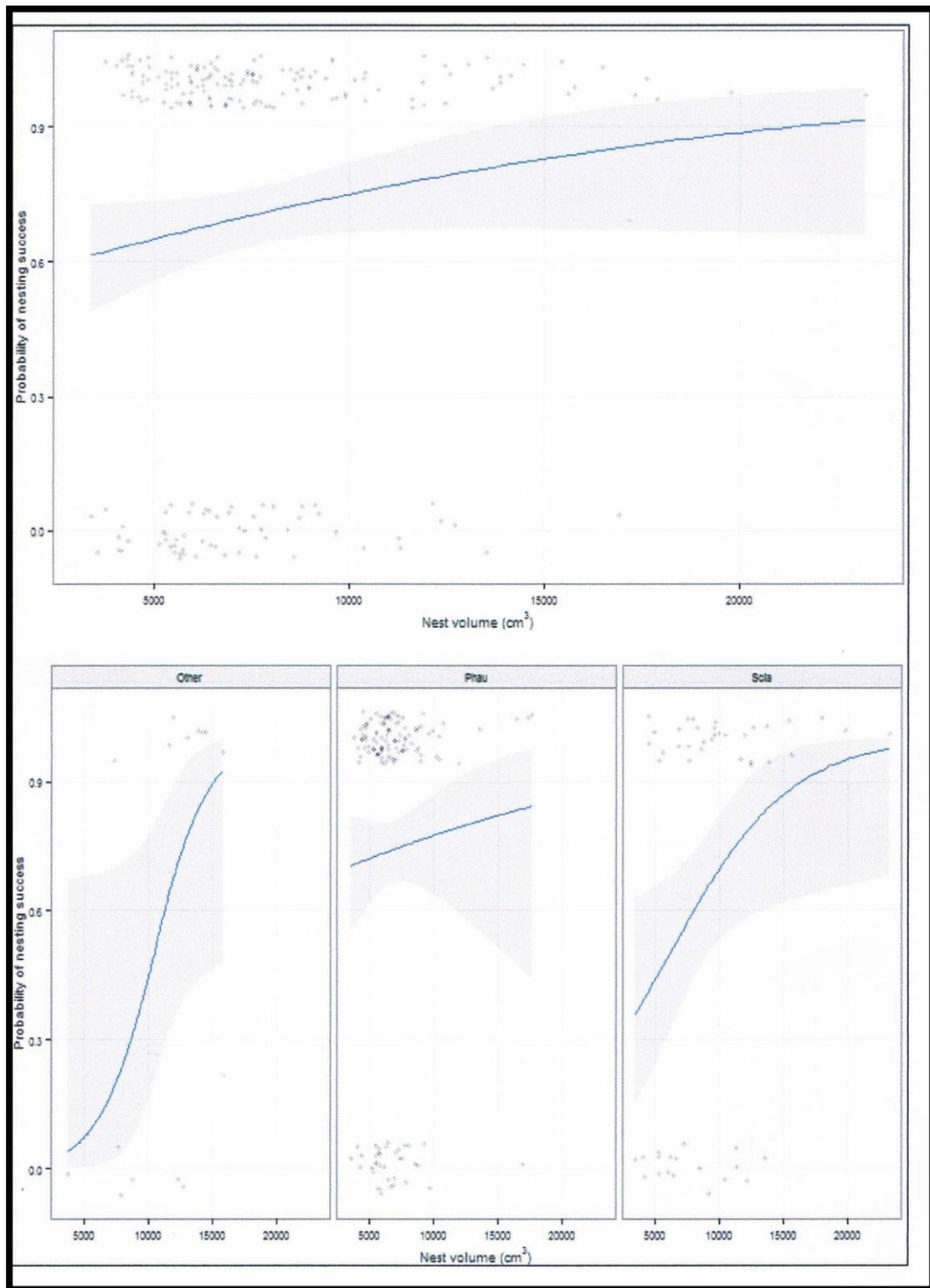


Figure 54 : Estimation des probabilités du succès de la reproduction du Grèbe huppé au Lac Tonga en fonction du volume du nid (haut) et en fonction du type de végétation (Pha= *Phragmites australis*, Scla = *Scirpes lacustris* et autres = autres espèces végétales). Les points sont semi-transparents pour aider la visibilité.

Tableau 27 : Estimation des paramètres pour l'analyse de régression logistique de succès de nidification du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga

Breeding success			
Effect	Odds ratio	Confidence limit (2.5%-97.5%)	P
Intercept	0.20	0.03 - 1.12	0.08
Nest volume	1.00	1.00 - 1.00	0.01
<i>Phragmites australis</i>	4.52	1.23 - 17.09	0.02
<i>Scirpus lacustris</i>	1.91	0.51 - 7.10	0.33

Tableau 28: Comparaison des facteurs d'échec de reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en 2011 et 2012 au Lac Tonga. N : nombre de nids non éclos.

Les facteurs d'échec	2011 (N= 26 nids)	2012 (N= 15 nids)
La prédation	16	09
L'inondation	09	03
L'abandon	01	01
Inconnu	/	02



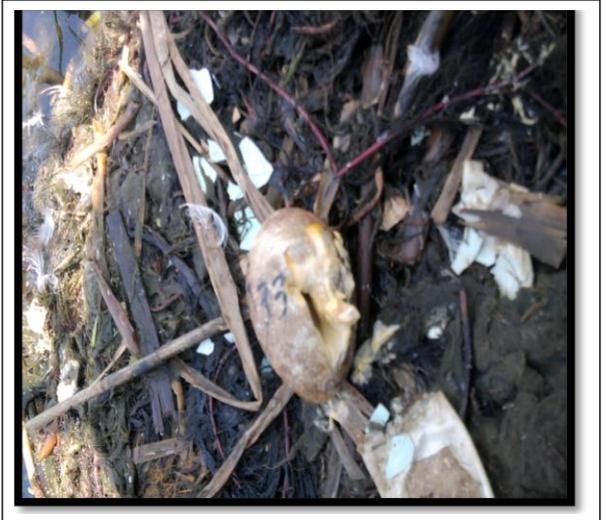
A



B



C



D

Figure 55 : Photos des différents nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga prise en 2011.

- A: nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* inondé.
- B: nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* contient six œufs marqués.
- C: nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* éclos.
- D: Nids du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* contient un œuf prédaté.

4.3.6. Les éclosions:

a- La période d'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011, 2012 :

D'après cette étude et nos résultats de deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012 au Lac Tonga en ce que concerne la période d'éclosion, on peut remarquer que la première éclosion enregistrée du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* au Lac Tonga en 2011 a eu lieu le 27 avril 2011, alors qu'elle débutait en 2012 le 01 mai.

En 2011, l'éclosion des œufs s'est terminée vers la fin de mois de juin (le 22 juin 2011), alors qu'en 2012 l'opération s'est terminée au milieu du mois de juin (le 16 juin 2012) (Tableau 29).

Selon nos résultats de deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012 au Lac Tonga en ce que concerne les maximas d'éclosion (le maximum de nombre des nids éclos observés) on peut remarquer que les résultats sont presque similaires et qu'il n'y a pas de différence observée. Les maximas d'éclosion sont enregistrés respectivement en 2011 et 2012 au niveau de la dernière décade de mois de mai (les 10 dernières jours du mois) pour les deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012 dont le premier max est enregistré le 25 mai 2011 alors que le max de la deuxième saison de reproduction est enregistré le 19 mai 2012.

b- Le succès à l'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012 :

Selon nos résultats de deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012 au Lac Tonga en ce que concerne le succès à l'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, on remarque qu'il n'y a aucune différence enregistrée entre le succès à l'éclosion du Grèbe huppé en 2011 (68 % présenté par 152 œuf) et celui de 2012 (75.37 % présenté par 156 œuf) et les résultats de deux saisons sont presque similaires et on peut constater que la majorité des œufs ont réussi à éclore et le succès à l'éclosion reste toujours très élevé pour les deux années, et seulement 32 % et 24.63 % des œufs qui ont subi un échec pour les deux années 2011 et 2012 respectivement (Tableau 30).

c- Les facteurs d'échec à l'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012:

Selon nos résultats de deux saisons de reproduction des années 2011 et 2012, on remarque que l'échec à l'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* est causé par plusieurs facteurs tel que: la prédation, l'inondation et l'abandon des nids et que la principale cause d'échec à l'éclosion pour les deux années c'est la prédation en premier lieu par le couleuvre d'eau *Natrix maura* par un pourcentage élevé (55 % et 59 %) pour les deux années 2011 et 2012 respectivement puis vient le facteur d'inondation suit par l'abandon (Tableau 31).

Des pontes mixent

En 2010 un nid du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* contenant quatre œufs a été trouvé pour abriter un œuf du Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* et en 27 juin 2013 un nid de foulque macroule *Fulica atra* contenant cinq œufs a été trouvé pour tenir un œuf du Grèbe huppé (Figure 56). Le nid du Grèbe huppé est situé à un mètre de distance loin du nid de foulque parasité. Malheureusement, le sort des œufs dans les deux cas n'a pu être contrôlé.

Tableau 29: Comparaison de la date d'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* durant deux saisons de reproduction au Lac Tonga en 2011 et 2012.

	2011	2012
N	45	41
Début d'éclosion	27 avril 2011	01 mai 2012
Maximum d'éclosion	25 mai 2011	19 mai 2012
La fin d'éclosion	22 juin 2011	16 juin 2012

Tableau 30: Comparaison du succès à l'éclosion du Grèbe huppé durant deux saisons de reproduction 2011 et 2012 au Lac Tonga.

Etude	Succès à l'éclosion	N (œufs)
Lac Tonga 2011	68 %	225
Lac Tonga 2012	75 %	207

Tableau 31: Comparaison des facteurs d'échec à l'éclosion du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* en 2011 et 2012 au Lac Tonga. N : nombre des œufs non éclos.

Les facteurs d'échec	2011 (N= 71 œufs)	2012 (N= 51 œufs)
La prédation	40	30
L'inondation	30	10
L'abandon	01	04
Inconnu	/	07



Figure 56 : Un nid de Foulque macroule *Fulica atra* contenant un œuf du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* (Cheriet *et al.*, 2015).



Figure 57: Photo de poussin et un œuf marqué du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, prise au Lac Tonga en 2011.

Discussion :

1- Phénologie de ponte

Une caractéristique frappante de nos résultats est la date de ponte contrastante entre l'Afrique du Nord et l'Europe ; d'une part, La reproduction peut être contrainte par la croissance de la végétation qui fournit la couverture de nidification et les ressources trophiques. D'autre part, En Grande-Bretagne, la ponte peut durer six mois et s'étendre dans certaines années à huit mois avec quelques poussins trouvés en hiver (Simmons, 1974). Tandis que, dans les deux années d'étude, la période de ponte en Algérie se termine en mai. Les courbes de ponte bimodale, peuvent refléter des pontes de remplacement. Comme la période de ponte est courte et pas favorable à une deuxième ponte à être réussie.

2- Le choix du site de nidification et les caractéristiques des nids:

Au Lac Tonga, le Grèbe huppé niche dans les eaux profondes où la végétation est éparse. Les caractéristiques et l'emplacement du nid peuvent avoir une forte influence sur les performances de reproduction chez les oiseaux (Collias & Collias, 1984, Lawton & Lawton, 1980 ; Rauter *et al.*, 2002 et Tomas *et al.*, 2013).

La prédation (Martin, 1993) et les inondations (Hake *et al.*, 2005) peuvent être des causes importantes de l'échec de nidification.

Les nids des oiseaux sont remarquablement diversifiée et, parfois, de constructions complexes qui fournissent un soutien, des abris et d'autres avantages de conditionnement physique pour les adultes et leur progéniture (Hansell, 2000 ; Fargallo *et al.*, 2001 et Soler *et al.*, 1998a). La sélection naturelle a façonné le comportement de nidification et les caractéristiques du nid comme un compromis entre les coûts et les avantages pour répondre aux diverses et souvent adverses exigences écologiques (Slagsvold, 1984 ; Soler *et al.*, 1998b). La théorie de l'histoire de vie postule que le temps et l'énergie consacrés à la construction du nid et la maintenance du nid pourraient participer à l'allocation des ressources d'un individu (Stearns, 1992).

Les caractéristiques du nid, comme la taille et la masse, et la construction du nid ont également été liées à la qualité parentale et donc peuvent agir comme des signaux à l'engagement de la reproduction entre les modèles sexuels (Palomino *et al.*, 1998 ; Soler *et*

al., 2001 ; De Neve *et al.*, 2002 ; Antonov, 2004 et Broggi & Senar, 2009). Bien que, au Lac Tonga les Grèbes huppés construisent de grands nids.

3- La taille des œufs :

La taille des œufs peut influencer le succès de reproduction des oiseaux en affectant le taux d'éclosion des œufs et la survie des jeunes (Moss *et al.*, 1981 ; Jarvinen & Vaisanen, 1983 ; Williams 1994).

Chez le Grèbe huppé, la taille des œufs a été mesurée pour les conséquences de fitness avec le volume et le poids des œufs étant significativement plus grandes dans les nids réussis que dans ceux qui ont échoué (Ulenaers and Dhondt, 1991).

Au Lac Tonga, la taille des œufs de Grèbe huppé ne varie pas au cours de la saison de reproduction et pendant les années ce qui suggère une stabilité relative des ressources nutritives.

4- La grandeur de ponte :

En Afrique du Nord, le Grèbe huppé pond de deux à six œufs, comme il le fait en Europe (Simmons, 1974). Au Lac Tonga, la taille moyenne des œufs était relativement petite en 2011 (3,29) qu'en 2012 (3.9). Une diminution saisonnière de la grandeur de ponte a été largement enregistrée (Klomp, 1970), peut-être qu'elle est une conséquence de la diminution des ressources trophiques à la fin de saison ou que les jeunes oiseaux nichent plus tard que les plus âgés, les plus expérimentés (Curio, 1983 ; Saether 1990 ; Wooller & Coulson, 1977 et Forslund & Part, 1995).

Il est intéressant de noter qu'il n'y avait pas de relation significative entre la grandeur de ponte et la taille de nid comme a été trouvé dans diverses études (Moller *et al.*, 2014) indiquant peut-être l'influence des autres facteurs prépondérants.

Le Grèbe huppé s'appuie largement sur les ressources alimentaires imprévisibles, la taille de ponte variable peut suggérer la variation des ressources alimentaires. Une indication que l'espèce est adaptée aux fluctuations des ressources alimentaires est l'éclosion asynchrone des poussins. Ce trait est partagé par les hérons, les mouettes et d'autres oiseaux piscivores qui pratiquent la réduction des pontes ou les premiers poussins

éclos peuvent survivre à leurs frères qui éclosent tardivement lorsque la nourriture se fait rare.

Ces mécanismes importants qui peuvent aider le Grèbe huppé à faire face aux habitats extrêmes ne pouvaient pas être évalués dans cette étude comme la survie des poussins n'était pas suivi.

5- Les facteurs d'échec de reproduction :

Le succès de nidification globale était relativement élevé, variant avec les principaux facteurs d'échec de reproduction: la prédation, les inondations et l'abandon.

La prédation est un facteur sélectif majeur et explique le fait que les Grèbes huppés couvrent leurs œufs, un comportement caractéristique pour limiter la prédation (Keller, 1989). La dissimulation des nids peut être un mécanisme efficace contre les foulques et autres oiseaux prédateurs. Cela peut offrir peu ou pas de protection contre les serpents (principalement la couleuvre vipérine *Natrix maura*) et les prédateurs mammaliens (Clark & Nudds, 1991 ; Angelici *et al.*, 2012).

Connu principalement par sa prédation sur les poissons et les amphibiens (Santos *et al.*, 2000 ; Metzger *et al.*, 2009), la couleuvre vipérine *Natrix maura* (un serpent prédateur commun au Lac Tonga) a été ciblé comme cause importante d'échec de la reproduction des oiseaux d'eau (Samraoui & Samraoui, 2007).

L'évitement des strates denses de végétation par le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* pourrait être une réponse pour réduire la prédation de la couleuvre vipérine et permettre une bonne visibilité. Les nids flottants de Grèbes huppé sont connues pour être sujets à flotter pendant la période de mauvais temps, une cause fréquente d'échec de la reproduction (Chabrek 1963 ; Burger, 1974).

Notre constatation que les grands nids ont une plus grande probabilité de succès au Lac Tonga s'accorde avec celle de Ulfvens, 1988, qui a constaté que les nids les plus grands de deux espèces, le Grèbe huppé et le Grèbe Esclavon *Podiceps auritus* sont épargnés par les inondations le plus souvent. Les Grèbes nichent sur des plates-formes flottantes et les plus gros nids peuvent permettre une meilleure stabilité contre les vents et les vagues (Fjeldsa, 2004). Les œufs et les poussins dans les nids de grande taille peuvent

également être mieux protégés contre les fluctuations du niveau d'eau. Cependant, les caractéristiques favorables de grands nids peuvent être confondues par les propriétaires ou la qualité intrinsèque (Moller, 1990). Dans la Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, Vergara *et al.*, 2010 a démontré de façon concluante que les grands nids confèrent des succès de reproduction plus élevés. En raison que les nids de Grèbe huppé sont construits avec des matériaux trouvés dans les environs des sites de nidification, une explication possible est que les nids construits à partir de *Phragmites australis* fournissent une plus grande rigidité et flottabilité, mais une enquête plus approfondie est justifiée.

6- Des pontes mixent:

Les foulques partagent des habitats similaires avec les Grèbes huppés et sont des prédateurs fréquents de leurs œufs (Keller, 1989). Les Foulques sont également exposées au parasitisme conspécifique (Lyon, 1993; Samraoui & Samraoui, 2007) et au parasitisme interspécifique (Forman, 2003). On ne sait pas si un œuf de Grèbe huppé serait acceptée et incubé par une foulque comme hôte-parasite que la dynamique hôte-parasite ont dégénéré en la course aux armements évolutives que dans certaines espèces de foulques implique des réponses telles que l'éjection de l'œuf, enfouissement des œufs et de la discrimination des poussins (Lyon, 1993; Samraoui & Samraoui, 2007; Shizuka & Lyon, 2010). L'exploitation de soins parentaux par le parasitisme interspécifique est probablement une stratégie extrême pour que le Grèbe huppé, s'engage principalement pour la reproduction conventionnelle. Une conséquence de pontes mixtes (Amat, 1998) est un nid piraté par des foulques agressifs, qui ont pris en charge les nids de Grèbes juste après leur construction (Ulenaers & Dhondt, 1991), mais cela n'explique pas le cas où le nid du Grèbe huppé contenait un œuf de Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis*.

7- Conservation:

Bien que le Grèbe huppé semble être sans aucun risque immédiat en Algérie (Samraoui *et al.*, 2011), deux changements naturels et anthropiques se produisent à un rythme rapide dans la région (de Bélair & Samraoui, 1994). L'empiètement de l'homme exprime l'extraction accrue de l'eau, la pollution et la dégradation de l'habitat peuvent conduire à des changements rapides de facteurs abiotiques ou biotiques qui influencent négativement les oiseaux d'eau et leurs proies potentielles (Causarano *et al.*, 2008; Redolfi de Zan *et al.*, 2010; Zacchei *et al.*, 2011). Au site voisin, le Lac Oubeira, un lac d'eau peu

profonde qui est également un site Ramsar, l'introduction de la Carpe *Cyprinus carpio* dans les années 1980 a conduit à une évolution rapide et spectaculaire de la communauté de zooplancton avec des effets en cascade à travers le réseau trophique (Samraoui, 2002). La conservation des écosystèmes d'eau douce et leur biotopes dans une région aride comme l'Afrique du Nord présente un défi particulier. Compte tenu des menaces multiples et en suspens pesant sur la biodiversité d'Afrique du Nord, il y'a un besoin urgent de résoudre les problèmes de conservation locaux dans un cadre conceptuel de la gestion adaptative (Salafsky *et al.*, 2002, 2008; Balmford *et al.*, 2009) qui peut conduire à des actions efficaces et des évaluations utiles.

Conclusion

La grande superficie, le climat et la géomorphologie de l'Algérie, lui confèrent de nombreux avantages qui se traduisent par une grande diversité de zones humides. Cette diversité comprend des zones humides naturelles et d'autres artificielles. En outre, cette palette de zones humides se traduit par une richesse floristique et faunistique importante. La richesse en oiseaux d'eau est d'autant plus importante que l'Algérie se trouve sur les voies de migration de nombreuses espèces qui hivernent ou font halte lors de leur périple saisonnier.

La Numidie Algérienne, située dans le nord-est algérien, est connue par ses zones humides réparties en deux grands complexes séparés par Oued Seybouse: la Numidie occidentale et la Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'El-Kala. Ce complexe de zones humide abrite également de nombreuses espèces nicheuses.

Le présent travail a été réalisé au Lac Tonga, une réserve intégrale située dans la région d'El-Kala qui abrite la nidification d'espèces rares ou en recul dans leur aire de distribution. Ce travail étalé sur deux années a concerné l'écologie de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus* une espèce sédentaire nicheuse dans Le Lac Tonga fait partie de la famille des Podicépidés, qui regroupe 22 espèces vivant tout dépend de l'eau.

L'étude a été réalisée pendant la période de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, une phase très importante du cycle biologique de l'espèce et a pour but de mieux comprendre la stratégie écologique qu'elle adopte pendant cette période très indispensable, et d'autre part, d'éclaircir le rôle écologique du Lac Tonga dans le maintien de cette espèce d'oiseau d'eau comme d'autres espèces aviaires. La phénologie de la reproduction, les caractéristiques des sites de nidification, la grandeur de ponte et le succès de reproduction ont fait l'objet d'un suivi régulier.

Les résultats obtenus nous ont permis de caractériser les microhabitats utilisés pour la nidification et révélé une période de reproduction relativement courte, comparée aux résultats obtenus en Europe. Le Grèbe huppé niche généralement dans les eaux profondes 1.89 m (2011) et 2.08 m (2012) qui lui assurent un accès facile à l'eau en cas de danger et une bonne visibilité et il préfère un recouvrement végétal très faible autour du site de nidification 12.41 ± 5.85 % et que la strate de végétation la plus utilisée pendant les deux saisons de reproduction 2011 et 2012 est le *Phragmites australis*.

La première ponte de l'espèce a été signalée vers la fin de mois de mars (le 29 mars), et s'est étalée sur deux mois avec une grandeur de ponte 3.37 (2011) et 3.97 œufs (2012); avec une durée moyenne d'incubation de 26 à 28 jours.

La période de ponte est relativement courte, entre la fin de mois de mars et la fin du mois de mai, avec deux pics enregistrés. La grandeur de ponte moyenne globale est de 3.67 avec N = 86 nids réussis à éclore.

Les œufs ont été pondus d'une manière asynchrone à intervalles de deux jours et l'éclosion des oisillons a été également enregistrée d'une façon asynchrone durant les deux saisons comme il est illustré dans la littérature (Géroudet, 1946 ; Fjeldsa, 2004).

Les poussins sont nidifuges restent environ deux mois et demi avec leurs parents, ils ne se risquent à plonger volontairement qu'à l'âge de six semaines; et même lorsqu'ils ont acquis leur plumage immature et la capacité de se nourrir seuls, certaines juvéniles réclament encore de la nourriture à leurs parents

Le succès moyen de la reproduction a été successivement de 63 % et 73 % sur l'ensemble des nids suivis en 2011 (N=71) et en 2012 (N=56), dont le succès moyen à l'éclosion spécifique a été de 68 % sur 225 œufs en 2011 et de 75, 37 % sur 207 œufs en 2012. Les causes de l'échec sont principalement la prédation en premier lieu, la destruction des nids lors de changements rapides du niveau d'eau et l'abandon.

Le succès de reproduction a été significativement et positivement liée à la taille du nid, avec les grands nids conférant une meilleure survie des œufs et des jeunes probablement par offrant une meilleure protection pendant les périodes de conditions météorologiques défavorables. Toutefois, les avantages des grands nids peuvent être confondus par l'âge ou la qualité intrinsèque des oiseaux.

L'évitement des strates denses de végétation par le Grèbe huppé est une réponse pour réduire la prédation causée par la couleuvre vipérine *Natrix maura* et l'emplacement des nids dans le *Phragmites australis*, plutôt que d'autres types de végétation, ont augmenté le succès de nidification légèrement mais significativement.

Nous espérons que ces données peuvent servir comme base pour d'autres travaux dans le futur, dans la gestion et la conservation de cette espèce.

Le suivi de la reproduction comme d'autres aspects tels que le régime alimentaire, le bagage et le sexage d'ADN, sont des données scientifiques qui servent à mieux comprendre les éléments abiotiques et biotiques constituant ces écosystèmes riches et vulnérables pour prendre soin et protéger ce patrimoine précieux.

Malgré de nombreuses menaces (chasse illicite, l'extraction accrue de l'eau, la pollution, et la dégradation de l'habitat), le Lac Tonga constitue un refuge important pour plusieurs espèces faunistiques et floristiques malgré sa protection officielle. Sa disparition ou sa dégradation serait une perte irremplaçable pour la biodiversité locale, régionale et internationale.

Dans le but d'effectuer la conservation biologique des environnements instables, il est très important d'adopter une politique de gestion pour augmenter l'hétérogénéité de l'habitat dans des petites zones afin d'aider à minimiser les impacts causés par la perte des zones humides où les oiseaux d'eau sont menacés et dépendent de ces aires.

Les efforts de conservation sont déployés dans le but de protéger l'espèce reproductrice et la connectivité des zones humides clés en Afrique du Nord (Samraoui & Samraoui, 2008).

Références bibliographiques

1. Références bibliographiques :

- Abbaci H. 1998. Ecologie du Lac Tonga: Cartographie de la végétation, palynothèque et utilisation de l'espace lacustre par l'avifaune. Thèse de Magister. Univ Badji Mokhtar, Annaba.
- Adriano M, Alessandra G, Damiano G, Preatoni, Silvia DM, Luc AW & Guido T. 2003. The extent of Great Crested Grebe Predation on Bleak in Lake Como, Italy. *Waterbirds* 26 : 201- 208.
- Adriansen F, Ulenears P & Dhondt A. 1993. Ringing recoveries and the increase in numbers of European Great Crested Grebes *Podiceps cristatus*. *Ardea* 81: 59- 70.
- Aissaoui R, Houhamdi M, & Samraoui B. 2009. Eco- éthologie des Fulligules Nyroca *Aythya nyroca* dans le Lac Tonga (Site Ramsar, Parc National d'El-Kala, Nord-Est de l'Algérie). *European Journal of Scientific Research* 28: 47- 59.
- Amat JA. 1998. Mixed clutches in shorebirds nests: why are they so uncommon? *Wader Study Group Bulletin* 85: 55- 59.
- Angelici C, Marini F, Battisti C, Bertolino S, Capizzi D & Monaco A. 2012. Cumulative impact of rats and coypu on nesting waterbirds: first evidence from a small Mediterranean wetland (Central Italy). *Vie et Milieu* 62: 137- 141.
- Annani F, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2012. Aquatic Hemiptera of Northeastern Algeria; Distribution, phenology and conservation. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 67: 423- 435.
- Antonov A. 2004. Smaller Eastern Olivaceous Warbler *Hippolais pallida elaeica* nests suffer less predation than larger ones. *Acta Ornithologica* 39: 87- 92.
- Athamnia M, Samraoui F, Kelailia B, Rouabah A, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2015. Nest site selection and reproductive success of the Little Grebe *Tachybaptus ruficollis* in Northeast Algeria. *Ardeola* 62: 113- 124.

- Baaloudj A, Samraoui F, Al- Farhan AH, & Samraoui B. 2014. Phenology, nest site selection and breeding success of a North African Colony of the Yellow-Legged Gull, *Larus michahellis*. *African Zoology* 49: 213-221.
- Baaloudj A, Samraoui F, Laouar A, Benoughidene M, Hasni D, Bouchahdane I, Hemza K, Bensouilah S, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2012. Dispersal of Yellow-Legged Gulls *Larus michahellis* Ringed in Algeria: A Preliminary Analysis. *Ardeola* 59: 137- 144.
- Balmford A, Grey P, Kapos V, Manica A, Rodrigues SL, Scharlemann JPW & Green RE. 2009. Capturing the many dimensions of threat – a comment on Salafsky *et al*. *Conservation Biology* 23: 482- 487.
- Belhadj G, Chalabi B, Chabi Y, Kayser Y & Gauthier- Clerc M. 2007. Le retour de l’Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* nicheur en Algérie. *Aves* 44: 29- 36.
- Belouahem-Abed D, Belouahem F, Benslama M, de Bélair G & D Muller S. 2011. Les aulnaies de Numidie (N.E Algérien): biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *Comptes Rendus Biologies* 334: 61- 73.
- Bouchecker A, Nedjah R, Samraoui F, Menai R & Samraoui B. 2009. Aspects of breeding ecology and conservation of the Glossy Ibis in Algeria. *Waterbirds* 32: 345- 351.
- Bougazelli N, Djender M & Thomas JP. 1977. Projet Parc National Marin, lacustre et Terrestre d'El Kala (Algérie). Rapport présenté à la consultation d'experts sur les parcs marins et zones humides de la méditerranée du PNUE, Tunis (cité dans www.unepwcinc.org/sites/pa/0714P.htm).
- Boulkhssaim M, Houhamdi M, Saheb M, Samraoui-Chenafi F & Samraoui B. 2006. Breeding and banding of Greater flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria, August 2006. *Flamingo* 14: 21-23.
- Boulkhssaim M, Houhamdi M & Samraoui B. 2006. Status and diurnal behavior of the Shelduck *Tadorna tadorna* in the hauts plateaux northeast Algeria. *Wildfowl* 56: 65- 78.

- Boulkhssaim M, Ouldjaoui A, Al-Farhan AH & Samraoui B. 2013. Distribution, breeding phenology and time budget of Ruddy Shelduck *Tadorna ferruginea* during the annual cycle in the Hauts Plateaux, Northeastern Algeria. *Ostrich* 84: 129- 136.
- Boumezbeur A. 1993. Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* sur le Lac Tonga et le Lac des Oiseaux, Est Algérien. Thèse de Doctorat. Univ Montpellier, France.
- Broggi J & Senar JC. 2009. Brighter Great Tit parents built bigger nests. *Ibis* 151: 588-591.
- Bukacinska M, Bukacinski D & Jabkonski P. 1993. Colonial and non-colonial Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* at Lake Luknajno. Nest site characteristics, clutch size and egg biometry. *Colonial Waterbirds* 16: 111- 118.
- Burger J. 1974. Determinants of colony and nest-site selection in the Silver Grebe *Podiceps occipitalis* and Rolland's Grebe *Rollandia Rolandi*. *Condor* 76: 301- 306.
- Carignan V & Villard MA. 2002. Selecting indicator to monitor ecological integrity: review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78: 45- 61.
- Caudell JN & Conover MR. 2007. Drive-by netting: a technique for capturing grebes and other diving waterfowl. *Human-Wildlife Conflicts* 1: 49- 52.
- Causarano F, Battisti C & Sorace A. Effect of winter water stress on the breeding birds assemblage of a remnant wetland in Central Italy. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 64: 61- 72.
- Chabrek RH. 1963. Breeding habits of the Pied-billed Grebe in an impound coastal marsh in Louisiana. *Auk* 80: 447- 452.
- Cheriet S, Samraoui F, Al-Farhan AH & Samraoui B. 2015. Factors affecting nesting success in the Great crested Grebe *Podiceps cristatus* at Lake Tonga, northeast Algeria. *Ostrich* 86: 239- 245.

- Chokri MA, Sadoul N, Medhioub K & Betchet A. 2008. Analyse comparative de la richesse avifaunistique du salin de Sfax dans le contexte Tunisien et Méditerranéen. *Revue d'Ecologie* 63: 351- 369.
- Clark RJ & Nudds TD. 1991. Habitat patch size and duck nesting success: the crucial experiments have not been performed. *Wildlife Society Bulletin* 19: 534- 543.
- Collias NE & Collias EC. 1984. Nest Building and Bird Behavior. *Princeton University Press, Princeton*.
- Cramp S & Simmons KEL. 1977. The birds of the Western Palearctic. Vol I. *Oxford University Press, Oxford*.
- Curio E. 1983. Why do young birds not reproduce well? *Ibis* 125: 400- 404.
- Emberger L. 1955. Une classification biogéographique des climats. Rec.Tr. Lab. Bot. Géo. Zoo. Fac. Sci. Montpellier. Ser. Bot. 7: 3- 43.
- De Bélair G. 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre-écocomplexes lacustre et marécageuses (El Kala, Est algérien). Thèse de Doctorat 3ème cycle. Univ Montpellier, Languedoc.
- De Bélair G & Bencheikh LM. 1987. Composition et déterminisme de la végétation d'une plaine côtière marécageuse: La Mafragh (Annaba, Algérie). *Bulletin d'Ecologie* 18: 393- 407.
- De Bélair G & Samraoui B. 1994. Death of a lake: Lac Noir in northeastern Algeria. *Environmental Conservation* 21: 169- 172.
- De Neve L & Soler JJ. 2002. Nest building activity and laying date influence female reproductive investment in magpies: an experimental study. *Animal Behavior* 63: 975- 980.
- Djebbari N, Boudjadi Z & Bensouilah M. 2009. L'infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* Linné, 1758 par le parasite *Anguillicola crassus* Kuahara, Niimi & Itagaki. 1974 dans le complexe de zones humides d'El Kala (Nord Est Algérien). *Bulletin de l'Institut Scientifique (Sciences de la Vie)* 31: 45- 50.

- Doornbos G. 1984. Piscivorous birds on the saline lake Grevelingen, the Netherlands: abundance, prey selection and annual food consumption. *Netherlands Journal of Sea Research* 18: 457- 479.
- Duboc P. 1982. Notes sur la biologie et la répartition du Grèbe huppé (*Podiceps cristatus*) en Auvergne. *Le Grand Duc* 161: 16- 27.
- Durant JH. 1954. Les sols de l'Algérie. Direction du service de la colonisation et de l'hydraulique. *Gouvernement Générale de l'Algérie*.
- Fargallo AJ, de Leon A & Potti J. 2001. Nest maintenance effort and health status in Chinstrap Penguins *Pygoscelis antarctica*: the functional significance of stone-provisioning behavior. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 50: 141- 150.
- Fjeldsa J. 2004. The Grebes. *Oxford University Press, Oxford*.
- Forman DW. 2003. Moorhen interspecific brood parasitism. *British Birds* 96: 43- 44.
- Forslund P & Part T. 1995. Age and reproduction in birds: hypothesis and tests. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 374- 378.
- Géroudet P 1946. La vie des oiseaux: Les palmipèdes, vol III. *Délaclaux & Niestlé, Neuchâtel*.
- Green AJ. 1996. Analyses of globally threatened Anatidae in relation to threatened distribution, migration patterns and habitat use. *Conservation Biology* 10: 1435- 1445.
- Gwiazda R. 1997. Foraging ecology of Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* at a mesotrophic-eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 353: 39- 43.
- Hake M, Dahlgren T, Ahlund M, Lindberg P & Eriksson MOG. 2005. The impact of water level fluctuation in the breeding success of the Black-throated Diver *Gavia arctica* in South-west Sweden. *Ornis Fennica* 82: 1- 12.
- Hansel M. 2000. Bird nest and constructive behavior. *Cambridge University Press, Cambridge*.

- Houhamdi M & Samraoui B. 2002. Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda* 70: 301- 310.
- Houhamdi M & Samraoui B. 2008. Diurnal and nocturnal behavior of Ferruginous Duck *Aythya nyroca* at Lac Des Oiseaux Northern Algeria. *Ardeola* 55: 59- 69.
- Houserova P, Hedbravny J, Matejicek D, Kracmar S, Sitko J & Kuban V. 2005. Determination of total mercury in muscle, intestines, liver and kidney tissues of cormorant *Phalacrocorax carbo*, Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* and Eurasian Buzzard *Buteo buteo*. *Veterinari Medicina* 50: 61- 68.
- Hoyt DF. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk* 96: 73- 77.
- Isenmann P & Moali A. 2000. Birds of Algéria. *Société d'Etude Ornithologiques de France, Paris*.
- Jarvinen A & Vaisanen RA. 1983. Egg size and related reproductive traits in a southern passerine *Ficedula hypoleuca* breeding in an extreme northern environment. *Ornis Scandinavica* 14: 153- 162.
- Joleaud L. 1936. Etude géologique de la région de la Calle. *Imprimerie la Typo-Litho Carbonel, Alger*.
- Kadid Y, Thébaud G, Pétel G & Abdelkrim H. 2007. Les communautés végétales aquatiques de la classe des Potametea du Lac Tonga, El- Kala, Algérie. *Acta Botanica Gallica* 154: 597- 618.
- Keller V. 1989. Egg covering behavior by Great Crested Grebes *Podiceps cristatus*. *Ornis Scandinavica* 20: 129- 131.
- Kherifi W & Kherici-Bousnoubra H. 2012. Evolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du Lac Mellah (Nord-Est Algérien). *Larhyss Journal* 11: 109- 118.
- Klomp H. 1970. The determination of clutch size in birds: a review. *Ardea* 58: 1- 124.

- Konter A. 2008. Colonial nesting in the Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* (L, 1758) Research results from a colony on the Dutch IJsselmeer in comparison to other studies on colonial nesting in the species. *Ferrantia* 56, Luxembourg.
- Konter A. 2008. 40 years of moulting concentrations of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* at the Dutch IJsselmeer. *Rugulus Wssenschaftliche Berichet* 23: 42- 51.
- Lawton MF & Lawton RO. 1980. Nest site selection in the brown Jay. *Auk* 97: 631- 633.
- Ledant JP, Jacob, JP, Jacobs P, Malher F, Ochando B, & Roché J. 1981. Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Gerfault* 71: 295- 398.
- Loucif N, Meddour A & Samraoui B. 2009. Biodiversité des Parasites chez *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758 Dans le Parc National D'El- Kala, Algérie. *European Journal of Scientific Research* 25: 300- 309.
- Lyon BE. 1993. Conspecific brood parasitism as a flexible female reproductive tactic American coots. *Animal Behavior* 46: 911- 928.
- Lyon BE. 2003. Egg recognition and counting reduce costs of avian conspecific brood parasitism. *Nature* 422: 495- 499.
- Madon P. 1931. Le secret du Grèbe. *Alauda* 3: 264- 310.
- Maréchal C. 1993. Caractéristiques du nid et du site de nidification chez le Grèbe huppé (*Podiceps cristatus*) influence sur le succès d'éclosions. *Cahiers d'Ethologie* 13: 1- 34.
- Martin TE. 1993. Nest predation and nest sites. *Bioscience* 43: 523- 532.
- Meddour A & Bouderdia K. 2011. Biodiversité et développement piscicole au lac Oubeira (Parc National El- Kala, Algérie). *The Inter-Islamic Sciences & Technology Network on Oceanography, INOC-MPRH Report* 7: 42- 51.
- Meniaia Z, Samraoui F, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2014. Nest- site selection, breeding success and brood parasitism in the Common moorhen *Gallinula chloropus* in Algeria. *Zoology and Ecology* 24: 305- 313.

- Mesbah A, Samraoui F, Bouzid A, Ouldjaoui A, Baaziz N, Samraoui B & Boucheker A. 2011. Safioune un nouveau site de reproduction du Flamant rose *Phoenicopterus roseus* au Sahara Algérien. *Alauda* 79: 321- 324.
- Metallaoui S & Houhamdi M. 2010. Biodiversité et écologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Taher (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). *Hydroécologie Appliquée* 17: 1- 16.
- Metallaoui S, Dziri H, Bourenne M & Benguiba M. 2013. Valeurs ornithologiques des zones humides de l'éco-complexe de Guerbes- Sanhadja (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). *Bulletin du Réseau: Oiseaux d'Eau Méditerranée* 1: 08- 16.
- Metzger C, Ursenbacher S & Christe P. 2009. Testing the competitive exclusion principle using various niche parameters in a native *Natrix maura* and an introduced *N. tessellata* colubrid. *Amphibia- Reptila* 30: 523- 531.
- Moller AP. 1990. Nest predation selects for small nest size in the Blackbird. *Oikos* 57: 237- 240.
- Moller AP, Adriansen F, Artemyev A, Banbura J, Barba E, Biard C & Blondel J, *et al.* 2014. Variation in clutch size in relation to nest size in birds. *Ecology and Evolution* 4: 3583- 3595.
- Morgan NC & Boy V. 1982. An ecological survey of standing waters in NorthWest Africa: II- Site descriptions for Tunisia and Algeria. *Biological Conservation* 24: 83- 113.
- Moss R, Watson A, Robert P & Glennie WW. 1981. Clutch size, egg size, hatch weight and laying date in relation to early mortality in Red Crouse *Lagopus lagopus scoticus* chicks. *Ibis* 123: 450- 462.
- Nedjah R, Boucheker A, Samraoui F, Menai R, Al- Farhan AH, Al- Rasheid KA & Samraoui B. 2010. Breeding ecology of the Purple Heron *Ardea purpurea* in Numidia, Northeastern Algeria. *Ostrich* 81: 189- 196.
- O'Donnel C & Fjeldsa J. 1997. Grebes. Statut, Survey and conservation action plan. *IUCN/SSC Grebe Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge.*

- Ozenda P. 1975. Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. *Document de cartographie écologique, Grenoble* 16: 1- 32.
- Palomino JJ, Martin-Vivaldi M & Soler JJ. 1998. Functional significance of nest-size variation in the Rufous bush Robin *Cercotrichas galactotes*. *Ardea* 86: 177- 185.
- Piersma T. 1984. Estimating energy reserves of Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* on the basis of body dimensions. *Ardea* 72: 119- 126.
- Piersma T. 1988a. The annual moult cycle of Great Crested Grebes. *Ardea* 76: 82- 95.
- Piersma T. 1988b. Breast muscle Atrophy and constraints on foraging during the flightless period of wing moulting Great Crested Grebes. *Ardea* 76: 96- 106.
- Piersma T, Lindboom R & Van Eerden MR. 1988c. Foraging rhythm of Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* adjusted to diel variation in the vertical distribution of their prey *Osmerus eperlanus* in shallow eutrophic Lake in Netherlands. *Oecologia* 79: 481- 486.
- Piersma T & Van Eerden MR. 1989. Feather eating in Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* a unique solution to the problems of debris and gastric parasites in fish eating birds. *Ibis* 131: 477- 486.
- Piersma T, Wiersma P & Van Eerden MR. 1997. Seasonal changes in the diet of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* indicate the constraints on prey choice by solitary pursuit diving fish-eaters. *Van Zee Tot Land* 65: 351- 376.
- Quézel P & Médail F. 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. *Elsevier, Paris*.
- R Development Core Team. 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *Vienna, Austria*.
- Raachi ML. 2007. Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du Lac Tonga au Nord-Est Algérien. Mémoire de la maîtrise en géographie. *Université Québec, Montréal*.

- Ramsar. 2000. Extracts from Ramsar database; summary of Ramsar Monitoring Procedure Report (No. 21) on Lac Oubeira and Lac Tonga, Algeria. Wageningen, The Netherlands: Ramsar Bureau.
- Rauter CM, Reyer HU & Bollmann K. 2002. Selection through predation, snowfall and microclimate on nest-site preferences in the Water Pipit *Anthus spinoletta*. *Ibis* 144: 433- 444.
- Redolfi De Zan L, Battisti C & Carpaneto GM. 2010. Effect of spring water stress induced by fishery farming on two duck species *Anas platyrhynchos* L. and *Anas crecca* L. in a Mediterranean wetland. *Polish Journal of Ecology* 58: 599- 604.
- Robertson B & Gemmill N. 2002. Geographic differentiation in the Australasian Great Crested Grebe *Podiceps cristatus australis*. *Doc Science Internal Series*.
- Ruibi AH, Zitouni A, Tahar A & Houhamdi M. 2013. Breeding Ecology of the Great Crested Grebe (*Podiceps cristatus*) in Tonga Lake (Northeast Algeria). *European Journal of Scientific Research* 100: 534- 541.
- Saeijs HLF & Baptist HJM. 1977. Wetland criteria and birds in a changing Delta. *Biological Conservation* 11: 251- 266.
- Saether BE. 1999. Age-specific variation in reproductive performance of birds. *Current Ornithology* 7: 251- 283.
- Salafsky N, Margolius R, Redford KH & Robinson JG. 2002. Improving the practice of conservation: a conceptual framework and research agenda for conservation science. *Conservation Biology* 16: 1469- 1479.
- Salafsky N, Salzer N , Stattersfield AJ, Hilton-Taylor C, Neugarten R, Butchart SHM, Collen B, Cox N, master LL, O'Connor S & Wilkie D. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classification of threats and actions. *Conservation Biology* 22: 897- 911.
- Samraoui B. 2002. Branchiopoda (Ctenopoda and Anomopoda) and Copepoda from eastern Numidia, Algeria. *Hydrobiologia* 470: 173- 179.

- Samraoui B & Corbet PS. 2000. The Odonata of Numidia Northeastern Algeria, Part 1: Statuts and distribution. *International Journal of Odonatology* 3: 11- 25.
- Samraoui B & Corbet PS. 2000. The Odonata of Numidia Northeastern Algeria, Part 2: Seasonal Ecology. *International Journal of Odonatology* 3: 27- 39.
- Samraoui B & de Bélair G. 1997. The Guerbes- Sanhadja wetlands. Part I: Overview. *Ecology* 28: 233- 250.
- Samraoui B & de Bélair G. 1998. Les zones humides de la Numidie orientales: bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse* 4 (Numéro spécial): 1- 90.
- Samraoui B, de Bélair G & Benyacoub S. 1992. A Much-threatened Lake: Lac des Oiseaux in Northeastern Algeria. *Environmental Conservation* 19: 264-267+276.
- Samraoui B, Ouldjaoui A, Boukhssaim M, Houhamdi M, Saheb M & Béchet A. 2006. The first recorded reproduction of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria: behavioral and ecological aspects. *Ostrich* 77: 153- 159.
- Samraoui B & Samraoui F. 2008. An ornithological survey of Algerian wetlands. important birds areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71- 98.
- Samraoui B, Samraoui F, Benslimane N, Al- Farhan AH & Al- Rasheid KA. 2012a. A precipitous decline of the Algerian Newt *Pleurodeles poireti* Gervait, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, North-eastern Algeria. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 67 : 71- 81.
- Samraoui B, Segers H, Maas S, Baribwegure D & Dumont HJ. 1998. Rotifera, Cladocera, Copepoda and Ostracoda from coastal wetlands in Northeast Algeria. *Hydrobiologia* 386: 183- 193.
- Samraoui F, Al- Farhan AH, Al- Rasheid KA & Samraoui B. 2011. An appraisal of the status and distribution of water birds of Algeria, indicators of global changes. *Ardeola* 58: 137- 163.
- Samraoui F, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2013. Status and breeding ecology of the Common Moorhen *Gallinula chloropus* in Algeria. *Ostrich* 84: 137-144.

- Samraoui F, Boukhssaim M, Bouzid A, Baaziz N, Ouldjaoui A & Samraoui B. 2010. The breeding of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria (2003- 2009). *Alauda* 78: 15- 25.
- Samraoui F, Menai R & Samraoui B. 2007. Reproductive ecology of the cattle Egret *Bubulcus ibis* at Sidi Achour Northeastern Algeria. *Ostrich* 78: 481- 487.
- Samraoui F, Nedjah R, Bouchecker A, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2012b. Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study* 59: 496-503.
- Samraoui F, Nedjah R, Bouchecker A, Al- Farhan AH & Samraoui B. 2012c. Patterns of resource partitioning by nesting herons and ibis: how are odonata exploited? *Comptes Rendus Biologies* 335: 310- 317.
- Samraoui F & Samraoui B. 2007. The reproductive ecology of the common coot (*Fulica atra*) in the hauts plateaux, northeast Algeria. *Waterbirds* 30: 133- 139.
- Santos X, Gonzalez-Solis J & Lorente GA. 2000. Variation in the diet of the viperine snake *Natrix maura* in relation to prey availability. *Ecography* 23: 185- 192.
- Seltzer P. 1946. Le climat de l'Algérie. *Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie* 130- 140.
- Shizuka D & Lyon BE. 2010. Coots use hatch order to learn to recognize and reject conspecific brood parasitic chicks. *Nature* 463: 413- 437.
- Simmons KEL. 1974. Adaptation in the reproductive biology of the Great Crested Grebe. *British Birds* 67: 413- 437.
- Skinner J & Smart M. 1984. The El-Kala wetlands of Algeria and their use by waterfowl. *Wildfowl* 35: 106- 118.
- Slagsvold T. 1984. Clutch size variation in birds in relation to nest predation: on the cost of reproduction. *Journal of Animal Ecology* 53: 945- 953.

- Soler JJ, Cuervo JJ, Moler AP & de Lope F. 1998a. Nest building is a sexually behavior in the barn Swallow. *Animal Behavior* 56: 1435- 1442.
- Soler JJ, de Neve L, Martinez JG & Soler M. 2001. Nest size affects clutch size and the start of incubation in magpies, an experimental study. *Behavioral Ecology* 12: 301-307.
- Soler JJ, Moler AP & Soler M. 1998b. Nest building, sexual selection and parental investment. *Evolutionary Ecology* 12: 427- 441.
- Stanevičius V. 2002. Nest-site selection by coot and Great-crested Grebe in relation to structure of halophytes. *Acta Zoologica Lituanica* 12: 265- 275.
- Stanevičius V & Kurlavičius P. 2008. Comparison of fine scale spatial distribution and nest site selection in Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* and Coot *Fulica atra*. *Ekologija* 54: 98- 103.
- Stanevičius V & Švažas S. 2005. Colonial and associated with Coot *Fulica atra* nesting in Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* comparison of three Lakes. *Acta Zoologica Lituanica* 15: 324- 329.
- Stearns SC. 1992. The evolution of life histories. *Oxford University Press, Oxford*.
- Stevenson AC, Skinner J, Hollis GE & Smart M. 1988. The El-Kala National Park and environs, Algeria: An ecological evaluation. *Environmental Conservation* 15: 335-348.
- Thibault B. 2008. Observation sur une reproduction perturbée de Grèbe huppé. *Le grand-Duc* 73: 21-22.
- Thomas JP. 1975. Ecologie et dynamique de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel Est-Algérien. Thèse Doctorat. *Univ des Sciences et Techniques du Languedoc*.
- Tomas G, Merino S, Martinez de la Puente J, Moreno J, Morales J & De Rivero Aguilar J. 2013. Nest size and aromatic plants in the nest as sexually selected female traits in Blue Tits. *Behavioral Ecology* 24: 926- 934.

- Touati L. 2008. Distribution spatio- temporelle des Genres *Daphnia* et *Simocephalus* dans les mares temporaires de la Numidie. Thèse de Magister. Univ Guelma.
- Ulenaers P & Dhondt AA. 1990. Phenology, habitat choice and reproduction of the Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* on fish farm. *Ardea* 79: 395- 408.
- Ulenaers P & Van Vessem J . 1994. Impact of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* on fish ponds. *Hydrobiologia* 279/280: 353- 366
- Ulenaers P, van Vessem J & Dhondt AA. 1992. Foraging of the Great Crested Grebe in relation to food supply. *Journal of animal Ecology* 61: 659- 667.
- Ulfvens J. 1988. Nest characteristics and nest survival in the Horned Grebe *Podiceps auritus* and Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* in a finish Archipelago. *Annales Zoologici Fennici* 25: 293- 298.
- Van Dijk G & Ledant JP. 1983. La valeur ornithologique des zones humides de l'Est Algérien. *Biological Conservation* 26: 215- 226.
- Van Eerden MR, Piersma T & Lindeboom R. 1993. Competitive food exploitation of Smelt *Osmerus eperlanus* by Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* and Perch *Perca fluviatilis* at Lake Ijsselmeer, the Netherlands. *Oecologia* 93: 463- 474.
- Vergara P, Gordo O & Aguirre GI. 2010. Nest size, nest building behavior and breeding success in a species with nest reuse: the White Stork *Ciconia ciconia*. *Annales Zoologici Fennici* 47: 184- 194.
- Vogrin M. 1999. Breeding ecology of Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* in Northeastern Slovenia. *Ornis Hungarica* 8/9: 27- 320.
- Vogrin M. 2001. Breeding of Little Grebe *Tachybaptus ruficollis* and Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* on Race Ponds in Northeastern Slovenia (Central Europe) -A- 13 years study. *Pakistan Journal of Biological Science* 4: 241- 243.
- Vogrin M. 2002. Breeding success of Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* on fish Ponds. *Ornis Svecica* 12: 203- 210.

Vlug JJ. 1976. Zomerconcentraties van de fuut (*Podiceps cristatus*) van de Friese kust tussen Staveren en Lemmer. *Limosa* 47: 16- 22.

Wiersma P, Piersma T, Mennobart R & van Eerden MR. 1994. Food intake of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* wintering on cold water as a function of various cost factors. *Ardea* 83: 339- 350.

Williams TD. 1994. Intraspecific variation in size and egg composition in birds: effects on offspring fitness. *Biological Review* 69: 35- 59.

Wooller RD & Coulson JC. 1997. Factors affecting the age of first breeding of the Kittiwake *Rissa tridactyla*. *Ibis* 119: 339- 349.

2. Web graphique:

[1] www.oiseaux.net Visité le 15 mars 2015.

[2] www.iucn.org/fr/ Visité le 12 mai 2015.

Résumés

Abstract:

The breeding ecology of the Great-crested Grebe (*Podiceps cristatus*) was investigated over two consecutive years (2010-2011) at Lake Tonga, northeast Algeria. In all two years, the egg laying period was relatively short, spanning two months (end of March to end of May), and bimodal. Nests were mainly located in *Phragmites australis*, over water of substantial depth ($198 \pm 25\text{cm}$, $N = 126$), far from the shore and in habitat with low vegetation cover ($12, 41 \pm 5, 85\%$, $N = 126$). The overall clutch size was 3.67 ± 0.88 eggs ($N = 86$) and it decreased marginally over time. The overall nesting success was 68% ($N = 126$), with nest failure caused mainly by predation (60.5 %) and flooding (27%). Breeding outcome was significantly and positively related to nest size, with bigger nests conferring better survival to eggs and young probably through affording better protection during spells of adverse weather. However, the benefits of bigger nests may be confounded by the age or intrinsic quality of birds. The location of nests in *P. australis*, rather than other vegetation type, increased nesting success marginally but significantly. Two cases of interspecific mixed clutches involving the Great-crested Grebe were recorded.

Key words:

Breeding, mixed clutches, nest-site selection, North Africa, *Podiceps cristatus*, water birds.

Résumé

L'écologie de la reproduction du Grèbe huppé (*Podiceps cristatus*) a été étudiée sur deux années consécutives (2010-2011) au lac Tonga, nord-est de l'Algérie. Dans les deux années, la période de ponte a été relativement courte, couvrant deux mois (à la fin de Mars jusqu'à la fin de Mai), et bimodale. Les nids sont principalement situés dans le *Phragmites australis*, dans des grandes profondeurs d'eau (198 ± 25 cm, N = 126), loin de la côte et dans un habitat à faible densité de végétation ($12,41 \pm 5,85$ %, N = 126). La grandeur de ponte globale était de $3,67 \pm 0,88$ œufs (n = 86) et il a légèrement diminué au fil du temps. Le succès de reproduction globale était de 68% (N = 126), avec échec de la nidification causée principalement par la prédation (60,5%) et l'inondation (27%). Le succès de reproduction a été significativement et positivement lié à la taille du nid, avec les plus grands nids conférant une meilleure survie des œufs et des jeunes probablement par offrant une meilleure protection pendant les périodes de conditions météorologiques défavorables. Toutefois, les avantages des grands nids peuvent être confondus par l'âge ou la qualité intrinsèque des oiseaux. L'emplacement des nids dans *P. australis*, plutôt que d'autres types de végétation, ont augmenté le succès de nidification légèrement mais significativement. Deux cas de pontes interspécifiques mixtes impliquant le Grèbe huppé ont été enregistrés.

Mots clés : Reproduction, pontes mixtes, sélection du site de nidification, Nord d'Afrique, oiseaux d'eau

على مدى سنتين متتاليتين (2010-2011) تمت دراسة بيئة تكاثر الغطاس المتوج (*Podiceps cristatus*) في بحيرة تونغوا، شمال شرق الجزائر. في كلى العامين، كانت فترة وضع البيض قصيرة نسبياً، والتي تمتد الى شهرين (من نهاية مارس وحتى نهاية مايو)، وثنائية الصيغة. وتقع الأعشاش أساساً في *Phragmites australis*، على مياه ذات عمق كبير (198 ± 25 سم، N = 126)، بعيداً عن الشاطئ و مع غطاء نباتي ضعيف (5.85 ± 12.41 ، N = 126). كان حجم الاباضة 3.67 ± 0.88 البيض (N = 86) وينخفض بشكل طفيف مع مرور الوقت. كان نجاح التعشيش العام 68% (N = 126)، مع نسبة الفشل الناجمة أساساً عن الافتراس (60.5%) والفيضانات (27%). نتائج التكاثر متعلقة بشكل ملحوظ وإيجابي مع حجم العش، حيث الأعشاش أكبر حجماً تمنح البقاء على قيد الحياة للبيض والصغار وربما من خلال منح حماية أفضل أثناء الأحوال الجوية السيئة. ومع ذلك، قد تكون فوائد الأعشاش الأكبر متحدة مع السن أو جودة الجوهرية للطيور. موقع الأعشاش في *P. Australis*، بدلا من نوع غطاء نباتي اخر، له زيادة نجاح التعشيش هامشي ولكن بشكل ملحوظ. تم تسجيل حالتين من التبيض المختلط بين الأنواع والتي تحوي الغطاس متوج.

الكلمات الدالة: تكاثر - تبيض مختلط - اختيار موقع التعشيش - شمال افريقيا - طيور مائية .

This article was downloaded by: [Professor Boudjema Samraoui]

On: 02 August 2015, At: 03:25

Publisher: Taylor & Francis

Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: 5 Howick Place, London, SW1P 1WG



[Click for updates](#)

Ostrich: Journal of African Ornithology

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

<http://www.tandfonline.com/loi/tost20>

Factors affecting nesting success in the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* at Lake Tonga, north-east Algeria

Sarra Cheriet^a, Farrah Samraoui^b, Ahmed H Alfarhan^c & Boudjéma Samraoui^{bc}

^a Department of Ecology, FSNV-STR, University of Gueima, Gueima, Algeria

^b Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides, University of Gueima, Gueima, Algeria

^c Center of Excellence for Research in Biodiversity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

Published online: 30 Jul 2015.

To cite this article: Sarra Cheriet, Farrah Samraoui, Ahmed H Alfarhan & Boudjéma Samraoui (2015): Factors affecting nesting success in the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* at Lake Tonga, north-east Algeria, *Ostrich: Journal of African Ornithology*, DOI: [10.2989/00306525.2015.1067932](https://doi.org/10.2989/00306525.2015.1067932)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.2989/00306525.2015.1067932>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Taylor & Francis makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in the publications on our platform. However, Taylor & Francis, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors, and are not the views of or endorsed by Taylor & Francis. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Taylor and Francis shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content.

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. Terms & Conditions of access and use can be found at <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

Factors affecting nesting success in the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* at Lake Tonga, north-east Algeria

Sarra Cheriet¹, Farrah Samraoui², Ahmed H Alfarhan³ and Boudjéma Samraoui^{2,3*}

¹ Department of Ecology, FSNV-STR, University of Guelma, Guelma, Algeria

² Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides, University of Guelma, Guelma, Algeria

³ Center of Excellence for Research in Biodiversity, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

* Corresponding author, e-mail: bsamraoui@yahoo.fr

The breeding ecology of the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* was investigated over four consecutive years (2009–2012) at Lake Tonga, north-east Algeria. In all four years, the egg-laying period was relatively short, spanning two months (end of March to end of May), and bimodal. Nests were mainly located in *Phragmites australis*, over water of substantial depth (178 ± 43 cm, $N = 209$), far from the shore and in habitat with low vegetation cover ($12.37 \pm 7.67\%$, $N = 209$). The overall clutch size was 3.73 ± 0.92 eggs ($N = 127$) and it decreased marginally over time. The overall nesting success was 70.4% ($N = 209$), with nest failure caused mainly by predation (65%) and flooding (23%). Breeding outcome was significantly and positively related to nest size, with bigger nests conferring better survival to eggs and young probably through affording better protection during spells of adverse weather. However, the benefits of bigger nests may be confounded by the age or intrinsic quality of birds. The location of nests in *P. australis*, rather than other vegetation types, increased nesting success marginally but significantly. Two cases of interspecific mixed clutches involving the Great-crested Grebe were recorded.

Keywords: breeding, mixed clutches, nest-site selection, nest size, North Africa, *Podiceps cristatus*, waterbirds

Introduction

There is a paucity of studies on the life-history strategies of North African waterbirds and of data about their breeding, dispersal and survival, although such data are important for understanding population dynamics and assessing population viability. Yet, these species breeding in an arid environment provide an excellent opportunity to investigate how they select nest sites in the face of extreme weather conditions (e.g. intense sunshine and heat stress, sudden fluctuations of water level, and predation). The breeding season of North African waterbirds is constrained by the seasonality of their habitats, which is driven by an arid climate. The onset of the breeding season generally coincides with the end of the cool and wet season but breeding rarely extends well into the dry and hot season (Samraoui and Samraoui 2007; Samraoui et al. 2012). This period, according to Lack (1968), affords breeding pairs the maximum food availability for chick rearing but there is scant information on how waterbirds at their southern distribution range cope with unpredictable constraints. Although the Great-crested Grebe *Podiceps cristatus* is relatively common and well studied in parts of the species' northern range (Prentt and Jefferies 1969; Simmons 1974; Fuchs 1982; Sarrocco 1986; Renevey 1988, 1989), little is known about its breeding biology in North Africa.

This study aimed (1) to monitor nest-site selection in the Great-crested Grebe and (2) to investigate how breeding success is affected by environmental factors. Considering

the time constraint set by the short and fluctuating hydroperiod of North African wetlands, we also explored whether there were inter-annual and seasonal changes in breeding success.

Materials and methods

North-east Algeria holds a wide range of wetlands, many of them designated as Important Bird Areas (IBAs) and/or Ramsar sites (Samraoui and Samraoui 2008). We conducted this study on the western shore of Lake Tonga, north-east Algeria ($36^{\circ}52' N$, $08^{\circ}31' E$; Figure 1), during four breeding seasons (2009–2012).

Nest searches and inspections were carried out at least twice a week between March and July. Once found, nests were individually marked and contents and characteristics (internal and external diameters, height above water level, vegetation type and its density, which was taken to be the percentage cover, and water depth) of nests were recorded. Dates of laying of the first egg for each clutch were estimated assuming an incubation period of 28 d (Cramp and Simmons 1977).

Eggs were numbered with waterproof ink and measured (length [L] and breadth [B]) with vernier calipers. Egg volume was calculated using Hoyt's formula (1979): $V = 0.000509 * L * B^2$. Nest volume was calculated as $Nvol = 3.14 * nest\ height * (external\ diameter/2)^2$.

Statistical tests were performed using R (R Development Core Team 2014). All means are shown with \pm standard deviation. A generalised linear model with Poisson error distribution was performed to test the influence of environmental variables (water depth, vegetation type, nest volume, vegetation height, vegetation density, laying date and year) on clutch size. Vegetation, a categorical variable, was grouped into three classes: *P. australis*, *S. lacustris* and 'other vegetation'. Mean egg volume was also included to test for potential trade-off between clutch size and egg mass.

A logistic regression was performed to test whether the same environmental variables influenced nest success, a binomially distributed variable (success/failure) with probability π . During standard data exploration, independent variables were first checked for potential collinearity. The goodness of fit was evaluated using the log-likelihood of the data given the estimated parameters. The likelihood ratio test was used to evaluate the effect of adding or removing one or more parameters.

Results

In total, 209 nests were recorded during the study period. Only active nests (containing at least one egg) were considered.

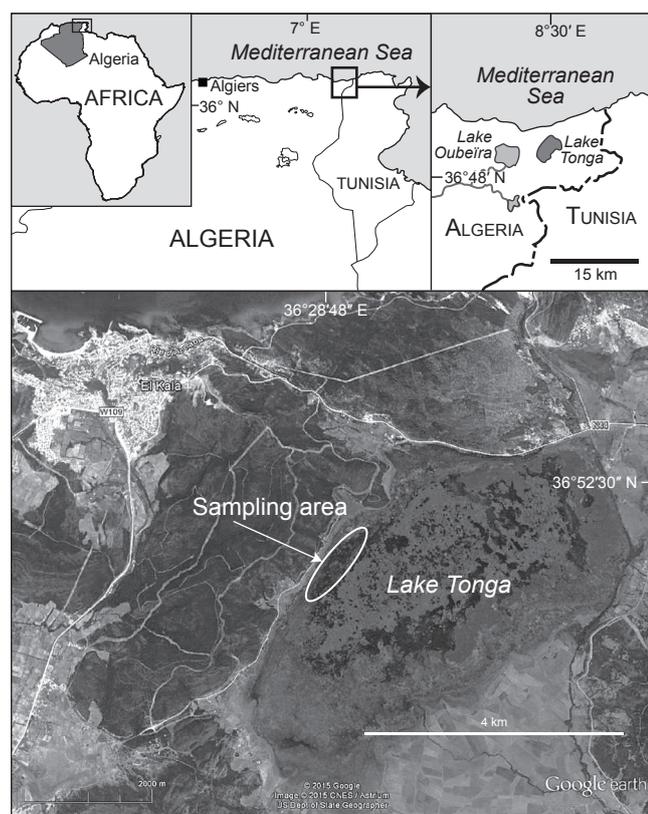


Figure 1: Map of study area with a satellite view of Lake Tonga, north-east Algeria in 2014 (source: Google). The sampling area is indicated

Nest and egg characteristics

The distribution of nests across the vegetation strata indicated that the majority of nests were located far from the lake's shores, over relatively deep water. Nests were mainly associated with stands of *Phragmites australis* (67%). Stands of *Scirpus lacustris* (26%) and other strata such as *Typha angustifolia* and mixed aggregations of plants were less favoured (7%).

Measurements of nests and eggs are summarised in Table 1. The external diameters of nests ranged from 29 to 59 cm and heights of nests from 3.5 to 10.5 cm. There also was substantial variation in the size of eggs, with volumes ranging from 28 to 49 cm³. However, egg volume did not vary between years (one-way ANOVA: $F_{1,207} = 0.10$, $p = 0.76$) and there also was no seasonal trend (linear regression: $F_{1,207} = 0.013$, $p = 0.91$).

Phenology

Over the study period, the onset of egg laying spanned two months, from 28 March to 26 May, with a peak of clutch initiation recorded on 20 April. In all four study years, the pattern of egg laying was bimodal (Figure 2). The mean laying date differed between years with that in 2009 being significantly later than those in the following years (one-way ANOVA: $F_{3,205} = 7.49$, $p < 0.0001$).

Clutch size

Clutches ranged from two to six eggs and modal clutch sizes were four (2009, 2010 and 2012) or three (2011) eggs (Figure 3). Clutch size varied between years with the value of 2011 (3.3) being significantly smaller than those of 2010 (4.0) and 2012 (3.9) (one-way ANOVA: $F_{3,123} = 5.0$, $p < 0.003$). No environmental parameter was found to have an influence on clutch size, with the exception of laying dates which were associated with a marginal seasonal decline of clutch size ($z = -1.77$, $p = 0.08$) (Figure 4). There also was no influence of egg volume on clutch size.

Nest success

Logistic regression indicated that nest volume and the vegetation type (*P. australis*) were the only explanatory variables that had a significant effect (Figure 5, Table 2) on breeding outcome. The overall nesting success was 70%

Table 1: Measurements of nests and eggs ($N = 209$ nests/clutches) of Great-crested Grebes at Lake Tonga, north-east Algeria

Characteristic	Mean \pm SD	Min.	Max.
Nests			
External diameter (cm)	38.0 \pm 5.0	29.0	59.0
Internal diameter (cm)	14.4 \pm 2.4	6.5	27.5
Height (cm)	6.6 \pm 1.3	3.5	10.5
Volume (cm ³)	7 772.8 \pm 3 299.0	3 394.7	23 227.0
Vegetation density (%)	12.4 \pm 7.7	2.0	55.0
Vegetation height (cm)	133.9 \pm 50.5	20.0	240.0
Water depth (cm)	178.3 \pm 43.0	80.0	240.0
Eggs			
Length (mm)	54.6 \pm 2.2	49.8	62.1
Breadth (mm)	36.2 \pm 1.1	33.3	42.0
Volume (cm ³)	36.4 \pm 2.8	28.2	48.7

and it ranged from 62% in 2011 to 78% in 2010 (Figure 6a, Table 3). The major cause of nest failure was predation (65%), which varied between 59% in 2011 and 80% in 2010. Flooding of nests (23%) also was an important contributor to nest failure and it ranged from 0% in 2010 to 33% in 2011.

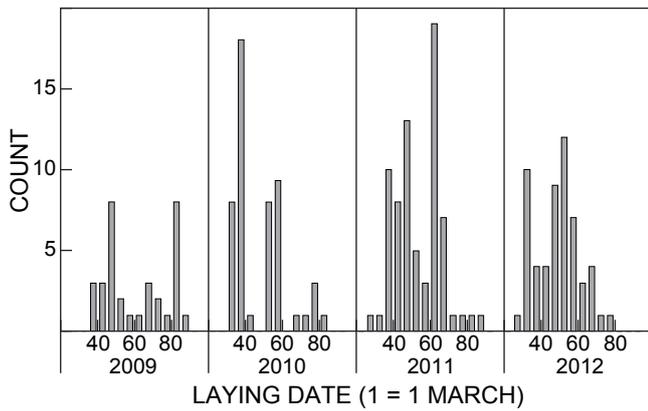


Figure 2: Distribution of egg laying dates (Day 1 = 1 March) of Great-crested Grebes at Lake Tonga, north-east Algeria in 2009–2012

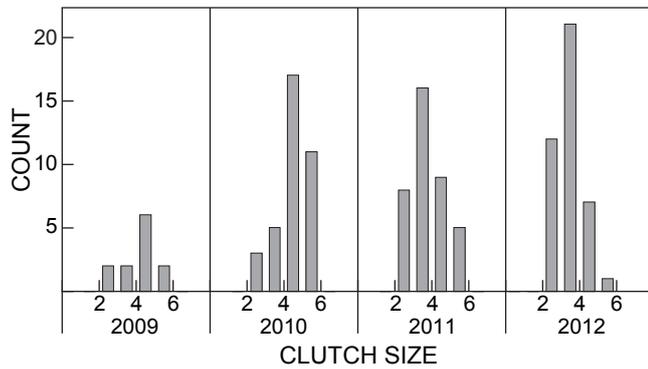


Figure 3: Distributions of clutch sizes of Great-crested Grebe at Lake Tonga, north-east Algeria in 2009–2012

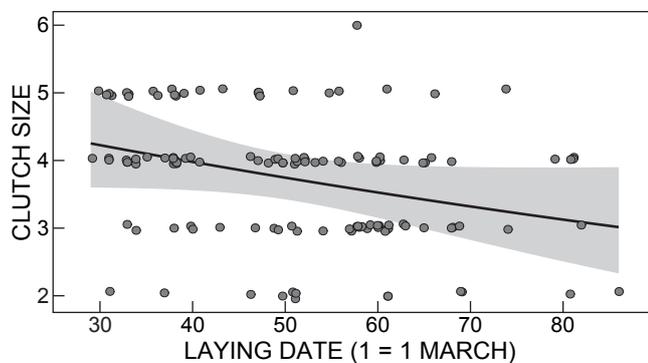


Figure 4: Relationship between clutch size and laying date of the Great-crested Grebes at Lake Tonga, north-east Algeria. The shaded area represents the 95% confidence interval

Mixed clutches

In 2010 a Great-crested Grebe nest containing four eggs was found to harbour one Little Grebe *Tachybaptus ruficollis* egg, and on 27 June 2013 a nest of a Common Coot *Fulica atra* containing a clutch of five eggs was found to hold one Great-crested Grebe's egg (Figure 6b).

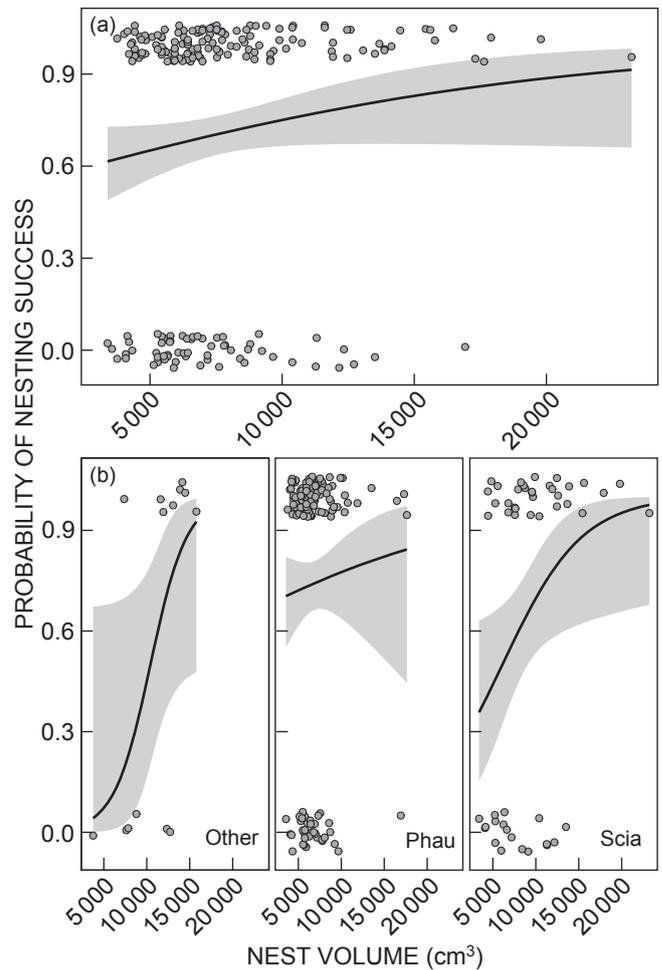


Figure 5: Estimated probabilities of nesting success of Great-crested Grebes at Lake Tonga, north-east Algeria, plotted against nest volume for top all data and bottom nests in different vegetation types. Data points are scattered around their true values (0/1) and made semi-transparent to enhance their visibility. Pha = *Phragmites australis*, Scla = *Scirpus lacustris*, Other = other plant species

Table 2: Parameter estimates for the logistic regression analyses of nesting success of Great-crested Grebes at Lake Tonga, north-east Algeria

Effect	Breeding success		P
	Odds ratio	Confidence limits (2.5%–97.5%)	
Intercept	0.20	0.03–1.12	0.08
Nest volume	1.00	1.00–1.00	0.01
<i>Phragmites australis</i>	4.52	1.23–17.09	0.02
<i>Scirpus lacustris</i>	1.91	0.51–7.10	0.33

A Grebe's nest was located a metre away from the parasitised coot's nest. Unfortunately, the fate of the eggs in both cases could not be monitored.

Discussion

One striking feature of our results is the contrasting egg-laying period between North Africa and Europe. In Britain laying may last six months and extend in some years



Figure 6: Hatchling of a Great-crested Grebe chick (a) and a nest containing five Coot eggs and a Great-crested Grebe egg (b) at Lake Tonga, north-east Algeria

to eight months, with some young being found in winter (Simmons 1974), whereas in all four years the laying period in Algeria ended in May. The bimodal laying curves may reflect replacement clutches as the short laying period is not favourable to second clutches being successful.

Nest site selection and nest characteristics

At Lake Tonga, the Great-crested Grebe nests over deep water with sparse vegetation. Nest location and characteristics can have a strong influence on breeding performance in birds (Lawton and Lawton 1980; Collias and Collias 1984; Rauter et al. 2002; Tomás et al. 2013). Predation (Martin 1993) and flooding (Hake et al. 2005) may be important causes of nest failure. Avian nests are remarkably diverse and, at times, elaborate constructions that provide support, shelter and other fitness benefits to adults and their offspring (Soler et al. 1998a; Hansell 2000; Fargallo et al. 2001). Natural selection has shaped nesting behaviour and nest characteristics as a trade-off between benefits and costs to meet various and often opposing ecological requirements (Slagsvold 1984; Soler et al. 1998b). Life-history theory posits that time and energy devoted to nest building and maintenance could compete in the allocation of an individual's resources (Stearns 1992). Nest features such as size and mass, and nest building have also been linked to parental quality and thus may act as 'honest' signals of reproductive commitment between sexual partners (Palomino et al. 1998; Soler et al. 2001; de Neve and Soler 2002; Antonov 2004; Broggi and Senar 2009). At Lake Tonga, Great-crested Grebes built large nests.

Egg size

Egg size can influence the breeding performance of birds by affecting egg hatchability and survival of young (Moss et al. 1981; Järvinen and Väisänen 1983; Williams 1994). In the Great-crested Grebe, egg size was shown to have fitness consequences with egg volume and egg weight being significantly larger in clutches from successful nests than in unsuccessful ones (Ulenaers and Dhondt 1991). At Lake Tonga, the egg size of Great-crested Grebe did not vary during the breeding season and between years suggesting relatively stable food resources.

Clutch size

In North Africa the Great-crested Grebe lays two to six eggs, as it does in Europe (Simmons 1974). At Lake Tonga, the mean clutch size was relatively small in 2011 (3.29) but otherwise ranged from 3.67 (2009) to 4.00

Table 3: Fates of nests of Great-crested Grebes monitored at Lake Tonga, north-east Algeria, 2009–2012. The sample sizes are shown as well as the percentage of nests that was not monitored. For nests that were successfully monitored, the percentages of successful and failed nests are indicated, as well as the percentages of failed nests that were attributed to various or unknown causes

Year	N	Fate unknown	Successful	Failed	Predated	Flooded	Unknown causes
2009	33	12.1	72.4	27.6	75.0	25.0	0.0
2010	49	4.1	78.7	21.3	80.0	0.0	20.0
2011	71	0.0	62.0	38.0	59.3	33.3	7.4
2012	56	0.0	73.2	26.8	60.0	20.0	0.0
All years	209	2.9	70.4	29.6	65.0	23.3	11.7

(2010). A seasonal decrease in clutch size has been widely recorded (Klomp 1970) and it may be a consequence of dwindling trophic resources late in the season or of younger birds nesting later than older, more experienced ones (Curio 1983; Saether 1990; Wooller and Coulson 1977; Forslund and Pärt 1995). Interestingly, there was no significant relationship between clutch size and nest size as was found in a range of studies (Møller et al. 2014 and references therein), possibly indicating the overriding influence of other factors. The Great-crested Grebe relies on largely unpredictable food resources that display spatial and temporal heterogeneity and, contra to the stable egg size, the variable clutch size may suggest varying food resources. An indication that the species is adapted to fluctuating food resources is the asynchronous hatching of the chicks. This trait is shared by herons, gulls and other fish-eating birds that practice brood reduction where the first-hatched young may outlive their later-hatched siblings when food is scarce. Such important mechanisms that may help the Great-crested Grebe cope with highly dynamic habitats could not be evaluated in this study as chick survival was not monitored.

Nesting success

The overall nesting success was relatively high (70%), varying with the two major contributors to nest failure: predation and flooding. Predation is a major selective factor and the Great-crested Grebe covered eggs, a characteristic behavioural trait to limit predation (Keller 1989). Nest concealment may be an effective mechanism against coots and other avian predators but may afford little or no protection against snakes (mainly the viperine snake *Natrix maura*) and mammalian predators (Clark and Nudds 1991; Angelici et al. 2012). Known mainly for its predation on fish and amphibians (Santos et al. 2000; Metzger et al. 2009), the Viperine Snake has been shown to be a potent cause of nest failure in waterbirds (Samraoui and Samraoui 2007). The avoidance of dense stands of vegetation by the Great-crested Grebe may be a response to lessen snake predation and afford good visibility.

The floating nests of grebes are known to be prone to flooding during periods of inclement weather, a frequent cause of breeding failure (Chabreck 1963; Burger 1974). Our finding that larger nests have a greater probability of achieving a successful outcome at Lake Tonga accords with that of Ulfvens (1988), who found that larger nests of both Great-crested Grebes and Horned Grebes *P. auritus* escaped flooding more often than smaller nests. Grebes nest on floating platforms and bigger nests may grant greater stability against winds and wave action (Fjeldså 2004). Eggs and young in taller nests may also be better protected against fluctuating water levels. However, favourable features of larger nests may be confounded by the owner's age or intrinsic quality (Møller 1990). In the White Stork *Ciconia ciconia*, Vergara et al. (2010) demonstrated conclusively that bigger nests conferred higher breeding success. Because Great-crested Grebe nests are constructed with material found in the vicinity of nesting sites, a possible explanation is that nests built from *P. australis* provide greater rigidity and buoyancy but further investigation is warranted.

Mixed clutches

Coots share similar habitats with Great-crested Grebes and are frequent predators of their eggs (Keller 1989). Coots also are prone to both conspecific (Lyon 1993; Samraoui and Samraoui 2007) and interspecific brood parasitism (Forman 2003). It is not known if a Great-crested Grebe's egg would be accepted and incubated by a coot as host-parasite dynamics have escalated to an evolutionary arms race that in some species of coots involves responses such as egg ejection, egg burying and chick discrimination (Lyon 2003; Samraoui and Samraoui 2007; Shizuka and Lyon 2010). The exploitation of parental care through interspecific brood parasitism is probably an extreme strategy for the Great-crested Grebe, which mainly engages in conventional breeding. One plausible reason for mixed clutches (Amat 1998) is nest pilfering by aggressive coots, which have taken over grebe nests shortly after their construction (Ulenaers and Dhondt 1991), but this does not explain the case where the Great-crested Grebe nest contained a Little Grebe egg.

Conservation

Although the Great-crested Grebe seems to be under no immediate risk in north-east Algeria (Samraoui et al. 2011), both natural and anthropogenic changes are occurring at a fast pace in the region (de Bélair and Samraoui 1994). Human encroachment expressed as increased water extraction, pollution and habitat degradation may lead to rapid changes of abiotic or biotic factors that adversely impact waterbirds and their potential prey (Causarano et al. 2008; Redolfi de Zan et al. 2010; Zacchei et al. 2011). At a neighbouring site, Lake Oubeïra, a shallow-water lake that also is a Ramsar site, the introduction of carps *Cyprinus carpio* in the 1980s led to a rapid and dramatic change in the zooplankton community with cascading effects through the trophic web (Samraoui 2002). The conservation of freshwater ecosystems and their biota in an arid region such as North Africa presents a peculiar challenge. In view of the multiple and pending threats facing North African biodiversity, there is an urgent need to address local conservation issues in a conceptual framework of adaptive management (Salafsky et al. 2002, 2008; Balmford et al. 2009) that may lead to effective actions and useful feedbacks.

Acknowledgements — We are most grateful to RJM Crawford and two anonymous referees for critical comments and helpful suggestions. We thank Mohamed Athamnia, Kahina Bouatta, Ammar Bencheikh and Mohamed Djamaa for their help during fieldwork. The work was supported by the Algerian Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (DGRSDT/MESRS) and the Distinguished Scientist Fellowship Program (DSFP) of King Saud University, Saudi Arabia.

References

- Amat JA. 1998. Mixed clutches in shorebird nests: why are they so uncommon? *Wader Study Group Bulletin* 85: 55–59.
- Angelici C, Marini F, Battisti C, Bertolino S, Capizzi D, Monaco A. 2012. Cumulative impact of rats and coypu on nesting waterbirds: first evidences from a small Mediterranean wetland (Central Italy). *Vie et Milieu* 62: 137–141.

- Antonov A. 2004. Smaller Eastern Olivaceous Warbler *Hippolais pallida elaeica* nests suffer less predation than larger ones. *Acta Ornithologica* 39: 87–92.
- Balmford A, Carey P, Kapos V, Manica A, Rodrigues SL, Scharlemann JPW, Green RE. 2009. Capturing the many dimensions of threat – a comment on Salafsky et al. *Conservation Biology* 23: 482–487.
- Broggi J, Senar JC. 2009. Brighter Great Tit parents build bigger nests. *Ibis* 155: 588–591.
- Burger J. 1974. Determinants of colony and nest-site selection in the Silver Grebe (*Podiceps occipitalis*) and Rolland's Grebe (*Rollandia rolland*). *Condor* 76: 301–306.
- Causarano F, Battisti C, Sorace A. 2008. Effect of winter water stress on the breeding bird assemblage of a remnant wetland in central Italy. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 64: 61–72.
- Chabreck RH. 1963. Breeding habits of the Pied-billed Grebe in an impounded coastal marsh in Louisiana. *Auk* 80: 447–452.
- Clark RG, Nudds TD. 1991. Habitat patch size and duck nesting success: the crucial experiments have not been performed. *Wildlife Society Bulletin* 19: 534–543.
- Collias NE, Collias EC. 1984. *Nest building and bird behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Cramp S, Simmons KEL. 1977. *The birds of the western Palearctic*, vol. 1. Oxford: Oxford University Press.
- Curio E. 1983. Why do young birds not reproduce well? *Ibis* 125: 400–404.
- de Bélair G, Samraoui B. 1994. Death of a lake: Lac Noir in northeastern Algeria. *Environmental Conservation* 21: 169–172.
- de Neve L, Soler JJ. 2002. Nest-building activity and laying date influence female reproductive investment in magpies: an experimental study. *Animal Behaviour* 63: 975–980.
- Fargallo JA, de León A, Potti J. 2001. Nest-maintenance effort and health status in Chinstrap Penguins, *Pygoscelis antarctica*: the functional significance of stone-provisioning behavior. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 50: 141–150.
- Fjeldså J. 2004. *The grebes*. Oxford: Oxford University Press.
- Forman DW. 2003. Moorhen interspecific brood parasitism. *British Birds* 96: 43–44.
- Forslund P, Pärt T. 1995. Age and reproduction in birds: hypotheses and tests. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 374–378.
- Fuchs E. 1982. Bestand, Zugverhalten, Bruterfolg und Mortalität des Haubentauchers *Podiceps cristatus* auf dem Sempachersee. *Der Ornithologische Beobachter* 79: 255–264 [in German].
- Hake M, Dahlgren T, Ahlund M, Lindberg P, Eriksson MOG. 2005. The impact of water level fluctuation on the breeding success of the Black-throated Diver *Gavia arctica* in South-west Sweden. *Ornis Fennica* 82: 1–12.
- Hansell M. 2000. *Bird nest and constructive behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoyt DF. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk* 96: 73–77.
- Järvinen A, Väisänen RA. 1983. Egg size and related reproductive traits in a southern passerine *Ficedula hypoleuca* breeding in an extreme northern environment. *Ornis Scandinavica* 14: 253–262.
- Keller V. 1989. Egg-covering behavior by Great Crested Grebes *Podiceps cristatus*. *Ornis Scandinavica* 20: 129–131.
- Klomp H. 1970. The determination of clutch-size in birds: a review. *Ardea* 58: 1–124.
- Lack D. 1968. *Ecological adaptations for breeding in birds*. London: Methuen.
- Lawton MF, Lawton RO. 1980. Nest-site selection in the Brown Jay. *Auk* 97: 631–633.
- Lyon BE. 1993. Conspecific brood parasitism as a flexible female reproductive tactic in American Coots. *Animal Behaviour* 46: 911–928.
- Lyon BE. 2003. Egg recognition and counting reduce costs of avian conspecific brood parasitism. *Nature* 422: 495–499.
- Martin TE. 1993. Nest predation and nest sites. *BioScience* 43: 523–532.
- Metzger C, Ursenbacher S, Christe P. 2009. Testing the competitive exclusion principle using various niche parameters in a native (*Natrix maura*) and an introduced (*N. tessellata*) colubrid. *Amphibia-Reptilia* 30: 523–531.
- Møller AP. 1990. Nest predation selects for small nest size in the Blackbird. *Oikos* 57: 237–240.
- Møller AP, Adriaensen F, Artemyev A, Bañbura J, Barba E, Biard C, Blondel J, Bouslama Z, Bouvier J-C, Camprodon J et al. 2014. Variation in clutch size in relation to nest size in birds. *Ecology and Evolution* 4: 3583–3595.
- Moss R, Watson A, Rothert P, Glennie WW. 1981. Clutch size, egg size, hatch weight and laying date in relation to early mortality in Red Grouse *Lagopus lagopus scoticus* chicks. *Ibis* 123: 450–462.
- Palomino JJ, Martin-Vivaldi M, Soler JJ. 1998. Functional significance of nest-size variation in the Rufous Bush Robin *Cercotrichas galactotes*. *Ardea* 86: 177–185.
- Prestt I, Jefferies DJ. 1969. Winter numbers, breeding success, and organochlorine residues in the Great Crested Grebe in Britain. *Bird Study* 16: 168–185.
- R Development Core Team 2014. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at <http://www.R-project.org>.
- Rauter CM, Reyer H-U, Bollmann K. 2002. Selection through predation, snowfall and microclimate on nest-site preferences in the Water Pipit *Anthus spinoletta*. *Ibis* 144: 433–444.
- Redolfi de Zan L, Battisti C, Carpaneto GM. 2010. Effect of spring water stress induced by fishery farming on two duck species *Anas platyrhynchos* L. and *Anas crecca* L. in a Mediterranean wetland. *Polish Journal of Ecology* 58: 599–604.
- Renevey B. 1988. Ecologie de la reproduction du Grèbe huppé, *Podiceps cristatus*, sur la rive sud-est du lac de Neuchâtel: 1^{er} partie: la nidification. *Alauda* 56 : 330–349 [in French].
- Renevey B. 1989. Ecologie de la reproduction du Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, sur la rive sud-est du lac Neuchâtel. 2^e partie: l'élevage des jeunes. *Alauda* 57: 92–107 [in French].
- Saether B-E. 1990. Age-specific variation in reproductive performance of birds. *Current Ornithology* 7: 251–283.
- Salafsky N, Margolius R, Redford KH, Robinson JG. 2002. Improving the practice of conservation: a conceptual framework and research agenda for conservation science. *Conservation Biology* 16: 1469–1479.
- Salafsky N, Salzer N, Stattersfield AJ, Hilton-Taylor C, Neugarten R, Butchart SHM, Collen B, Cox N, Master LL, O'Connor S, Wilkie D. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classification of threats and actions. *Conservation Biology* 22: 897–911.
- Samraoui B. 2002. Branchiopoda (Ctenopoda and Anomopoda) and Copepoda from eastern Numidia, Algeria. *Hydrobiologia* 470: 173–179.
- Samraoui B, Samraoui F. 2008. An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71–98.
- Samraoui F, Samraoui B. 2007. The reproductive ecology of the Common Coot (*Fulica atra*) in the Hauts Plateaux, northeast Algeria. *Waterbirds* 30: 133–139.
- Samraoui F, Alfathan AH, Al-Rasheid KAS, Samraoui B. 2011. An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: indicators of global changes? *Ardeola* 58: 137–163.
- Samraoui F, Nedjah R, Bouchecker A, Alfathan AH, Samraoui B. 2012. Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study* 59: 496–503.
- Santos X, González-Solís J, Llorente GA. 2000. Variation in the diet of the viperine snake *Natrix maura* in relation to prey availability. *Ecography* 23: 185–192.

- Sarrocchio S. 1986. Alcuni dati sulla biologia riproduttiva dello svasso maggiore, *Podiceps cristatus*, in due bacini dell'Italia central, Laghi reatini (Rieti). *Rivista Italiana di Ornitologia* 56: 197–202 [in Italian].
- Shizuka D, Lyon BE. 2010. Coots use hatch order to learn to recognize and reject conspecific brood parasitic chicks. *Nature* 463: 223–226.
- Simmons KEL. 1974. Adaptations in the reproductive biology of the Great Crested Grebe. *British Birds* 67: 413–437.
- Slagsvold T. 1984. Clutch size variation in birds in relation to nest predation: on the cost of reproduction. *Journal of Animal Ecology* 53: 945–953.
- Soler JJ, Cuervo JJ, Møller AP, de Lope F. 1998a. Nest building is a sexually selected behaviour in the Barn Swallow. *Animal Behaviour* 56: 1435–1442.
- Soler JJ, Møller AP, Soler M. 1998b. Nest building, sexual selection and parental investment. *Evolutionary Ecology* 12: 427–441.
- Soler JJ, de Neve L, Martínez JG, Soler, M. 2001. Nest size affects clutch size and the start of incubation in magpies: an experimental study. *Behavioural Ecology* 12: 301–307.
- Stearns SC. 1992. *The evolution of life histories*. Oxford University Press, Oxford.
- Tomás G, Merino S, Martínez-de la Puente J, Moreno J, Morales J, Rivero-de-Aguilar J. 2013. Nest size and aromatic plants in the nest as sexually selected female traits in Blue Tits. *Behavioural Ecology* 24: 926–934.
- Ulenaers P, Dhondt AA. 1991. Phenology, habitat choice and reproduction of the Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* L., on a fish-farm. *Ardea* 79: 395–408.
- Ulfvén J. 1988. Nest characteristics and nest survival in the Horned Grebe *Podiceps auritus* and Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* in a Finnish archipelago. *Annales Zoologici Fennici* 25: 293–298.
- Vergara P, Gordo O, Aguirre JI. 2010. Nest size, nest building behavior and breeding success in a species with nest reuse: the White Stork *Ciconia ciconia*. *Annales Zoologici Fennici* 47: 184–194.
- Wooller RD, Coulson JC. 1977. Factors affecting the age of first breeding of the Kittiwake *Rissa tridactyla*. *Ibis* 119: 339–349.
- Williams TD. 1994. Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: effects on offspring fitness. *Biological Reviews* 68: 35–59.
- Zacchei D, Battisti C, Carpaneto GM. 2011. Contrasting effects of water stress on wetland-obligated birds in a semi-natural Mediterranean wetland. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 16: 281–286.