

## Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
1	Position taxonomique des foulques	6
2	Les différentes espaces de foulque	6
3	Les parcs nationaux de l'Algérie	12
4	Aires marines protégées en Algérie	13
5	Liste des zones humides de l'Algérie d'importance internationale de Ramsar	14
6	Modèle de fiche de relevés d'activités de la Foulque macroule	25
7	Dates de ponte et le nombre de nids suivis de la foulque macroule au lac Tonga pendant la période d'étude (2008,2009 et 2010)	32
8	Caractéristiques des nids dans le Lac Tonga (comparaison des résultats à un intervalle de dix ans)	33
9	La grandeur de ponte pendant les années ; 1997, 2008,2009 et 2010	42
10	Caractéristiques des œufs	43

## Liste des figures

N°	Intitulé	Page
1	Une foulque macroule adulte	4
2	Les poussins d'une foulque macroule	5
3	Une foulque macroule-juvenile -	5
4	Distribution de la foulque macroule dans le monde	5
5	Un nid de foulque dans le scirpe lacustre	7
6	Poussin avec un œuf de foulque qui n'est pas encore éclos (poussins nidifuges)	8
7	Répartition des parcs nationaux en Algérie	12
8	Limites administratives du parc national d'El Kala	17
9	Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen de la région d'étude (2006-1997)	19
10	Situation géographique du parc national d'El Kala	20
11	Photo satellite du lac Tonga	21
12	Evolution des effectifs de la foulque macroule dans le Lac Tonga dans les années 2010, et 2011	28
13	Bilans des rythmes d'activités diurnes de la Foulque macroule <i>Fulica atra</i>	29
14	Mode d'alimentation des Foulques macroules <i>Fulica atra</i>	30
15	Un nid de foulque construit de scirpe et de <i>Typha</i> et matelassé de fragments de <i>Myriophyllumet</i> , de feuilles de <i>Typha</i> et de <i>Phragmites</i>	31
16	Relation entre le diamètre extérieur des nids et la profondeur	34
17	Relation entre le diamètre intérieur des nids et la profondeur	34
18	Relation entre la hauteur des nids et la profondeur	35
19	Relation entre le diamètre extérieur des nids et le type de végétation	36
20	Relation entre le diamètre intérieur des nids et le type de végétation	36
21	Relation entre la hauteur des nids et le type de végétation	37
22	Un nid de foulque dans un îlot de scirpe à forte densité	37
23	Un nid de foulque dans un îlot de scirpe à faible densité	38

N°	Intitulé	Page
24	Distribution des fréquences de la grandeur de ponte de la foulque au lac Tonga (2008, 2009, 2010)	40
25	Nombre d'œufs pondus par période de ponte. (2008, 2009 et 2010)	44
26	Nombre d'œufs pondus par mois (2008-2009-2010)	44
27	Distribution temporelle des nids durant la saison de reproduction. (2008, 2009 et 2010)	45
28	Nombre de nids par mois (2008-2009-2010)	46
29	Distribution totale des nids en fonction du type de la végétation (2008, 2009 et 2010)	47
30 (a)	Répartition totale des nids par rapport à la végétation (2008, 2009 et 2010)	48
30 (b)	Répartition totale des nids par rapport à la végétation (2008, 2009 et 2010)	48
30 (c)	Répartition totale des nids par rapport à la végétation (2008, 2009 et 2010)	48
31	Ilot d' <i>Iris pseudocarpus</i> (un lieu de nidification pour la foulque macroule)	49
32	Ilot de <i>Typha angustifolia</i> (lieu essentiel de nidification pour la foulque macroule)	49
33	Ilots de nenuphar blanc : <i>Nymphaea alba</i> (source de nourriture pour la foulque)	50
34	Ilot de phragmite : <i>Phragmites australis</i> (lieu de nidification pour la foulque)	50
35	<i>Potamogeton trichoides</i> en partie émergé (source de nourriture et utilisé pour la construction des nids de la foulque)	51
36	A droite un îlot de scirpe et au centre le sparganier au début de son développement. (Lieux de nidification pour la foulque)	51
37	Sparganier <i>Sparganium neglectum</i> (bien développé) (un lieu de nidification pour la foulque)	52
38	<i>Ceratophyllum demersum</i> : (source de nourriture et utilisé pour la construction des nids de la foulque)	52
39	<i>Myriophyllum spicatum</i> : source de nourriture et utilisé pour la construction des nids de la foulque)	52
40	Distribution des nids suivant la végétation pendant la première période de la reproduction.	53
41	Distribution des nids suivant la végétation pendant la deuxième période de la reproduction.	54
42	Distribution des nids suivant la végétation pendant la troisième période de la reproduction.	55
43	l'évolution du taux d'éclosion au cours de la saison de la reproduction. (2008, 2009 et 2010)	56

N°	Intitulé	Page
44	l'éclosion du premier œuf d'un nid de foulque	56
45	Le nombre total des nids où il a été enregistré des éclosions selon le type de végétation	58
46	Taux d'éclosion des nids selon le type de végétation	59
47	Taux d'éclosion des nids selon le type de végétation.	61
48	Sort total des œufs (exprimé en%)	61
49	Sort total des nids	61
50	Sort total des œufs	61
51 ( a-)	Couleuvre vipérine en train de se réchauffer au soleil	62
51 ( b-)	Couleuvre vipérine (femelle) en train de se réchauffer au soleil	62
52	Une couleuvre vipérine dans un nid de foulque	63
53	Une foulque adulte prédatée par un rapace	64
54	L'évolution du nombre de nids prédatés au cours de la saison de reproduction.	64
55	Pêcheurs d'anguilles, dans le la Tonga, en train d'installer leurs filets de pêche	65
56	Un nid de foulque macroule parasité par un œuf d'une poule sultane	67

### Liste des abréviations

PNEK : Parc national d'El Kala

ha : Hectare

I'UICN : L'Union internationale pour la Conservation de la Nature

I'UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

« United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-

LBEE : Laboratoire Biologie, Eau et Environnement de l'Université 8 Mai 1945 de Guelma

## Sommaire

<b>Introduction .....</b>	1
<b>Chapitre I : Description de l'espèce.....</b>	4
1- Description morphologique.....	4
2- Systématique de la foulque macroule .....	6
3- Distribution écologique des espèces.....	7
4- Nidification.....	8
5- L'élevage des poussins.....	9
6- Régime alimentaire.....	10
7- Habitat.....	10
8- Prédateurs.....	10
<b>Chapitre II : Présentation de la zone d'étude .....</b>	11
1. Les airs protégés en Algérie.....	11
1-1. Les parcs nationaux de l'Algérie.....	11
1-2. Les aires marines et côtières protégées en Algérie : .....	13
1-3. Les zones humides protégées « sites Ramsar » .....	13
2. Le parc national d'El-kala.....	16
3. La réserve intégrale du Lac Tonga.....	17
4. Caractéristiques écologiques et climatiques.....	17
4-1- Climat.....	17
4-1-1-Température.....	18
4-1-2- Humidité de l'air.....	18
4-1-3-Les vents.....	18
4-1-4- La pluviosité.....	18
4-2- Flore et faune.....	19
<b>Chapitre III Matériel et méthodes .....</b>	20
1- Présentation du site d'étude : Le Lac Tonga.....	20
2- Matériel .....	21
3- Méthodes .....	22
3-1- Echantillonnage.....	22
3-2- Fréquences des visites .....	22
3-3- Suivi de la dynamique de population.....	23
3-3-1. Dénombrements de la population de la Foulque macroule.....	23
3-3-2. Rythmes d'activités.....	23
3-3-2-1. Méthode <i>FOCUS</i> .....	23
3-3-2-2. Méthode <i>SCAN</i> .....	24
3-4- Etude de l'écologie de la reproduction .....	25
3-4-1- Notations et mesures effectuées sur la végétation .....	25
3-4-2- Notations et mesures effectuées sur les nids.....	25
3-4-2-1- Localisation des nids .....	25
3-4-2-2- La profondeur de l'eau.....	26
3-4-2-3- Caractéristiques des nids.....	26
3-4-3- Caractéristiques des œufs.....	26
3-4-3-1- Poids des œufs.....	26
3-4-3-2- Volume des œufs.....	26

3-4-3-3- Nombre et devenir des œufs.....	26
3-4-3-3-1- Nombre total des œufs par semaine.....	26
3-4-3-3-2- Calculs de la grandeur de ponte.....	26
3-4-3-3-3- Sort des nids .....	26
 3-5 Analyses de données .....	 27
 <b>Chapitre IV : Résultats et discussion .....</b>	 28
1- Suivi de la dynamique des populations.....	28
2- Ecologie de la reproduction de la foulque.....	31
2-1 Caractéristiques des nids.....	31
2-1-1- Morphologie et installation des nids.....	31
2-1-2- Dimensions des nids.....	32
 2-2- Caractéristiques des œufs. ....	 38
2-2-1- La grandeur de ponte.....	38
2-2-2- Dimensions des œufs.....	42
 2-3- Le succès de la reproduction.....	 43
2-3-1- Nombre d'œufs par période de ponte.....	43
2-3-2- La distribution temporelle des nids durant la saison de la reproduction	45
2-3-3- La distribution des nids en fonction du type de la végétation.....	46
2-3-3-1. La distribution totale des nids en fonction du type de végétation....	47
2-3-3-2. La distribution temporelle des nids par rapport à la végétation.....	49
2-3-3-2.1. La première période .....	52
2-3-3-2.2. La deuxième période.....	54
2-3-3-2.3. La troisième période.....	55
 2-4- Sort des nids.....	 56
2-4-1- Taux d'éclosion.....	56
2-4-2- Les facteurs influençant la réussite de la reproduction.....	57
2-4-2-1. Le type de végétation.....	57
2-4-2-2. La concentration de la végétation.....	59
2-4-2-3. la profondeur de l'eau.....	59
2-4-3- Les principales causes de l'échec de la reproduction.....	60
2-4-3-1. La prédatation.....	61
2-4-3-2. La disparition des nids et des œufs.....	65
2-4-3-3. le ramassage des œufs.....	66
2-4-3-4. Les nids et les œufs abandonnés.....	66
 2-5- Le parasitisme de couvée.....	 66
 <b>Conclusions.....</b>	 68
<b>Références bibliographiques.....</b>	72
<b>Sites internet.....</b>	79
<b>Résumé.....</b>	80
<b>الملخص.....</b>	81
<b>Summary.....</b>	82

## INTRODUCTION

Les zones humides ; marécages, lacs et cours d'eau, estuaire, salines et deltas, chotts, guelta, garât ou dayet, et oueds..., constituent les écosystèmes qui contribuent le plus à la conservation de la biodiversité de la planète, ils présentent les milieux les plus productifs au monde, elles sont caractérisées par une forte productivité biologique qui est à l'origine d'une importante production agricole traditionnelle (pâturage, élevage, rizières, exploitation forestière, roseaux...), piscicole (pêches, piscicultures)... leur importance repose aussi sur leur rôle dans la régulation des ressources en eau, au niveau de la recharge de la nappe phréatique, et la protection contre les inondations, leur fonctionnement hydrodynamique offre une très forte sensibilité au changement du milieu, ce qui fait des zones humides de bons indicateurs des changements climatiques (ALIBOU, 2002), de plus leurs valeurs éducatives et culturelles sont considérables, elles sont aussi les milieux les plus menacés de la planète, ces écosystèmes sont très sensibles et leur dégradation est irréversible, de nombreuses espèces végétales et animales y sont inféodées, la déperdition de ses ressources peut être la conséquence de la disparition de plusieurs espèces animales et végétales qu'elle abrite.

L'Algérie est considérée comme le pays Nord-Africain le mieux pourvue en eaux continentales, compte tenu de la grande variabilité topographique et climatique, ces écosystèmes offrent des habitats écologiques variés, favorisant une grande biodiversité. Une étude du cadastre des zones humides a été lancé en 2009 et a permis d'actualiser le recensement de 1700 zones humides dont 526 sont géo-référenciées et cartographiées sous système d'informations géographiques ; 280 zones humides d'origine naturelle et 246 zones humides d'origine anthropique, jusqu'à 2011, l'Algérie compte 50 sites Ramsar d'importance internationale, et 10 autres sont inscrits, prévues pour la prochaine période triennale (2012-2015), [1].

La réserve intégrale du lac Tonga sans doute est le site le plus important des zones humides algériennes et en méditerranée, il abrite une diversité biologique très importante, site d'hivernage pour plus de 25.000 Anatidés et Foulques, et d'autres espèces aviaires en voie de disparition ou vulnérables, avec une flore remarquable le lac compte quatre-vingt-deux espèces végétales qui appartiennent à 31 familles botaniques (KADID, 1989), et plusieurs espèces de reptiles et d'amphibiens (ROUAG, *et al.* 1999). Cependant, le lac a vu depuis la période coloniale des perturbations intenses où il a subi plusieurs tentatives d'assèchement (BOUMEZBEUR, 2004) dès sont inscription comme un site d'importance internationale en

2003, il a attiré l'attention des gestionnaires du secteur de l'environnement après avoir été classé en 1993 sur le registre de Montreux de la convention Ramsar des sites dont les caractéristiques écologiques sont en train d'être modifiées, pour ce là il a été considéré comme une zone humide prioritaire à laquelle des travaux de restauration environnemental, social et économique ont été réalisés, enfin le site a été retiré du registre de Montreux en 2009.

Les oiseaux d'eau constituent la composante biotique la plus importante des milieux humides. Ce sont des espèces inféodées à ce type de biotope, qui jouent un rôle fonctionnel clés dans de nombreux écosystèmes aquatiques, que ça soit en tant de prédateurs, herbivores et vecteurs de semences. Depuis longtemps ces oiseaux du fait de leur abondance, leur comportement social, leur beauté ou tout simplement considérés comme gibiers ont attiré l'attention des scientifiques et du public qui confirment la valeur récréative, écologiques et économiques des milieux qu'ils fréquentent.

Les oiseaux d'eau sont considérés actuellement comme des excellents bio-indicateurs de la valeur et de la bonne santé des écosystèmes aquatiques par leur richesse en espèces et en abondance ils reflètent la qualité des zones humides. Les dosages des composés organochlorés (ALLEVA, 2006) et des métaux lourds (ZHANG et MA, 2011, GOODALE *et al.* 2008) dans le tissu des oiseaux contribue à la connaissance de l'usage excessif de ces toxiques et pesticides au niveau des zones humides. En outre, les oiseaux peuvent maintenir la diversité des autres organismes et peuvent être des bio-indicateurs efficaces des conditions écologiques des milieux en agissant comme des sentinelles des maladies potentielles (GREEN et ELMBERG, 2014)

La foulque macroule *fulica atra* (Rallidés) est un oiseau d'eau cosmopolite, présente pratiquement dans toutes les zones climatiques à l'exception du cercle polaire, elle est abondante dans toute l'Europe, Asie, nord et ouest de l'Afrique et en Australie (BOLOGNA, 1980) au niveau du Moyen-Orient (DARWICHE, 2008). Elle est commune dans la Sibérie occidentale (ROBERT, 1803), et sa reproduction peut être rapportée jusqu'à 2500 m dans les plans d'eau de l'Himalaya (ALI et RIPLEY, 1978 *in* ISHWARI, 2011). Ainsi par son statut écologique, cette espèce peut-être un excellent bio-indicateur de toute perturbation écologique reposant surtout sur les éléments relatifs à la reproduction de cette espèce et son expansion.

De ce fait, l'étude des caractéristiques de la niche écologique, déterminer et connaître les prédateurs naturels de cette espèce et les paramètres de reproduction, notamment la taille

de ponte et des œufs, nous fournissent des données précieuses pour évaluer la bonne santé d'un écosystème aquatique.

Le but de notre travail est évalué la situation actuelle de l'écologie de la foulque macroule, dans un site-modèle avec ses caractéristiques écologiques remarquables, les résultats dont nous nous attendons peuvent servir de « normes » sur lesquelles on peut évaluer l'état d'un autre site. Nous voulons aussi actualiser l'état de la population nicheuse étudiée depuis une décennie.

Entre autres nous voulons savoir la stratégie de reproduction de la foulque macroule dans le Lac Tonga, et de connaitre tous les paramètres qui influent sur cette reproduction, nous voulons collecter toutes les données essentielles favorables ainsi que les paramètres qui entravent la reproduction en gênant la croissance naturelle de la population de la foulque. Connaitre ces paramètres est un facteur essentiel pour la mise en place d'un programme de préservation de cette espèce.

Notre démarche est structurée en deux volets :

Le premier relate des données et des généralités sur les zones humides notamment le Lac Tonga (hydrologie, géomorphologie, climatologie, cadres biotiques : faune et flore...) et sur la Foulque macroule (taxonomie, description, distribution mondiale, écologie, reproduction..).

Le deuxième expose la méthodologie adoptée pour la réalisation pratique de ce travail, soient les mensurations des nids et des œufs et la détermination de quelques paramètres liés à l'écologie et la biologie de la reproduction tel le support utilisé pour la nidification, la grandeur de ponte et succès de reproduction.

## **Chapitre I : Biologie de la foulque macroule**

### **1- Description morphologique**

Le nom de la Foulque *Fulica* a pour origine *phalaris* du grec et *fulica* du latin qui signifie oiseau de mer. Le terme *Folaga*, et l'espagnol *Focha* signifie plonger en allant au fond (CABAR ET CHAUDET, 2003, DESFAYES, 2000), selon COLOMINA, (2009) la foulque viens du provençal *FOLCA*, et *atra* sombre ou noir (DEJONGHE, 1983), et foulque macroule ou foulque morelle veut dire la grande foulque (DE SEVES, 1817, LESSON, 1831).

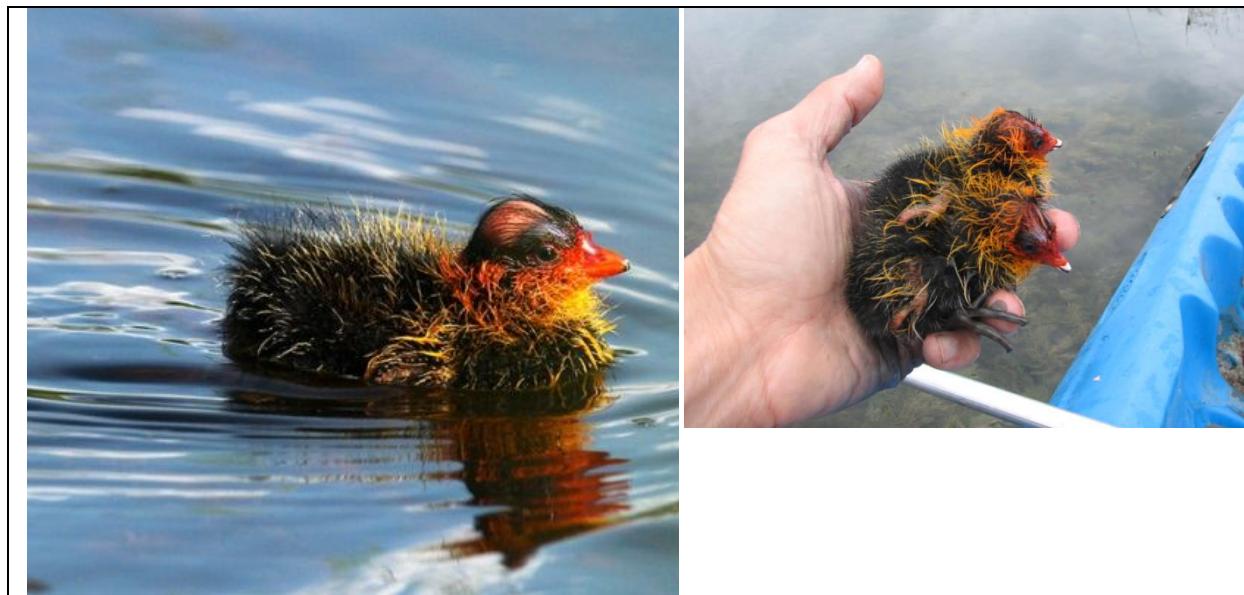
La Foulque macroule *Fulica atra* est un oiseau de forme arrondie, avec une envergure de 70 à 80 cm, de 36 à 39 cm de longueur, son poids allant de 575 à 800g, le mâle légèrement pesant que la femelle, cependant il n'existe pas de dimorphisme sexuel, hors de l'eau, on remarque les pattes puissantes, gris pâle à vert jaunâtre, dont les longs doigts portent une membrane lobée, la longévité de la foulque macroule peut atteindre les 18 ans, le plumage est entièrement noir rehaussé par un bec et un écurosson frontal blanc pur d'où elle doit son nom arabe « *Elghorr* » (Fig. 1). Les pattes sont jaunes verdâtres avec de longs doigts gris. Très bruyants, les mâles poussent un cri sourd « tsk » ou « tp » qui rappelle le son d'un bouchon ; les femelles émettent souvent un aboiement répété « keuw ». (VANSTEENWEGEN, 1998), (HUME, *et al.*, 2005), [2].



**Figure (1) :** une foulque macroule adulte [3]

Le poussin est noir avec des duvets jaunes clairsemés autour de la tête, la calotte est rougeâtre et nue, le bec et la minuscule plaque frontale sont rouges, les yeux sont noisette ou

gris-brun. (fig. 2), les poussins nidifuges (aptes à quitter le nid une fois l'œuf éclos, Ils sont capables de se nourrir seul) ils quittent le nid, sachant déjà nager, ils suivent leur parents à la recherche de la nourriture (DUPERA, 2008).



**Figure (2) : les poussins d'une foulque macroule (photo personnelle)**

Les juvénile ont le corps gris-noirâtre sur le dessus, le devant du cou et le haut de la poitrine sont blancs, ils sont plus clair et plus terne que les adultes (fig.3).



**Figure (3) : une foulque macroule-juvenile - [3]**

## 2- Systématique de la foulque macroule

La foulque macroule (Tab.1) appartient à l'ordre des Galliformes (ou Gruiformes) qui comprend, outre les *rallidés*, 05 autres familles (*Aramidae*, *Gruidae*, *Psophiidae*, *Heliornithidae*, *Sarothruridae*) cette famille comprend des espèces terrestres et aquatiques, elles fréquentent une grande variété de milieux avec une préférence pour les zones humides continentales, les régions herbeuses et les broussailles denses à l'exception des régions polaires et des déserts arides.

**Tableau 1** : Position taxonomique des foulques (SVENSSON et al., 2012)

Règne	<i>Animalia</i>
Phylum	<i>Chordata</i>
Subphylum	<i>Vertebrata</i>
Classe	<i>Aves</i>
Ordre	Galliformes / Gruiformes**
Sous ordre	Gallinules
Famille	Rallidea / Rallidés *
Genre	<u><i>Fulica</i></u> (F. atra Linné, 1758)

\* : (BEAMAN et MADGE, 2003)

\*\* Système d'Information Taxonomique Intégré ; Amérique du Nord [4]

La famille des rallidés comprend, outre les ralles les gallinules et les foulques, une centaine de genre qui fréquentent les zones humides et marécageuses, il existe une douzaine d'espèces de foulques (Tab. 2) réparties dans plusieurs régions du monde. Les plus communes sont : *Fulica atra* abondante en Europe, Asie et Afrique du nord dite foulque macroule (*Eurasian coot*), *Fulica cristata* très rare au sud de l'Espagne et au Maroc et la Foulque américaine *Fulica americana* observée à l'Est et le Sud d'Amérique [5]

**Tableau (2)** : les différentes espèces de foulque [6], [8], [4]

Espèce & sous espèces	Nom courant
<i>Fulica cristata</i> (GMELIN, 1789)	Foulque à crête (F. caronculé)
<i>Fulica atra atra</i> (LINNE, 1758)	Foulque macroule
<i>Fulica atra australis</i> (GOULD, 1845)	« Eurasian coot »
<i>Fulica atra lugubris</i> (MULLER, 1847)	
<i>Fulica alai</i> (PEALE, 1848)	Foulque des Hawaï
<i>Fulica americana americana</i> (GMELIN, 1789)	Foulque d'Amérique
<i>Fulica americana columbiana</i> (CHAPMAN, 1914)	
<i>Fulica americana peruviana</i> (MORRISON, 1939)	
<i>Fulica caribaea</i> (RIDGWAY, 1884)	Foulque à cachet blanc
<i>Fulica leucoptera</i> (VIEILLOT, 1817)	Foulque leucoptère

## Suite au Tableau (2)

<i>Fulica ardesiaca ardesiaca</i> (TSCHUDI, 1843)	Foulque ardoisée
<i>Fulica ardesiaca atrura</i> (FJELDSA, 1983)	
<i>Fulica armillata</i> (VIEILLOT, 1817)	Foulque à jarretières
<i>Fulica rufifrons</i> (PHILIPPI & LANDBECK, 1861)	Foulque à front rouge
<i>Fulica gigantea</i> (EYDOUX & SOULEYET, 1841)	Foulque géante
<i>Fulica cornuta</i> (BONAPARTE, 1853)	Foulque cornue
<i>Fulica newtoni</i> (CHEKE 1987) et (COWLES, 1987)	Foulque des Mascareignes

### 3- Distribution écologique des espèces

La foulque macroule est une espèce cosmopolite autrement dit sa répartition géographique est très étendu. Elle présente une grande adaptabilité aux différentes conditions des milieux (Fig. 4). Ainsi, à l'exception des régions polaires et des déserts arides, quoiqu'elle est présente dans les zones humides du Sahara algérien, (LEDANT *et al.*, 1981, ISENMAN et MOALI, 2000). Elle est sédentaire nicheuse ou hivernante, abondante en Europe, Asie et en Afrique du nord, et rare dans les autres régions du monde, où elle est remplacée par d'autres espèces du même genre, telle la foulque américaine et la foulque à crête [6, 7].



**Figure (4) : Distribution de la foulque macroule dans le monde [7]**

En Algérie la Foulque macroule est une espèce commune (METZMACHER, 1979, HOUHAMDI *et al.*, 2009, METALLAOUI *et al.*, 2009, METALLAOUI et HOUHAMDI, 2010, SEDDIK, 2010). Elle est grégaire en hiver et fréquente aussi bien les lacs, les marais,

les étangs, les réservoirs et les cours d'eau lents, ainsi que les eaux saumâtres, dans les lagunes (LEDANT *et al.*, 1981, ISENMAN et MOALI, 2000). C'est une espèce colonisatrice qui s'installe volontiers sur les plans d'eau nouvellement créés et elle tolère la présence de l'homme (VANSTEENWEGEN, 1998). Les foulques se trouvent dans toute l'Europe et sont communes dans la Sibérie occidentale (ROBERT, 1803) y restent jusqu'à l'époque où les gelées les chassent. Il est admis que c'est le manque d'eau plus que le froid qui les oblige à changer de lieu (LECLERC, 1739), et la reproduction peut se faire même à 2500 m d'altitude dans l'Himalaya (ALI et RIPLEY, 1978 *in* RAI, 2011). Elles sont aussi sédentaires nicheuses dans les zones humides du Sahara Algérien principalement dans dépression d'Oued Righ (BENSACI *et al.*, 2013).

### Nidification

Une fois, le couple formé et le territoire acquis, commence alors la construction du nid (fig. 5), les deux partenaires coopèrent pour le construire, le matériel utilisé est collecté aux alentours, constitué de pailles de scirpe et de feuilles de phragmite et des débris des végétaux, (RIZI *et al.*, 2009, BENSACI *et al.*, 2013). Les nids sont masqués dans la végétation émergente, mais peuvent être à découvert, des plates-formes artificielles et radeaux pouvant être utilisés (NOËL, 2001), ou à terre ferme dans les roseaux. La cuvette interne du nid, relativement profonde, est tapissée de brins d'herbe, de racines et de feuilles (DUPERAT, 2008), les foulques construisent un nid flottant afin de suivre le niveau d'eau (CHAVIGNY, 2011).



**Figure (5) : un nid de foulque dans le scirpe lacustre (photo personnelle)**

La ponte débute dès le début du mois de mars mais la majorité des pontes se fait pendant mois de mai, chaque couvée comporte de quatre à quinze œufs, mais peuvent atteindre vingt œufs (LECLERC, 1788), le couple peut couver une, deux fois et occasionnellement trois couvées, pendant une durée de couvaison allant de 21 à 24 jours [2], le mâle et la femelle assurent la couvaison . Les œufs sont un peu plus petits que les œufs de la poule domestique. Ils sont d'un blanc cassé brillant avec quelques mouchetures. La taille des œufs est variable [9].

**4- L'élevage des poussins**

Les poussins nidifuges (fig. 6) sont capables de se nourrir seuls. Ils quittent le nid et suivent leurs parents à la recherche de leurs nourritures (DUPERA, 2008). Cependant, la femelle assure quand même l'élevage des poussins et nous pouvons les apercevoir suivre la mère pendant la recherche de leurs alimentations [7]. La femelle aide ainsi les poussins à apprendre à manger et au bout de quelques temps ils apprennent vite à manger seuls [7]. A l'âge de quatre semaines ils commencent à prendre leurs envols et peuvent voler à un mois plus tard. Les juvéniles qui sont généralement gris-brun et renouvellent leurs plumages (la mue) dès le mois d'août jusqu'au mois de novembre-décembre (JORTAY, 2002).



**Figure (6)** : un poussin de foulque macroule avec un œuf qui n'est pas encore éclos (poussins nidifuges) (**photo personnelle**).

#### Régime alimentaire

Les foulques sont principalement herbivores (TOURNIER, 1995, TAMISIER et DEHORTER, 1999). Ils se nourrissent de feuilles et les tiges tendre, des hélophytes. Elles basculent souvent et plongent régulièrement jusqu'à deux mètres de profondeur pour s'alimenter, parfois jusqu'à quatre ou cinq mètres (TAMISIER et DEHORTER, 1999). Elles peuvent voler de la nourriture à d'autres foulques, mais il n'est pas rare de la rencontrer à terre sur les rives à la recherche des grains. Il est à noter que dans certaines circonstances elles deviennent omnivores, et n'hésitent pas à se nourrir sur de mollusques, vers, d'insectes et parfois de petits poissons et d'œufs. Le vol de nourriture à d'autres foulques ou d'autres espèces est habituel et assez fréquent en particulier pendant l'hivernage lors des rassemblements post nuptiaux, le Klépto-parasitisme est aussi assez fréquent chez ce Rallidés (REK, 2010).

#### 5- Habitat

La Foulque macroule préfère les eaux calmes, peu profondes où la nourriture est abondante. Cet oiseau vit et niche dans les berges de cours d'eau et dans presque tous les types

de zones humides (hors tourbières acides) [10]. Nous les trouvons occasionnellement au niveau des eaux saumâtres ou salées Chott, et Sebkha (BAAZIZ, 2011).

## 6- Prédateurs

Les ennemis de la foulque macroule sont très nombreux ; les principaux déprédateur des œufs de la foulque sont, les couleuvres d'eau, les rongeurs et les rapaces, mais l'ennui principal est le ramassage des œufs par les riverains, les bergers et les braconniers (HAMEL, 2011). Les poussins et les adultes sont des proies faciles pour de nombreux animaux carnivores, sauvages tel le renard et les rapaces diurnes principalement le Busard des roseaux *Circus aeruginosus*.

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

Depuis son indépendance l'Algérie consciente de l'importance de son patrimoine naturelle et culturelle n'a épargné aucun effort pour préserver cette richesse que Dieu a offert à ce pays, elle a créé le statut des aires protégées, les parcs nationaux les réserves naturelles et celles dites intégrale.

### **1. Les aires protégées en Algérie**

L'aire protégée désignant des territoires d'étendue variable, bénéficiant d'un statut de conservation. L'union internationale pour la conservation de la nature (**UICN**) distingue six catégories de telles aires : les réserves naturelles intégrales, les parcs et les monuments nationaux, les ressources a but spécialisé, les zones de paysages protégés, enfin, les aires de gestion des ressources. A ces catégories de l'UICN s'adjoignent deux types d'aires protégées créés par l'UNESCO : les réserves de biosphère et les sites du patrimoine mondial. [11]

#### **1-1. Les parcs nationaux de l'Algérie**

Les aires protégées en Algérie constituent à cet effet le meilleur modèle de gestion et de conservation *in situ* de la diversité biologique. Les parcs nationaux sont à ce titre la catégorie de gestion la plus utilisée. Ils sont au nombre de dix, placés sous la tutelle de la direction générale des forêts (Tab. 3) (Fig. 7). Ils couvrent une superficie totale de 56 565 361 ha soit 23.80% du territoire national. Les parcs nationaux du nord totalisent une superficie de 165 361 ha (0.07% du territoire national), les deux autres situés dans le grand sud sous la tutelle du ministère de la culture (parc culturel de l'Ahaggar et le parc culturel du Tassili) couvrent 56 400 000 ha (23.73% du territoire national).

Deux autres sont en cours d'étude le parc national à Taghit dans la wilaya de Bechar, et le parc national de Djebel Beni Salah à la wilaya de Guelma. [12]

Les parcs nationaux sont des espaces naturels protégés, par définition ; se sont des surfaces étendues dans lesquelles toute exploitation des ressources naturelles minérales ou biologiques est interdite, ainsi que tout aménagement urbano-industriel ou infrastructures routières – exceptées celles permettant l'accès aux zones les plus visitées que le parc protège, dont l'impact doit être réduit au strict minimum- . De même, l'exploitation agricole y est

interdite mais un pastoralisme extensif peut y être toléré s'il préexistait à la création du parc.  
(RAMADE, 2008)

**Tableau 3** : les parcs nationaux de l'Algérie [12]

Dénomination	Localisation (wilaya)	Date de création	classement en Réserve de biosphère	Superficie ha
EL Kala	El Tarf	23 juillet 1983	1990	76 438
Chrea	Blida- Ain Defla-Medea	23 juillet 1983	2003	26 587
Djurdjura	Tizi –Ouzou - Bouira	23 juillet 1983	1997	18 550
Theniet El Had	Tissemsilt	23 juillet 1983	-	3 424
Belezma	Batna	3 novembre 1984	-	26 250
Taza	Jijel	3 novembre 1984	2004	3 807
Gouraya	Bejaia	3 novembre 1984	2004	080
Tlemcen	Tlemcen	12 mai 1993	-	8 225
Parc culturel de l'Ahaggar	Tamanrasset	1987	-	45000 000
Parc culturel du Tassili		21 février 2011*	1986	138 000000

\* Classé depuis 1982 au Patrimoine mondial par l'UNESCO



**Figure (7)**: répartition des parcs nationaux en Algérie [12]

### **1-2. Les aires marines et côtières protégées en Algérie :**

Les aires marines protégées sont mondialement reconnues comme des outils efficaces pour protéger l'environnement marin pour offrir une protection particulière aux sites perçus comme abritant les habitats et les espèces les plus importants. Impliquées dans la complexité de la sauvegarde de leur mer dans son ensemble.

L'Algérie compte dix aires marines protégées pour leurs importances comme lieux de nidification de certaines d'espèces sensibles. (Tab. 4)

**Tableau (4) : aires marines protégées en Algérie (ABDELGUERFI, 2003)**

Aires marines	Wilaya de rattachement
îles Habibas	Wilaya d'Oran
île de Rachgoun (Ile Leila)	Wilaya de Ain Temouchent
Domaine marin du PNEK	Wilaya de Taref
Taza-Cavallo-banc des Kabyles	wilaya de Jijel
Gouraya	Wilaya de Bejaia
Chenoua-Tipaza	Wilaya :Tipasa, Alger et Boumerdès
Presqu'île de Collo	Wilaya de Skikda
Cap de Garde	Wilaya de Annaba
Iles Aguellis	Wilaya :Tipasa, Alger et Boumerdès
Aire marine de Tigzirt	Wilaya :Tizi Ouzou

### **1-3. Les zones humides protégées « sites Ramsar »**

Une zone humide est une région où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface ou affleure ou encore, là où des eaux peu profondes recouvrent les terres [13]. L'importance des zones humides et leurs fonctionnements dans la biosphère sont divers, néanmoins l'impacte des zones humides sur la protection de la biodiversité est le facteur principal, elles offrent aux espèces animales et végétales qui y sont inféodées, les fonctions essentielles à la vie: l'alimentation, la reproduction grâce à la diversité des habitats ; la fonction d'abri, de refuge et de repos notamment pour les poissons et les oiseaux migrateur.

Selon la convention de Ramsar (adoptée en 1971), les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes

ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. [14]

L'Algérie fait partie des pays signataire de la convention depuis 1984, actuellement 50 sites algériens sont inscrits (Tab. 5) et dix autres 10 sites prévus au classement sur la liste Ramsar pour la période 2012-2015 [14].

**Tableau 5** : liste des zones humides de l'Algérie d'importance internationale de Ramsar [1]

Nº	Nom du site	Date de classement	Wilaya	Superficie (ha)
1	Aulnaie de Aïn Khiar	04/06/2003	El Tarf	180 ha
2	Chott Aïn El Beïda	12/12/2004	Ouargla	6,853 ha
3	Chott de Zehrez Chergui	04/06/2003	Djelfa	50,985 ha
4	Chott de Zehrez Gharbi	04/06/2003	Djelfa	52,2 ha
5	Chott Ech Chergui	02/02/2001	Saïda	855,5 ha
6	Chott El Beïdha – Hammam Essoukhna	12/12/2004	Sétif, Batna	12,223 ha
7	Chott El Hodna	02/02/2001	M'Sila, Batna	362 ha
8	Chott Melghir	04/06/2003	El Oued, Biskra, Khenchela	551,5 ha
9	Chott Merrouane et Oued Khrouf	02/02/2001	El Oued	337,7 ha
10	Chott Oum El Raneb	12/12/2004	Ouargla	7,155 ha
11	Chott Sidi Slimane	12/12/2004	Ouargla	616 ha
12	Chott Tinsilt	12/12/2004	Oum El Bouaghi	2,154 ha
13	Complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja	02/02/2001	Skikda, El Tarf	42,1 ha
14	Dayet El Ferd	12/12/2004	Tlemcen	3,323 ha
15	Garaet Annk Djemel et El Merhsel	12/12/2004	Oum El Bouaghi	18,14 ha
16	Garaet El Taref	12/12/2004	Oum El Bouaghi	33,46 ha
17	Garaet Guellif	12/12/2004	Oum El Bouaghi	24 ha

**Suite au Tableau 5**

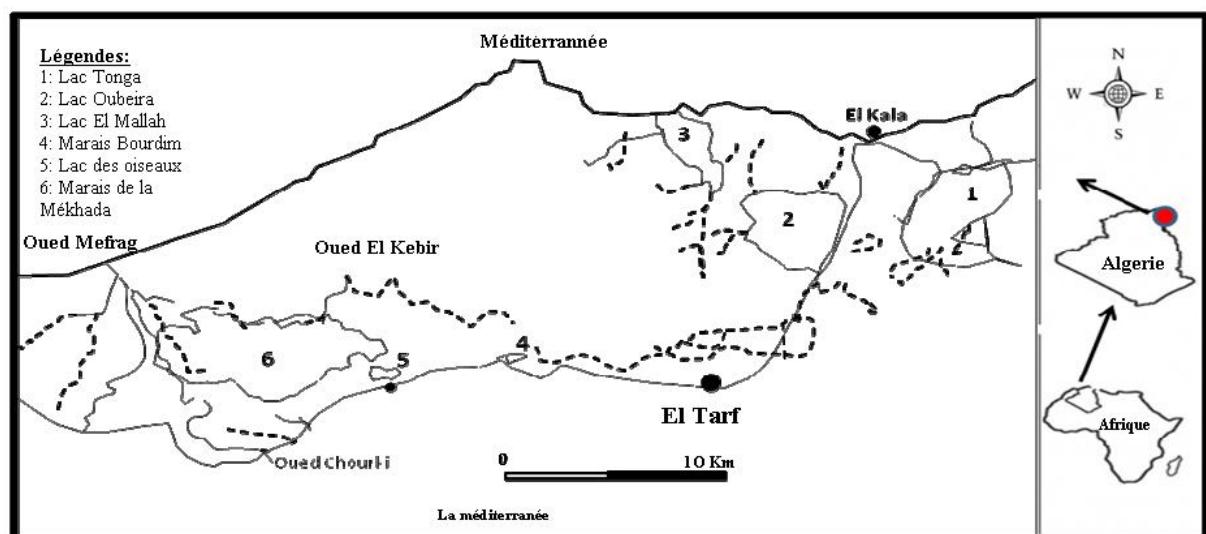
N°	Nom du site	Date de classement	Wilaya	Superficie (ha)
18	Garaet Timeranine	18/12/2009	Oum El Bouaghi	1,46 ha
19	Grotte karstique de Ghar Boumâaza	04/06/2003	Tlemcen	20 ha
20	Gueltates Afifal	04/06/2003	Tamanrasset	20,9 ha
21	Ile de Rachgoun	05/06/2011	Wilaya de Ain Temouchent	66 ha
22	La Réserve Naturelle du Lac des Oiseaux	22/03/1999	El Kala	120 ha
23	La Vallée d'Iherir	02/02/2001	Illizi	6,5 ha
24	Lac de Fetzara	04/06/2003	Annaba	20,68 ha
25	Lac de Télamine	12/12/2004	Oran	2,399 ha
26	Lac du barrage de Boughezoul	05/06/2011	Commune de Boughezoul	9,058 ha
27	Le Cirque de Aïn Ouarka	04/06/2003	Nâama	2,35 ha
28	Les Gueltates d'Issakarassene	02/02/2001	Tamanrasset	35,1 ha
29	Les Salines d'Arzew	12/12/2004	Oran, Mascara	5,778 ha
30	Marais de Bourdim	18/12/2009	El Tarf	11 ha
31	Marais de la Macta	02/02/2001	Mascara, Mostaganem, Oran	44,5 ha
32	Marais de la Mekhada	04/06/2003	El Tarf	8,9 ha
33	Oasis de Moghrar et de Tiout	04/06/2003	Nâama	195,5 ha
34	Oasis de Ouled Saïd	02/02/2001	Adrar	25,4 ha
35	Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi	02/02/2001	Adrar	95,7 ha
36	Oglat Ed Daïra	12/12/2004	Nâama	23,43 ha
37	Oum Lâagareb	05/06/2011	Wilaya El Tarf	729 ha
38	Réserve Intégrale du Lac El Mellah	12/12/2004	El Tarf	2,257 ha
39	Réserve Intégrale du Lac Oubeïra	04/11/1983	El Tarf	3,16 ha
40	Réserve Intégrale du Lac Tonga	04/11/1983	El Tarf	2,7 ha
41	Réserve Naturelle du Lac de Béni-Bélaïd	04/06/2003	Jijel	600 ha
42	Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa	04/06/2003	Alger	842 ha
43	Sebkha d'Oran	02/02/2001	Oran	56,87 ha
44	Sebkhet Bazer	12/12/2004	Sétif	4,379 ha
45	Sebkhet El Hamiet	12/12/2004	Sétif	2,509 ha
46	Sebkhet El Melah	12/12/2004	Ghardaïa	18,947 ha
47	Site classé Sebkhet Ezzmoul	18/12/2009	Oum El Bouaghi	6,765 ha
48	Site Ramsar du lac Boulhilet	18/12/2009	Oum El Bouaghi	856 ha
49	Tourbière du Lac Noir	04/06/2003	El Tarf	5 ha
50	Vallée de l'oued Soummam	18/12/2009	Kabylie	12,453 ha

## Chapitre III : Matériel et méthodes

Notre étude réalisée durant les années 2008-2011 a pour objectif majeur, le suivi des effectifs et la reproduction de la Foulque macroule au niveau d'un site de l'extrême nord-Est du pays, à quelques kilomètres des frontières algéro-tunisienne. Ainsi, un suivi des nids : dates de ponte des œufs, couvaison, éclosion et mensurations biométriques ont été effectués.

### 1- Présentation du site d'étude : le Lac Tonga

Notre étude a été réalisée au niveau Lac Tonga qui est situé au Nord-est de l'Algérie (latitude 36° 53' N et longitude 08° 31' E). Le site est classée réserve intégrale au sein du Parc National d'El Kala et site Ramsar d'importance internationale depuis 1983 (BOUMEZBEUR, 2004), et comme réserve mondiale de biosphère en 1990 (Fig. 10).



**Figure (10)** : situation géographique du parc national d'El Kala (ZITOUNI, *et al.*, 2013)

Le Lac Tonga est un lac d'eau douce permanent d'une superficie de 2700 ha communiquant avec la mer Méditerranée par le canal de la Messida long de 6 km qui est contrôlé par une digue. Il est alimenté principalement par Oued El-Hout au sud et par Oued El-Eurg au nord-est, du côté de Oum Teboul (fig.11)

La réserve intégrale du Lac Tonga est un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne se situant dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre en Espagne et la Camargue en France, (BOUMEZBEUR, 2004).

Il se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque composée d'hélophytes (des scirpes, des phragmites et des typhas). C'est un site d'hivernage privilégié pour plus de 25.000 anatidés et foulques macroules. C'est également un site de nidification important pour plusieurs espèces, dont certaines sont très rares ou en recul dans leurs habitats, comme l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) le Talève Sultane (*Porphyrio porphyrio*), la guifette moustac (*Chlidonia shyridus*), etc... et pour l'hivernage de quelques oiseaux d'eau migrateurs tels les Anatidés (canards plongeurs et canards de surface) et les cygnes (ROUIBI, *et al.*, 2009)



**Figure (11) :** photo satellite du Lac Tonga (source : Google Earth -Map)

## 2- Matériel :

Des sorties hebdomadaires ont été organisées dès fois deux par semaine au niveau du Lac Tonga. Des waders (bottes cuissards) ont été utilisées pour la prospection des régions les moins profondes telles les berges du plan d'eau. Ces secteurs dominées notamment par le

*Typha angustifolia*, *Phragmite australis* et les arbustes du saule *Salix pedecilata*. L'exploration des secteurs plus profonds, et le centre du lac dont la profondeur dépasse souvent les deux mètres nous avons utilisés un canoë-kayak du laboratoire LBEE Biologie, Eau et Environnement de l'Université 8 Mai 1945 de Guelma. Sans ce canoë-kayak notre mission sera pratiquement impossible du fait qu'il nous facilite le déplacement rapide dans le lac. Nos déplacements étaient donc plus rapide (gain de temps) ce qui nous a permis de prospecter plus de secteurs et de touffes d'hélophytes.

Les nids trouvés sont marqués par des jetons en plastique de couleurs différentes et les positions exactes de ces nids repérés ont été marquées par GPS model *Garmin*. Les jetons nous permettent de reconnaître les nids marqués et déplacés suites aux effets continus des soufflements des vents qui peuvent mouvoir ces nids de quelques mètres de leurs positions initiales.

La profondeur de l'eau dans les lieux de l'emplacement des nids a été mesurée par profondimètre artisanal (tige en bois sur laquelle nous collons un mètre ruban). Les mensurations des nids, soient les diamètres interne et externe et la profondeur ont été mesurés à l'aide d'un ruban-mètre. Les mensurations des œufs après les avoir numérotés et marqués avec un marqueur permanent ont été réalisées à l'aide d'un pied à coulisse et le poids a été déterminé par une balance portative de précision 0.1g.

Une longue vue ornithologique model *KONUS-SPOT* 20-40x60 et une paire de jumelle *BREAKER* 10x70 ont été utilisés pour estimer la population de la Foulque macroule dans le Lac Tonga.

### **3- Méthodes**

#### **3-1. Echantillonnage**

Seule le secteur ouest du Lac Tonga a été exploré. La collaboration des riverains et des habitants de cette zone nous a été d'un grand secours. Ce secteur est composé d'une diversité végétale assez importante (*Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* et *S. maritimus*). La superficie du secteur étudié est de 53.6 ha. Ainsi à chaque sortie, nous avons balayé de long en large ce secteur.

#### **3-2. Fréquences des visites :**

Une à deux sorties a été effectué par semaine. Elles durent de 6h du matin jusqu'à 18h.

### 3-3 Suivi de la dynamique des populations

#### 3-3-1. Dénombrements de la population de la Foulque macroule

Le suivi de l'effectif des Foulques macroules a été effectué sur deux cycles annuels (2010/2011 et 2011/2012), à raison d'une sortie par quinzaine (deux sorties par mois).

Les dénombrements ont été réalisés à partir d'un point d'observation surélevé de 15m par rapport au niveau du lac. Dominant le site et en se servant d'un télescope ornithologique de marque *KONUS-SPOT* 20-40x60, nous avons réalisé un dénombrement exhaustif de la population de ce Rallidés. Un comptage individuel a été réalisé dans le cas où la population est très proche (moins de 200m) et compte moins de 200 individus, sinon, dans le cas opposé (si la population est éloignée ou compte un effectif assez élevé) nous procédons à des estimations visuelles (BLONDEL 1969, LAMOTTE ET BOURRELIERE 1969, HOUHAMDI et SAMRAOUI, 2001, HOUHAMDI et SAMRAOUI, 2002). Ces techniques affichent des marges d'erreurs pouvant aller de 5 à 10% pour les professionnels (LAMOTTE et BOURRELIERE, 1969).

#### 3-3-2. Rythmes d'activités

##### Méthodes d'étude des rythmes d'activités diurnes de la Foulque macroule

Pour l'étude des rythmes d'activité des Anatidés et des Rallidés, deux méthodes classiques sont habituellement utilisées, l'animal focal sampling ou *FOCUS* et l'instantanous scan sampling ou *SCAN*.

**3-3-2-1. Méthode *FOCUS* :** L'échantillonnage focalisé implique l'observation d'un individu, pendant une période prédéterminée, où nous enregistrons continuellement les activités manifestées. Les résultats obtenus sont par la suite proportionnés afin de déterminer le pourcentage de temps de chaque comportement (ALTMANN, 1974). Ces observations continues permettent d'enregistrer certains comportements qui ne sont pas toujours fréquents, tels que l'exhibition sociale et l'agression, mais signale certains inconvénients que nous pouvons résumer dans la fatigue de l'observateur, la sélection aléatoire des individus spécialement à partir d'un grand groupe et surtout la perte de vue de l'oiseau focalisé, soit dans la végétation dense ou dans un groupe nombreux (BALDASSARE et al., 1988). Cette méthode est de ce fait, appropriée à l'étude du comportement de petits groupes d'oiseaux et dans des surfaces réduites. (HOUHAMDI et SAMRAOUI, 2003, HOUHAMDI et SAMRAOUI, 2007)

Les pertes continues de vue ont été signalées à plusieurs reprises et jusqu'à présent le seul remède est prescrit dans la méthode Focal-Switch Sampling ou *SWITCH* (LOSITO *et al.*, 1989) où chaque perte de vue est automatiquement remplacée par un autre individu du même groupe, manifestant la même activité.

**3-3-2-2. Méthode *SCAN*:** Cette méthode se basant sur l'observation d'un groupe, permet d'enregistrer les activités instantanées de chaque individu qui grâce à des transformations mathématiques fait ressortir le pourcentage temporel (ALTMANN, 1974). Elle présente l'avantage d'être la seule méthode appliquée dans des sites à végétations denses, où les oiseaux d'eau ne sont pas toujours observés durant de longues périodes. Elle élimine aussi le choix des individus (BALDASSARE *et al.*, 1988). Ainsi comme il s'agit d'un échantillonnage instantané, il est pratiquement impossible de déterminer le statut social (par paires ou séparés) des oiseaux observés (PAULUS, 1984).

Pour suivre le comportement diurne de la Foulque macroule dans le Lac Tonga, nous nous sommes basés sur la méthode *SCAN*. Ainsi, nous avons effectués nos observations sur des bandes au sein desquelles nous avons procédé chaque demi-heure à partir de 8 heures du matin jusqu'à 16 heures, à des séries de transects tracés virtuellement à travers le groupe d'oiseaux sur lequel nous orientons le télescope et nous comptons dans le champ de vision les différentes activités manifestées par l'oiseau. A cet effet sept activités ont été notées à savoir la nage, l'alimentation, le vol, le toilettage, le repos, la parade et l'antagonisme. Pour de plus amples connaissances des exigences écologiques de l'espèce étudiée, l'activité alimentaire a été dissociée en alimentation avec le bec, alimentation par immersion de la tête dans l'eau, alimentation par basculement de l'avant du corps dans l'eau et alimentation à pied dans les vasières et les berges.

Nous avons suivi le comportement de la Foulque macroule pendant une période de trois années, allant du mois de septembre 2009 jusqu'au mois d'août 2012, à raison de deux sorties par mois. Les données collectées seront résumées dans des fiches de relevés d'activités (Tab. 6)

L'échantillonnage instantané du rythme d'activité des espèces permet par une méthode de conversion d'obtenir le pourcentage de temps alloué à chaque activité (TAMISIER, 1972).

**Tableau 6 : Modèle de fiche de relevés d'activités de la Foulque macroule**

Activités	Nage	Alimentation		Vol	Toilettage		Repos		Plonge	Parade	Autre	Total
		Eau	Berge		Eau	Berge	Eau	Berge				
<b>7 h</b>	12	8	13	2	1	0	0	0	0	0	0	36
<b>7 h 30</b>												
-												
-												
<b>17 h</b>												
<b>Total</b>												

Nous pouvons exprimer en pourcentage les activités manifestées par les oiseaux en procédant de la manière suivante :

$$36 \text{ oiseaux} \longrightarrow 100\%$$

$$12 \text{ oiseaux} \longrightarrow X \quad X = (12 / 36) \times 100 = \%$$

### 3-4.Etude de l'écologie de la reproduction :

Les paramètres pris en considération pendant cette étude sont :

La végétation prise comme support de nidification et celles utilisée pour la construction et l'édification des nids.

**3-4-1. Sur la végétation :** concernant ce paramètre nous avons pris en considération la végétation utilisée pour la construction des nids, et celles qui se trouvent sur le site d'installation des nids.

- Matériaux de construction : Noter
  - o Les différentes espèces utilisées
  - o L'abondance de chaque espèce.
- Types de végétation du lieu d'installation :
  - o Types de végétation : toutes les espèces de la végétation avoisinante.
  - o La densité de chaque espèce

**3-4-2-Sur les nids :** Une fois repérés, plusieurs mesures seront effectuées sur les nids et leurs entourages :

3-4-2-1- Localisation des nids : à l'aide d'un GPS on note la localisation des nids avec précision, parfois on utilise des jetons pour distinguer les nids trop rapprochés.

3-4-2-2- La profondeur de l'eau : à l'aide d'un profondimètre on mesure la profondeur de l'eau avoisinant les nids.

#### 3-4-2-3- Caractéristiques des nids :

- Hauteur des nids : on mesure la hauteur des nids sur la partie extérieure.
- Diamètre externe et le diamètre interne des nids

**3-4-3- Caractéristiques des œufs** : on marque les œufs trouvés dans chaque nid à l'aide d'un marqueur permanent, et on note les paramètres suivants :

3-4-3-1- Poids des œufs : à l'aide d'une balance portative on pèse les œufs nouvellement pondus avec une précision de 0,1 g.

3-4-3-2- Volume des œufs : le volume des œufs est calculé selon la formule de HOYT, 1979,  $V = K_v * LB^2$  ; L : le diamètre minimum ou diamètre équatorial, B : le diamètre maximum ou diamètre polaire des œufs et  $K_v$  coefficient de volume ; une valeur constante estimée pour la foulque américaine *F. americana* à (0,499), En l'absence de la valeur relative à la Foulque macroule dans la bibliographie, nous avons utilisé cette constante dans notre calcul. Nous avons mesuré le diamètre polaire et le diamètre équatorial des œufs à l'aide d'un pied à coulisse avec une précision de 0,1 mm. Le volume est exprimé en  $\text{cm}^3$

#### 3-4-3-3- Nombre et devenir des œufs

3-4-3-3-1- Nombre total des œufs par semaine : on calcule le nombre total des œufs pour chaque nid de chaque sortie.

3-4-3-3-2- Calcul de la grandeur de ponte : on compte le nombre des œufs pondus par nid, pour chaque niché où il y avait éclosion, la grandeur de ponte sera calculée à la base des fréquences des œufs par nids sur un intervalle de 4 à 15 œufs par nid (la taille minimale et maximale enregistrée dans notre étude), la grandeur de ponte sera défini par la fréquence la plus élevée (WINKLER et WALTERS, 1983)

3-4-3-3-3- Sort des nids : on note le devenir des nids de chaque visite. Les débris des œufs avec les traces de sang et la présence des poussins dans le nid ou au voisinage de celui-ci nous indique une éclosion réussie, les œufs écrasés et la présence de jaunes d'œuf sur les débris sont un signe de prédateur, parfois on trouve les œufs en dehors du nid ou enfouis en bas du nid, ceci est un signe qui indique que les œufs sont abandonnés, parfois le nid complet

est abandonné, là où les œufs seront éparpillés à l'intérieur et à l'extérieur du nid, la disparition des œufs pour des raisons multiples et inconnues ; soit la prédatation sans un indice précis ou autres, est un signe de disparition des œufs. Un nid jugé prédaté par les riverains (ramassage illégal des œufs) s'il est vidé entre deux contrôles consécutifs.

Chaque sortie on note les observations suivantes sur les nids.

- Eclosions :
- Disparitions
- Prédations
- Nids et œufs abandonnés

### **3-5- Analyses de données :**

Les analyses statistiques effectuées (analyse de la variance et les corrélations entre les différents paramètres étudiés) ont été réalisées à l'aide du logiciel de statistique *Minitab 16.1*.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### 1- Suivi de la dynamique de population

#### 1.1. Dénombrement

Le suivi de l'effectif de la population de la Foulque macroule a été réalisé pendant deux cycles annuels dans le Lac Tonga (2010 /2011 et 2011/2012). Les sorties ont été organisées tous les 15 jours, soit deux sorties par mois.

Le suivi de l'évolution des effectifs de la Foulque macroule dans le Lac Tonga exhibe d'une manière générale une allure Gaussienne (Fig. 12). L'abondance minimale (500 à 700 individus) a été enregistrée durant le début de l'étude, soit pendant les mois de septembre et d'octobre. Cette période survient juste après la période de reproduction et correspond à l'entretien et à l'élevage des poussins qui ont atteint pendant cette période l'âge de l'envol.

Cependant, les effectifs les plus élevés ont été observés durant le mois de janvier et perdure jusqu'au mois de mars (plus de 2500 individus). Cette période coïncide avec le début de la formation des couples préparant la nouvelle saison de reproduction (Fig. 12). Il est à noter que pendant cette période (période hivernale) la capacité d'accueil du site pour les oiseaux d'eau qui viennent de toutes les régions est à son maximum en particulier pour la Foulque macroule (espèce granivore par excellence). Les effectifs chutent continuellement et ce jusqu'à la fin de l'étude, témoignant de la présence de deux populations de foulques dans le site, une plus conséquente ne fréquentant le lac que durant la période hivernale et une seconde sédentaire nicheuse représentées avec une abondance avoisinant 1500-1600 individus.

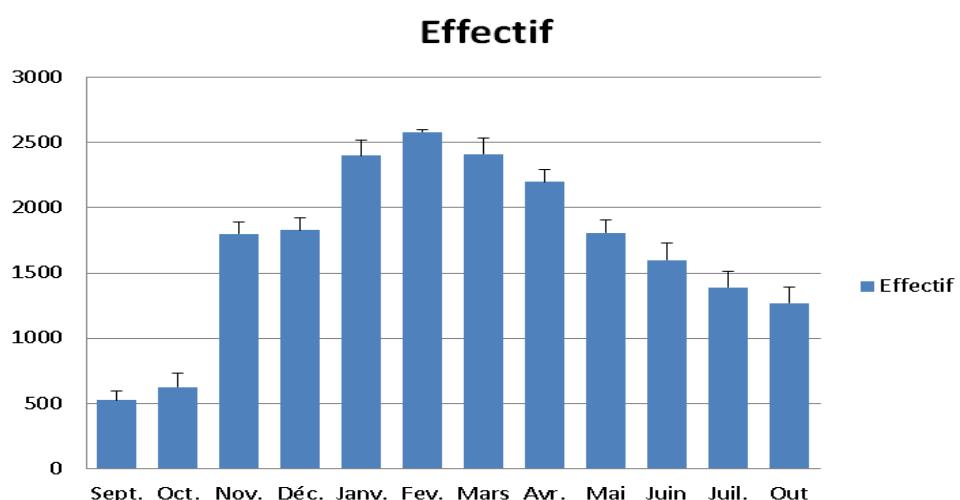


Figure 12. Evolution des effectifs de la Foulque macroule dans le Lac Tonga (2010 et 2011)

D'une manière générale, le Lac Tonga a été rapporté comme un site d'hivernage privilégié pour une grande diversité avienne et même comme un lieu du repos pour d'autres espèces pendant leur transit migratoire vers les sebkhas et chotts du sud du pays et vers le Sahel (ROUIBI 2010).

### 1.2.Budget temps

La Foulque macroule et conformément aux données bibliographiques se nourrit essentiellement le jour et passe la plus grande partie de la nuit au repos (SALATHE et BOY 1987, ALLOUCHE *et al.*, 1989, Mc KNIGHT 1998, Mc KNIGHT et HEPP 1998). Le bilan des rythmes d'activités diurnes que ça soit en période d'hivernage ou de reproduction est dominé par une alimentation accrue dépassant les 65%. Elle est souvent plus élevée en période de nidification montrant ainsi le rôle de gagnage de ces zones humides (Fig.13).

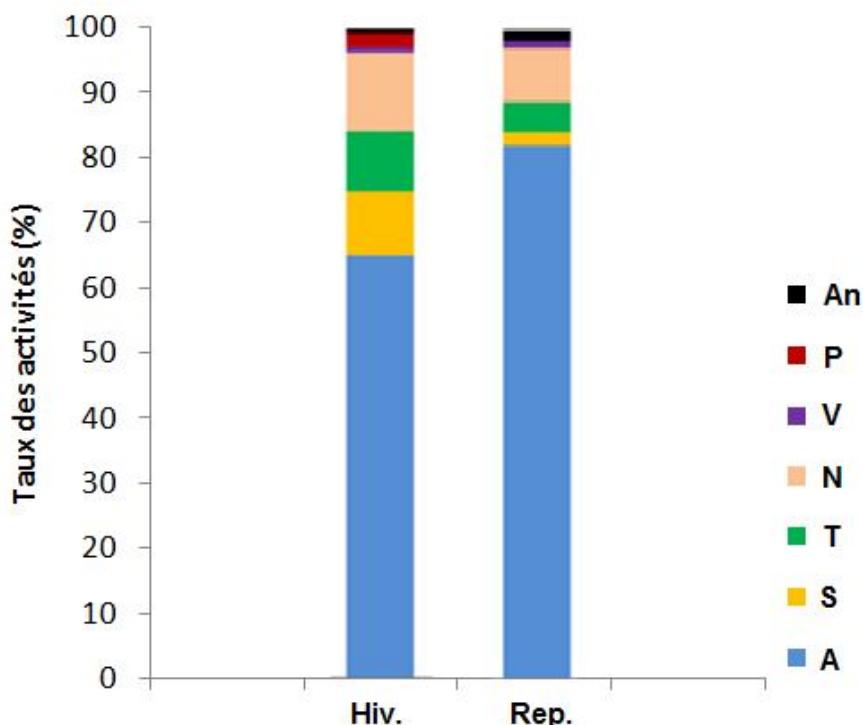


Figure (13) : Bilans des rythmes d'activités diurnes de la Foulque macroule *Fulica atra* dans le Lac Tonga (2011-2012)

. (Hiv): Période d'hivernage, (Rep): Période de reproduction, (A): Alimentation, (S): Sommeil, (T): Toilettage, (N): Nage, (V): Vol, (P): Parade et (An): Antagonisme.

Au cours du cycle annuel, elle est observée avec des taux réguliers qui fluctuent généralement entre 63 et 89%. En période d'hivernage, elle est beaucoup plus observée à pied dans les vasières et les berges du fait que les grains sont abondants en automne et au début de l'hiver sur à l'extérieur de l'eau, et en période de reproduction, elle est notée dans l'eau où

l'oiseau préfère s'alimenter par immersion de son bec ou de sa tête, pendant cette période qui coïncide le printemps la végétation aquatique luxuriante et en abondance dans le lac. L'alimentation par basculement tient une part minime dans ce bilan diurne, (fig. 14)

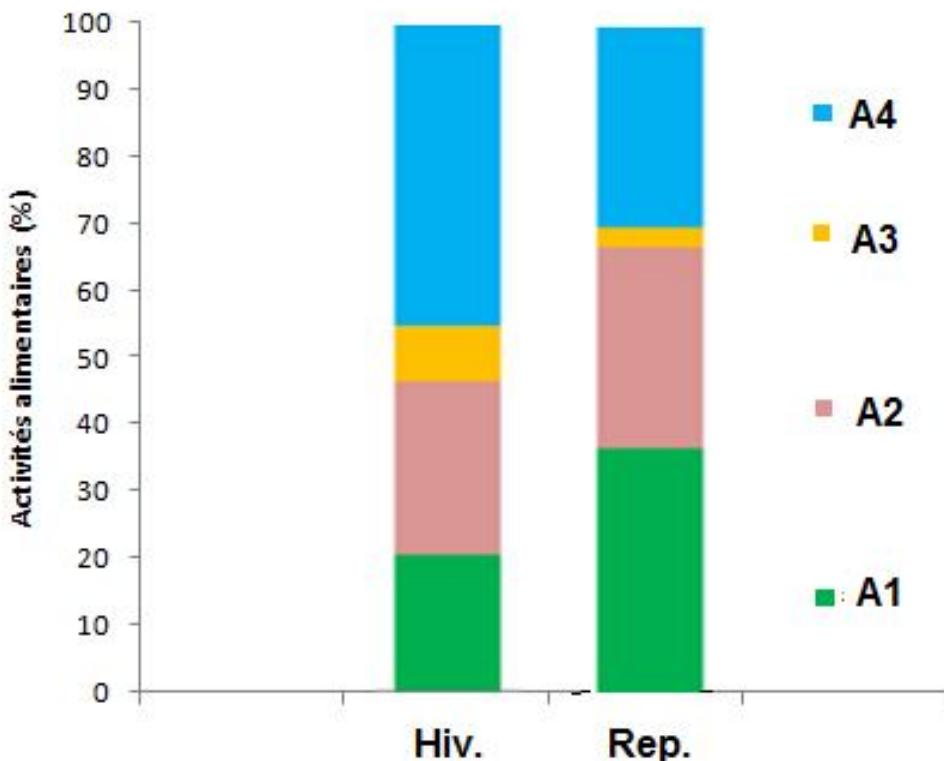


Figure 14 : Mode d'alimentation des Foulques macroules *Fulica atra* dans le Lac Tonga.  
(2011-2012)

(Hiv): Période d'hivernage, (Rep): Période de reproduction, (A1): Alimentation avec le bec, (A2): Alimentation par immersion de la tête dans l'eau, (A3): Alimentation par basculement de l'avant du corps dans l'eau, (A4): Alimentation à pied dans les vasières et les berges.

La nage vient en deuxième position (15.71%). Elle survient généralement chez cette espèce peu farouche après un changement de place pour chercher de la nourriture (Mc KNIGHT et HEPP 1999, DRAULANS et Van HERCK, 1987) ou après détection d'une menace quelconque quitte les lieux de broutage, traverse le plan d'eau pour aller s'alimenter sur les berges opposées principalement en période d'hivernage.

Le toilettage et le sommeil tiennent une part minime dans ce bilan diurne. Ils sont observés avec des taux plus ou moins stables durant toute l'année. Ces deux activités sont souvent observées dans l'eau et rarement sur les berges.

Le vol occupe une part minime dans le rythme diurne (1.55%) vérifiant que moindre menace, ce Rallidés préfère nager que prendre son envol (ALLOUCHE 1987, ALLOUCHE *et al.*, 1990). Enfin, les activités de parades et d'antagonisme détiennent une part minime dans ce bilan. La parade est exclusivement observée pendant la période d'hivernage et les activités de chamaillades surviennent après l'intrusion d'individus intentionnés dans le territoire d'un couple en construction de nids ou ayant déjà entamé sa reproduction.

## 2- Ecologie de la reproduction de la foulque

### 2-1- Caractéristiques des nids

#### 2-1-1- Morphologie et installation des nids

Le nid est une plate-forme plus ou moins volumineuse composée essentiellement de scirpe. La couverture intérieure est matelassée de matériaux plus doux et plus légers tels que les fragments des espèces du genre *Ceratophyllum* et *Myriophyllum* (fig.15).



**Figure (15)** : nid de foulque construit de scirpe et de typha et matelassé de fragments de *Myriophyllum* et de feuilles de *typha* et du *Phragmites* (Photo personnelle)

La formation des couples se fait pendant le mois de mars et les parades nuptiales sont initiées par les initiées par les mâles pour l'occupation du terrain. Leurs conflits territoriaux sont spectaculaires nous observons courir sur l'eau en soulevant des gerbes d'eau sur leur passage. Le haussement des cris est un signe qui marque habituellement le début de la saison de reproduction (TAMISIER et DEHORTER, 1999). Les premières pontes sont observées dès la fin du mois de mars, et les dernières sont enregistrées à la fin du mois de juillet, (tab.7).

**Tableau (7) :** dates de ponte et le nombre de nids suivis de la foulque macroule au Lac Tonga pendant la période d'étude (2008,2009 et 2010)

Paramètres	2008	2009	2010
Date de 1 <sup>ère</sup> ponte	25/ mars	26/ mars	26/ mars
Estimation de la date de ponte de la nichée la plus tardive	Fin juillet	Fin juillet	Fin juillet
Nombre de nids suivis pour l'étude de la reproduction	110	121	117
Nombre de nids suivis pour l'étude de la biométrie des œufs	110	--	--
Nombre d'œufs pour l'étude de la biométrie des œufs	355	--	--

## 2-1-2- Dimensions des nids

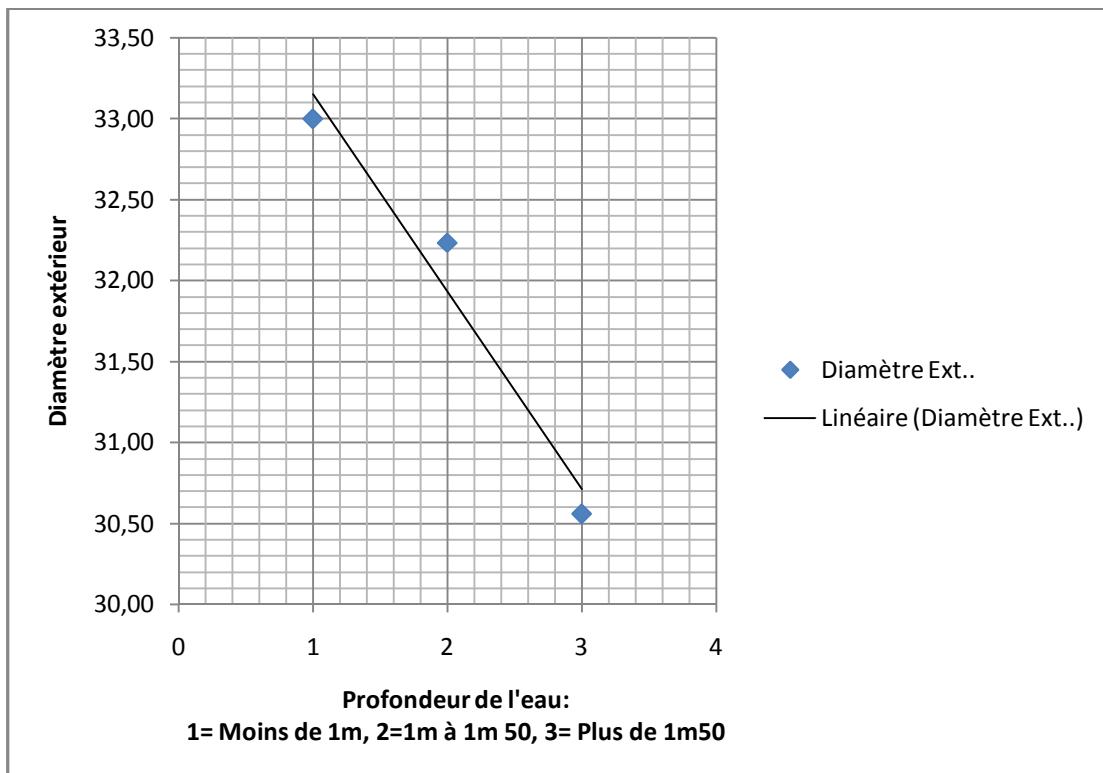
Une fois le couple est formé, il commence à construire leur nid, les deux partenaires coopèrent pour le construire. Le nid doit être suffisamment large pour accueillir tous les œufs pondus mais il ne doit pas être plus large que ce qu'il devrait l'être pour qu'il ne soit facilement repérable par les prédateurs (SONOW, 1978) , les résultats des mensurations effectuées sur plus de 110 nids ont montré que le diamètre extérieur et le diamètre intérieur des nids sont respectivement ;  $31,56 \pm 3,37$  Cm et  $17,09 \pm 1,71$ Cm avec une hauteur de  $13,84 \pm 3,25$  Cm , en comparant nos résultats avec ceux enregistrés en 1997 par RIZI *et al.* , (1999) après une décennie (Tab. 8), on ne remarque pas une grande différence du fait que ces mesures sont approximatives et difficiles à définir.

Tableau (8) : Caractéristiques des nids dans le Lac Tonga (comparaison des résultats à un intervalle d'une décennie)

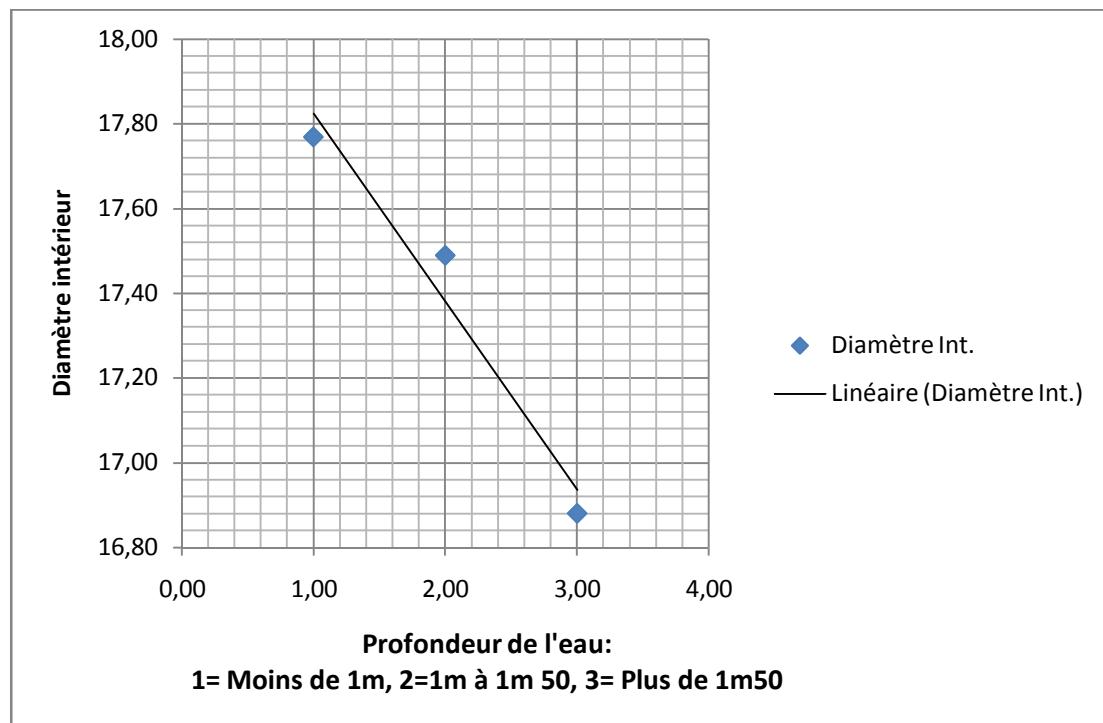
Paramètres	2008, 2009 et 2010 (n= 358) $\bar{X} \pm Ecart-type (Min-Max)$	1997 (n=27) (RIZI <i>et al.</i> , 1999) $\bar{X} \pm Ecart-type (Min-Max)$
Diamètre extérieur (Cm)	$31,56 \pm 3,37$ (41 – 22)	$35,9 \pm 3,38$ (49 – 30)
Diamètre intérieur (Cm)	$17,09 \pm 1,71$ (24 - 13)	$19,6 \pm 2,70$ (26 - 14)
Hauteur du nid	$13,84 \pm 3,25$ (16 – 9)	$16,2 \pm 2,7$ (20 – 10)

#### a- Relation entre les composants de la dimension des nids et la profondeur

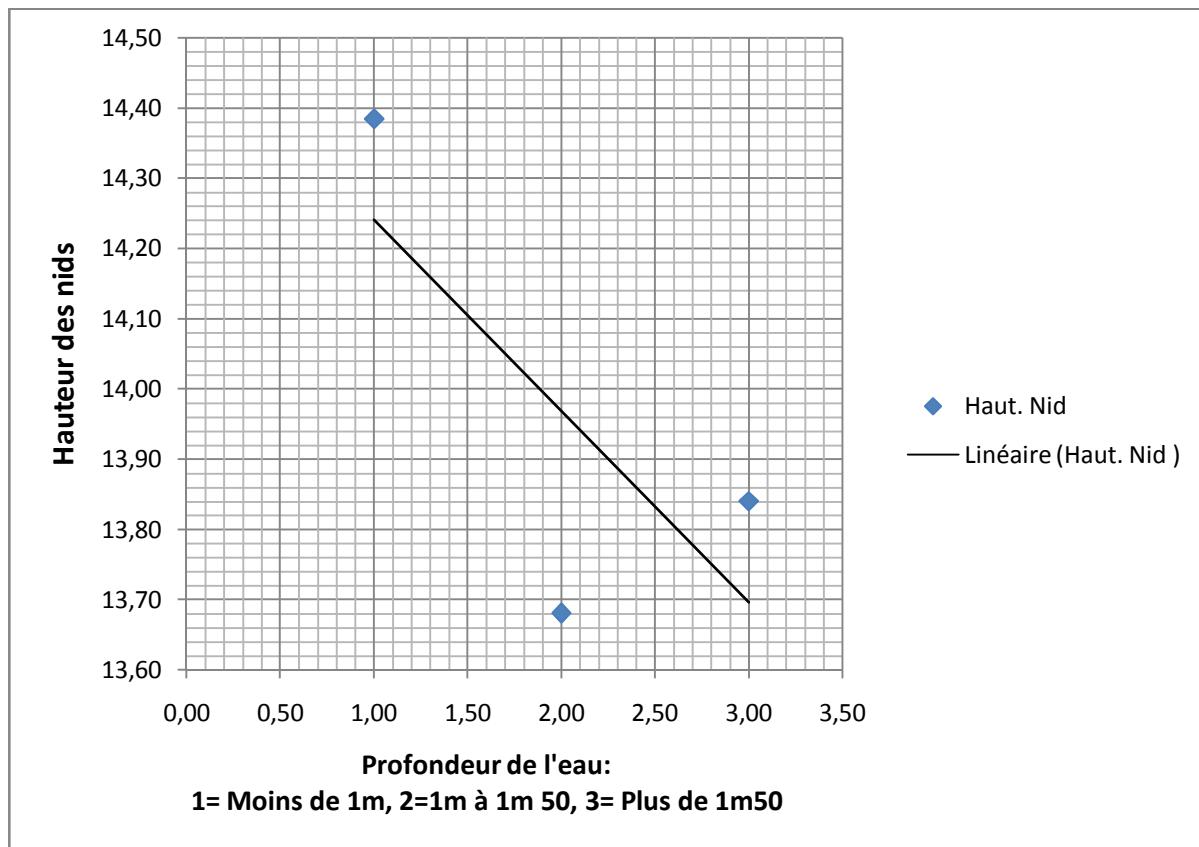
Une étude menée sur les dimensions des nids en relation avec leurs éloignements de la berge a montré que plus les nids sont loin de la berge plus leurs dimensions diminuent, (Uzun 2012). Selon le même auteur les dimensions des nids diminuent aussi en fonction de la profondeur de l'eau. Ainsi, plus d'emplacement des nids est situé dans une eau profonde plus ils affichent de petites dimensions. Les mêmes constatations ont été rapportées dans le lac Poyrazlar en Turquie, site présentant huit mètres de profondeur. Toutefois, l'auteur signale une distribution de la végétation similaire dans les deux lacs, principalement la présence des phragmites loin des berges, quoique les berges du lac Poyrazlar soient occupées par les touffes de carex (*Carex elata*), similaires des îlots de scirpe lacustre au niveau du Lac Tonga. Dans notre site nos données indiquent une relation étroite entre les dimensions des nids et la profondeur de l'eau que nous avons divisée en trois catégories ; (faible « 1 » moins de 1m, moyenne « 2 » de plus de 1 à 1m50 et élevé « 3 » plus de 1m 50) (figure de 16 à 18). Nous constatons une diminution des diminutions des différents paramètres caractérisant les dimensions des nids en fonction de la profondeur de l'eau. L'analyse de la variance à un critère indique alors des différences significatives, à l'exception de la hauteur ;(le diamètre extérieur ; F=1.23, p=0.001), (diamètre intérieur. =1.47, p=0.008) et (Hauteur des nids ; F=0.97, p=0.493 N.S.)



**Figure (16)** : Relation entre le diamètre extérieur des nids et la profondeur

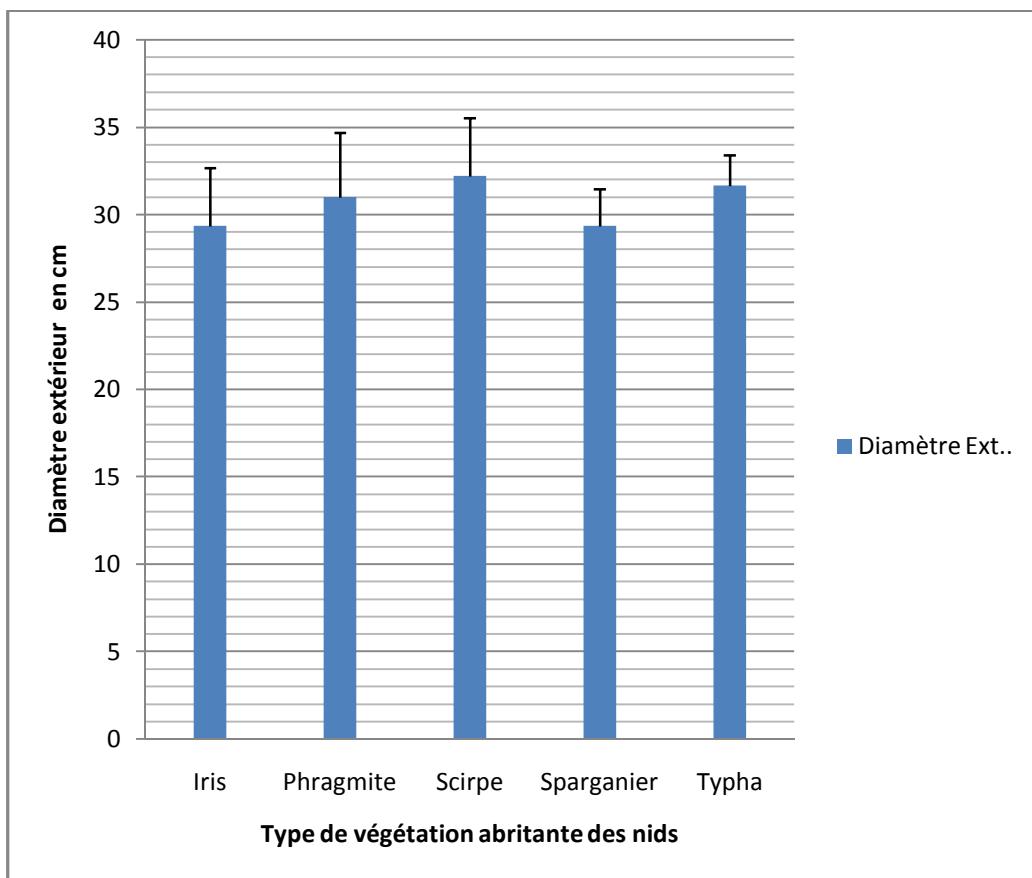


**Figure (17)** : Relation entre le diamètre intérieur des nids et la profondeur

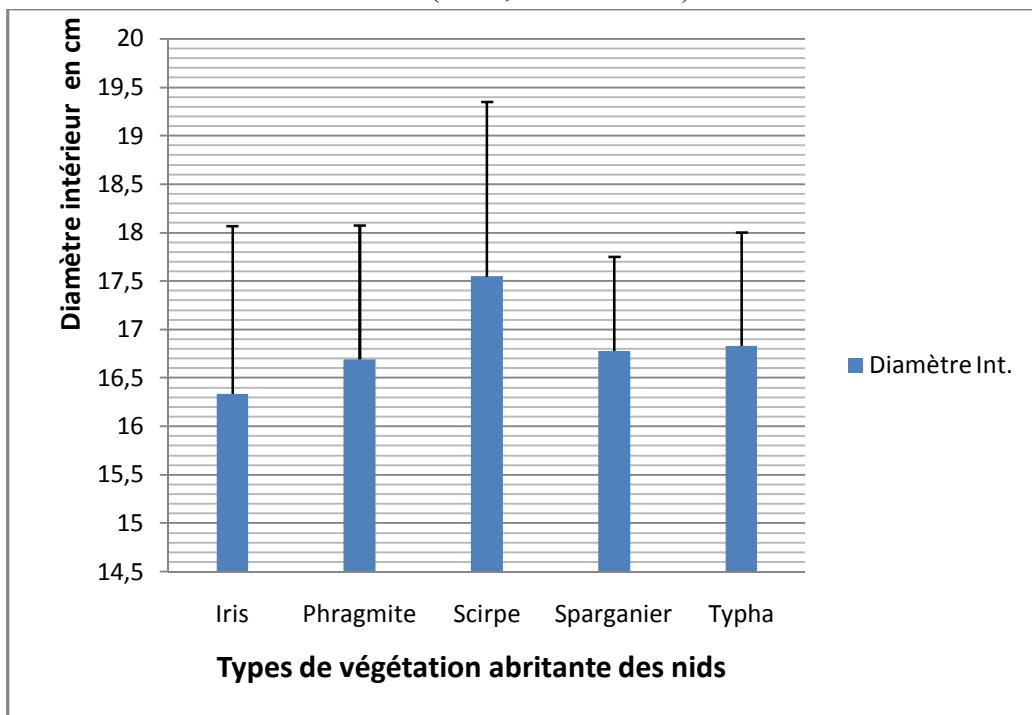


**b- Relation entre les composants de la dimension des nids et le type de la végétation protectrice**

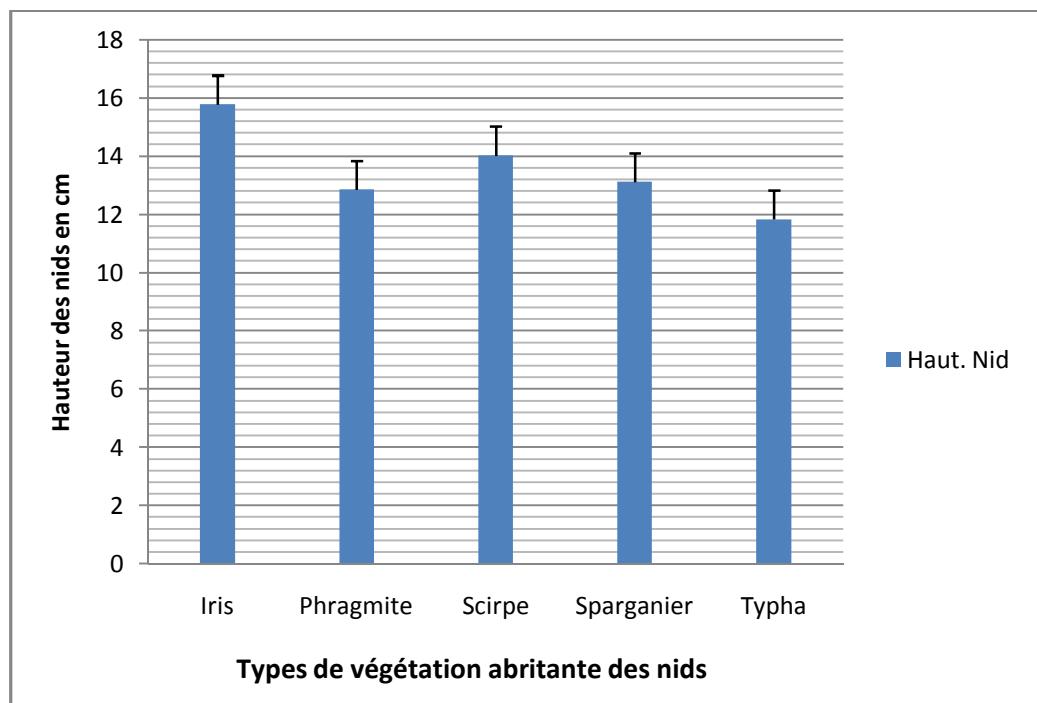
L'analyse de la variance montre une différence non significative entre les dimensions des nids et le type de la végétation abritant les nids. Ceci indique que les dimensions des nids restent les mêmes quelle que soit la végétation utilisée. Nous constatons aussi une relation inverse entre les dimensions des nids et la concentration de la végétation protectrice, à l'exception de la hauteur des nids (diamètre extérieur;  $r = -0.321$ ,  $p=0.007$ , diamètre intérieur;  $r = -0.341$ ,  $p=0.008$ , la hauteur des nids;  $r = 0.113$ ,  $p=0.122$ ). Il est alors admis que les couples ne sont pas obligés de construire de nids larges si la densité de la végétation est considérables et si la hauteur est élevée (Figures 22 et 23). Par contre, si les secteurs de nidification sont dégagés ou présentent une densité faible l'apport de matériaux de construction est alors indispensable. (Figures de 19 à 21).



**Figure (19)** : Relation entre le diamètre extérieur des nids et le type de végétation (2008,2009 & 2010)



**Figure (20)** : Relation entre le diamètre intérieur des nids et le type de végétation (2008,2009 & 2010)



**Figure (21) :** Relation entre la hauteur des nids et le type de végétation  
(2008, 2009 & 2010)



**Figure (22) :** un nid de foulque dans un îlot de scirpe à forte densité (Photo personnelle)



**Figure (23)** : un nid de foulque dans un îlot de scirpe à faible densité (Photo personnelle)

## 2-2- Caractéristiques des œufs

### 2-2-1- La grandeur de ponte

Deux critères sont liés aux comportements des oiseaux pour augmenter le nombre de leurs descendances ; la taille de ponte « *clutch size* » et la grandeur de ponte « *brood size* » . Toutefois il existe une confusion entre les deux termes dans la littérature. Dans les années quarante du vingtième siècle LACK 1947, a défini la taille ponte « *clutch size* » comme étant le plus grand nombre des oisillons par couvée que les oiseaux mères peuvent réussir à nourrir, la taille de ponte définie par LACK serait alors équivalente à la taille de ponte optimale, et concerne en particulier les oiseaux nidicoles (NUR, 1984) , « l'oisillon naît à l'état de "larve", il est souvent nu, il a les yeux fermés et ses membres postérieurs sont peu développés, tels que tous les passereaux, les martinets, les perroquets, les pics, les coucous, les pigeons, les rapaces et les hérons. (THEVOZ, 2009) », Chez les espèces nidifuges ce paramètre est difficile à évaluer (fig. 6), du fait que le poussin quitte le nid rapidement, naît à l'état de "véritable petit oiseau ", il est couvert de duvet et ses yeux sont ouverts, ses membres bien développés lui permettant très rapidement de marcher, de nager et de suivre ses parents, il se nourrit seul, les nidifuges regroupent les gallinacés, les grèbes, les oies, les canards, les grues....

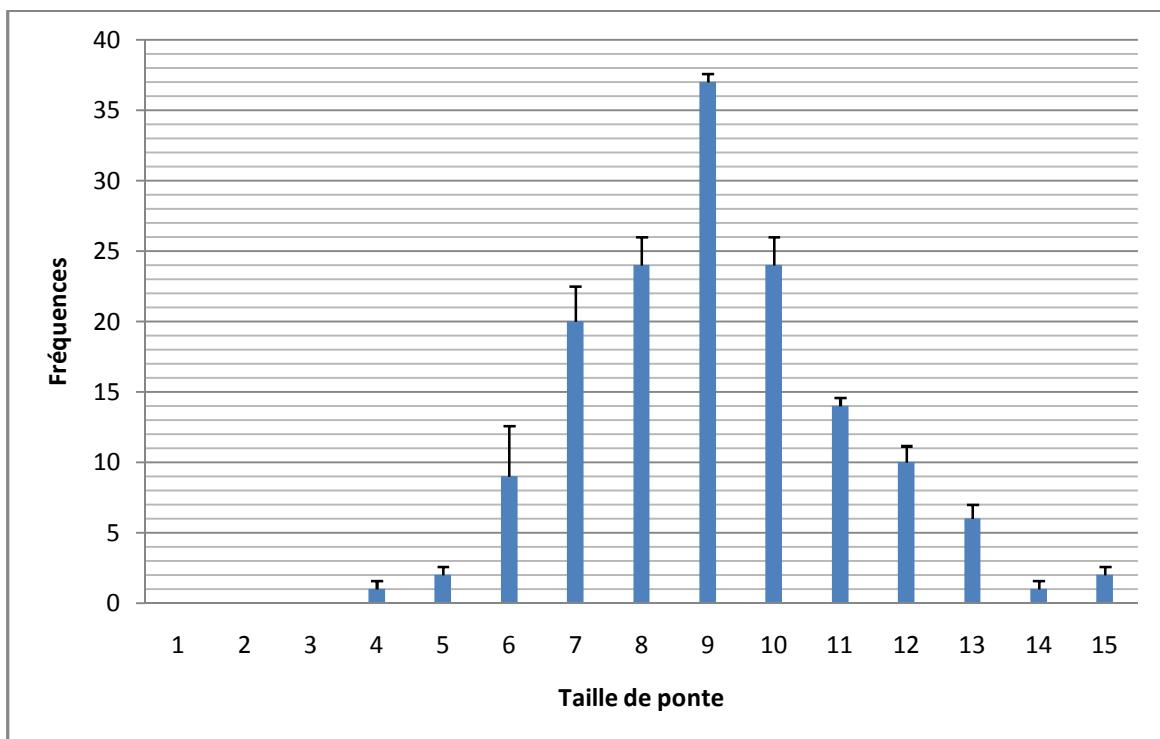
La grandeur de ponte « *brood size* ou taille de la couvée»: désigne le nombre d'œufs qui éclosent avec succès à partir d'une couvée (NUR, 1984). Par extension certains auteurs définissent ce terme comme étant le nombre d'œufs pondus par la femelle lors d'une ponte, (par nichée) (YESOU, 2006, RAVUSSIN, et ROULIN 2007, MAAZI, 2009, MAAZI, 2010, ADAMOU *et al*, 2013. SAHEB, 2009)

Les individus de la même nichée ne seront pas en concurrence chez les espèces nidifuges (GODFRAY, 1991), de ce fait la grandeur de ponte sera convergente à la taille de ponte, dans les conditions où la nourriture est abondante et l'effet de prédation est à son seuil minimal, dans notre travail nous avons estimé la grandeur de ponte par le nombre d'œufs couvé par nichée, arrivant à la phase d'éclosion, ainsi les nids prédatés et ceux qui n'ont pas atteint la période de couvaison à cause du ramassage des œufs et les nids disparus après la pondaison de quelques œufs au cours de la saison, seront exclus de la détermination de la grandeur de ponte , de ce fait seuls les nids où il y avait des éclosions sont pris en considération.

Actuellement on définit la taille de ponte comme étant le nombre total d'œufs pondus dans un nid (RAMADE, 2008), ce paramètre a fait l'objet de plusieurs recherches en écologie évolutive et sa relation avec d'autres paramètres, *sex-ratio* (BOWERS, 2014), risque de prédation (MARTIN, 2014)... et chez plusieurs espèces animales ; insectes (SUZUKI, 2014), reptiles (CARDONA, 2014), et amphibiens (LIAO, 2014).

Le calcul de la moyenne arithmétique et le calcul du mode « le score qui apparaît le plus fréquemment pour une variable donnée » (WILLIAM, 1999) est utilisé pour estimé la grandeur de ponte, dans notre étude on a calculé le mode, cette méthode est largement utilisée pour déterminer la grandeur de ponte chez les oiseaux ; les perdrix (*Predix perdix* ; Ordre des Galliformes) (LACK, 1974), la foulque macroule (WINKLER, et WALTERS, 1983), et pour les grèbes (FIALA, 1991), consiste à calculer les fréquences des nichés sur un intervalle de 4 à 15 œufs par nid (la taille minimale et maximale enregistrée dans notre étude), la grandeur de ponte sera défini par la fréquence la plus élevée.

La figure (24) : illustre la distribution des fréquences de la grandeur de ponte, la majorité des nids de foulque contenait 9 œufs et la grandeur moyenne de ponte enregistrée était de  $9,13 \pm 2,06$  (n = 142 nids ; 57 nids : 2008, 42 nids: 2009, 43 nids : 2010) avec des variations allant de 4 à 15 œufs par nichée.



**Figure (24) :** Distribution des fréquences de la grandeur de ponte de la foulque au Lac Tonga (2008, 2009, 2010) ( $F= 16.87$ ,  $P = 0,00$ )

En comparant nos résultats avec ceux enregistré au Lac Tonga par (RIZI *et al.*, 1999), on constate une grande différence, que soit sur le nombre minimum et maximum d'œufs par nichée (1-8) ou sur la grandeur de ponte ( $4,15 \pm 2,30$ ), dans notre travail on n'a jamais trouvé une couvée d'un seul œuf sauf s'il y a eu une prédation ou un ramassage des œufs, en outre on a remarqué que les couvées de plus de dix œufs sont largement fréquentes, le travail précité s'appuyait sur la base de 43 nids, pendant une seule saison, avec des données récoltées essentiellement sur les nids se trouvant sur la berge, ou dans les endroits moins profonds (moins de 1,80m ) sont, certainement, les principales raisons qui ont conduit à ces résultats.

La fécondité des oiseaux semble dépendre, au moins en partie, des risques encourus par leur progéniture. En effet, les espèces les plus prolifiques sont souvent celles qui subissent les pertes les plus lourdes. Ainsi les espèces dont les œufs sont fréquemment détruits compensent cette mortalité en pondant chaque année deux ou trois fois, parfois même plus. C'est le cas de plusieurs espèces telles que le Merle noir ou le Moineau domestique. Les grands rapaces comme l'Aigle royal, dont les œufs et les jeunes courrent moins de dangers, ne pondent au

maximum que deux (ou trois) œufs une seule fois par an, mais de ces œufs pondus, il n'y a très souvent qu'un seul jeune qui prend son envol. (THEVOZ, 2009)

Concernant la foulque macroule ,au dix-huitième siècle, dans les zones humides de la France, LECLERC, 1788 a affirmé que cette espèce pond dix-huit à vingt œufs, et quand la première couvée est perdue souvent la femelle en fait une seconde de dix à douze œufs car cette espèce est très féconde (DE SEVES en 1817), les travaux récents enregistrent de 5 à 11 œufs par nichée (RECK, 2010) et une moyenne 5.6 à 6.1 œufs par nichée (VARO, 2008), chez la foulque américaine (*Fulica americana*) (ZAMMUTO, 1986) a enregistré une moyenne de 8.6, WARNER *et al.*, 1982, à montré que la grandeur de ponte chez la foulque américaine varie selon l'altitude où il a enregistré 8 à haute altitude et 8 à basse altitude.

Nos résultats montrent que la grandeur de ponte calculée varie selon les saisons de 8.67 à 9.81 œufs par nichée, ces valeurs sont relativement élevées. (Tab.9).

La différence spécifique de la grandeur de ponte et la taille de l'œuf sont principalement héréditaires et des variations dans l'approvisionnement alimentaire pour la femelle en particulier peut-être influencé principalement la date de ponte, et la taille moyenne de ponte des différentes espèces d'oiseaux d'eau, ainsi que la taille de ponte est inversement corrélée à la taille relative de l'œuf, cela s'applique aux Anatidées. (LACK, 1967)

Plusieurs auteurs affirment la relation entre la taille de ponte et la disponibilité de la nourriture à la femelle au moment de la pondaison, (LACK 1967), (WINKLER, WINKLER, 1983), (WALTER, et KOENIG, 1986), (KULESZA, 1990), (FIGUEROLA, et GREEN, 2005), l'abondance des aliments, en particulier, pendant l'hiver augmente la taille de ponte (LIMA, 1987), en outre DUNN, *et al.*, 2000, confirme que la taille de ponte augmente avec la longitude -la longueur du jour-, la pollution peut affecter la fécondité notamment la taille de ponte chez certains espèces tels que les Anatidée (BESOMBES, 1981), Tonga est un lac du type palustre, se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque composée d'hélophytes ; scirpes, phragmite, typha mais aussi des plantes immergées ; *Polygonum*, et *Potamogeton*... qui fait du lac un lieu de gagnage idéal pour les oiseaux herbivores, le climat doux qui caractérise la région d'EL Kala, au Nord-Est de l'Algérie, offre aux oiseaux un lieu d'hivernage parfait, ces conditions expliquent l'augmentation de la grandeur de ponte enregistrée, pendant les années d'études 2008,2009, et 2010 (Tab. 9).

**Tableau (9)** : la grandeur de ponte pendant les années ; 1997, 2008, 2009 et 2010

2008 (n= 57)		2009 (n=42)		2010 (n=43)		1997 (n=43) (RIZI et al., 1999)	
Moy ± σ	(Min-Max)	Moy ± σ	(Min-Max)	Moy ± σ	(Min-Max)	Moy ± σ	(Min-Max)
8,67±2,17	(4-15)	9,05±1,91	(5-13)	9,81±1,89	(7-15)	4,15 ± 2.30	(1-8)

## 2-2. dimensions des œufs

Les données relatives aux dimensions des œufs mesurés sont résumées dans le tableau 10. Les dimensions des œufs chez la foulque macroule sont en relation avec l'abondance de la nourriture notamment pendant la période qui précède la période de pondaison (DECKER, et al., 2012), chez les Galliformes le poids des œufs et en relation inverse avec la taille de ponte (LACK, 1968, in URIEL, 1975), cependant la taille et l'âge des femelles n'influent pas sur la taille des œufs, ceci est confirmé chez plusieurs espèces d'oiseaux (CONRAD et ROBERTSON, 1993).

néanmoins on a constaté au cours de notre travail que tous les œufs de certains nids sont de petites dimensions, tandis que d'autres sont tous de grande taille (voir les chiffres mini-max dans le tableau 10 ), peut être cela est en relation avec les différentes populations qui fréquentent le site pour se reproduire, celles qui hivernent dans des sites riches en alimentations pondent des œufs plus grands que celles qui passent leur hivernage dans des sites pauvres, ceci indique peut-être qu'ils existent plus d'une seule population nicheuse dans le lac.

En outre chez certaines espèces interviennent d'autres paramètres sur les dimensions des œufs, chez la Mésange bleue *Parus caeruleus ultramarinus* l'analyse des dimensions des œufs sur six stations d'étude qui, représentant deux types d'habitat (les riches forêts caducifoliées, opposées aux forêts sempervirentes pauvres de *Quercus suber*) et trois altitudes (30 m, 500 m et 900-1 000 m) a montré que les œufs diffèrent selon l'altitude (opposition entre le plus bas niveau et les suivants) mais pas selon l'habitat. (CHABI et al., 2000)

Les résultats enregistrés sur le même site il y a une décennie (RIZI et al., 1997), sont similaires toutefois l'intervalle des valeurs mini-max enregistré en 2008 est plus large, on pense que c'est dû à la taille des échantillons utilisés dans le calcul (n=27 en 1997, n=365 en 2008).

**Tableau (10) : les caractéristiques des œufs**

Poids (n= 355) (p :g)	Diamètre équatorial (n=355) (L : mm)	Diamètre polaire (n=355) (B : mm)	Volume * (VCm <sup>3</sup> = K <sub>v</sub> . LB <sup>2</sup> )
$\bar{X}$ (Min-Max)	$\bar{X}$ (Min-Max)	$\bar{X}$ (Min-Max)	$\bar{X}$ (Min-Max)
<b>35,58(25,50-54,50)</b>	<b>35,80 (25,60-41,00)</b>	<b>52,78 (45,74 -60,38)</b>	<b>49,76 (26,73-74,59)</b>

\* K<sub>v</sub>: constante spécifique pour chaque espèce : chez la foulque=0.499, (HOYT, 1979)

### 2-3- Le succès de la reproduction

Plusieurs indices peuvent déterminer le succès de la reproduction, du point de vue quantitative le nombre d'œufs et de nids pendant la saison de la reproduction peuvent montrer l'aspect quantitatif du succès de la reproduction d'une population, cependant le taux d'éclosion et les facteurs responsables de l'échec de l'éclosion sont des paramètres qui évaluent la rentabilité des paramètres quantitatifs de la reproduction, les deux indices déterminant la reproduction d'une population, dans notre travail on a essayé d'étudier les deux types d'indice pour mieux connaître les paramètres limitant la reproduction de la foulque macroule au Lac Tonga afin de soumettre des propositions pour la conservation de cette espèce.

Pour mieux comprendre la stratégie de la reproduction de la foulque macroule dans le Lac Tonga, on a essayé de diviser le cycle de la reproduction qui s'étale sur quatre mois environ, en trois périodes ; le début de la saison (la première période) dès la première ponte, qui coïncide avec la fin du mois de mars, jusqu'à la fin du mois d'avril, caractérisée par une augmentation progressive du nombre de nids, une deuxième période qui s'étale tout au long du mois de mai, le nombre de nids pendant cette période atteint son apogée, la troisième période est marquée par une diminution progressive de l'installation de nouveaux nids à partir du mois de juin jusqu'au début du mois de juillet, où on ne trouve presque pas de nouveaux nids en construction.(Fig. 28).

#### 2-3-1. Nombre d'œufs par période de ponte

Les figures (25) et (26) montrent l'évolution du nombre d'œufs par mois et par période de reproduction, on constate que le nombre des œufs pondus au cours du mois de mai et beaucoup plus élevé en comparaison avec celles pondus au cours des deux autres périodes, ceci est confirmé par le calcul statistique, l'analyse de la variance à un facteur montre une différence significative ( $F= 27.55$   $P=0.001$ ), la comparaison multiple des moyennes selon le test de Fischer montre la répartition des moyennes en deux groupes, un pic tout au long du

mois de mai avec deux périodes similaires à faible production d'œufs pendant le début et la fin de la saison.

L'analyse de la variance a montré une différence non significative entre les années ( $F= 0.27$   $P=0.774$ )

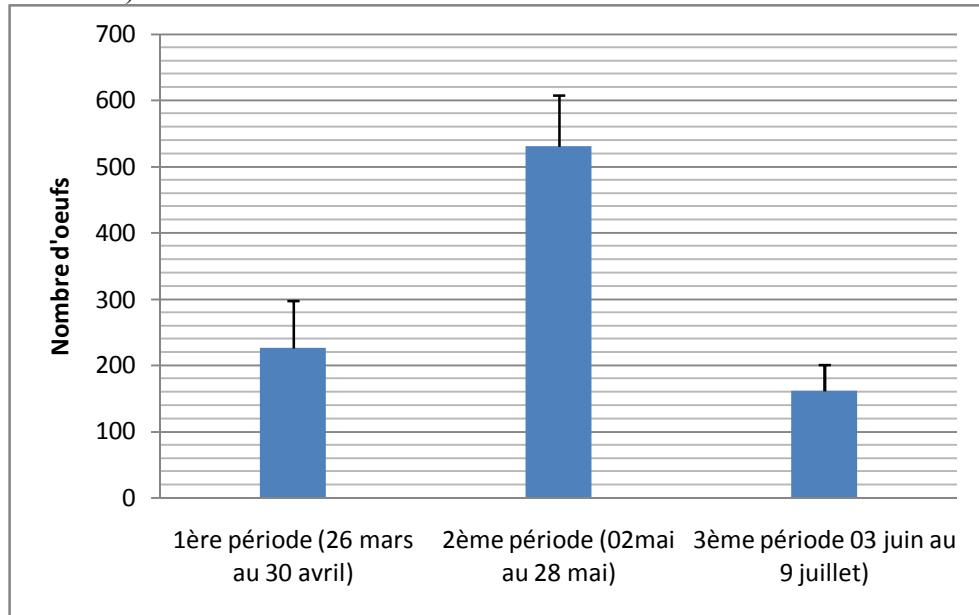


Figure (25) : nombre d'œufs par période de ponte  
(2008,2009 & 2010)

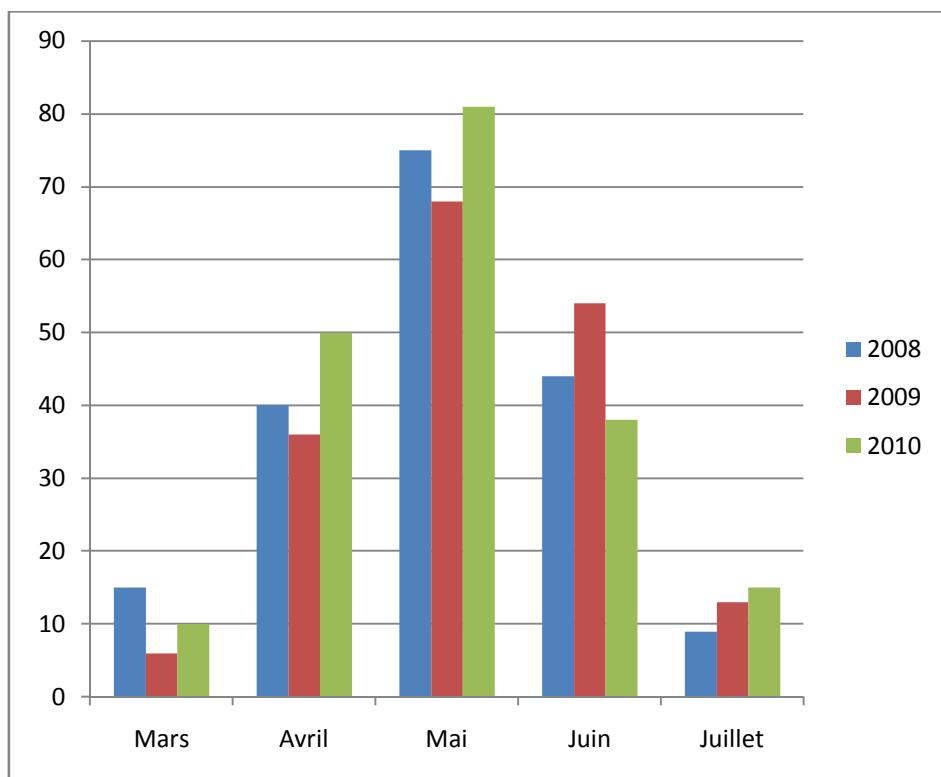
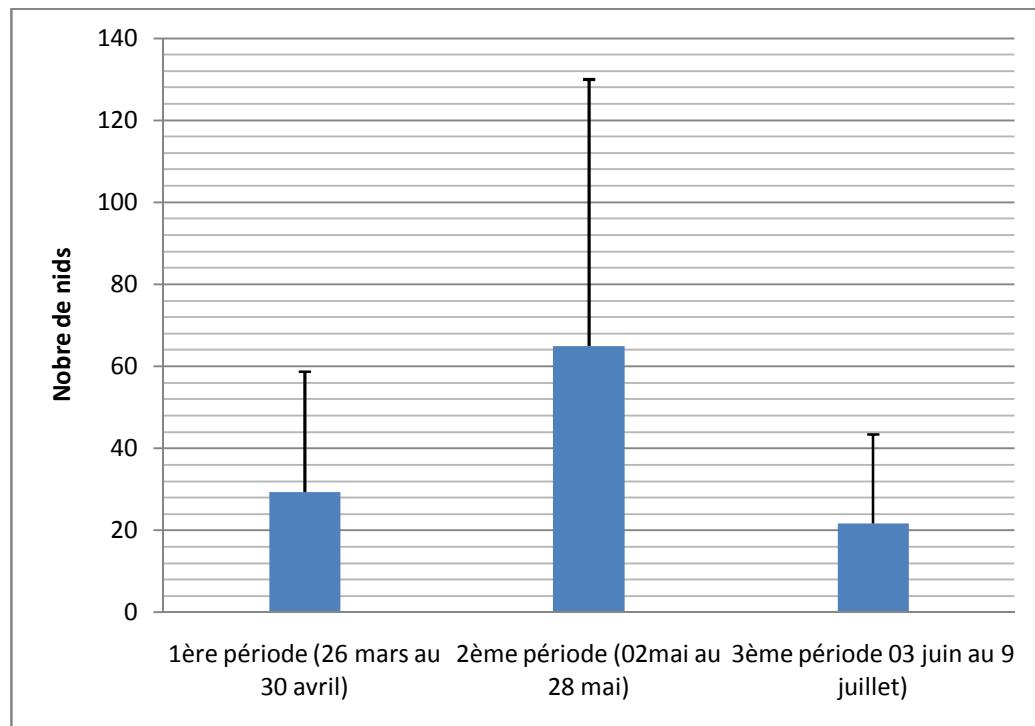


Figure (26) : nombre d'œufs pondus par mois (2008-2009-2010)  
(2008,2009 & 2010)

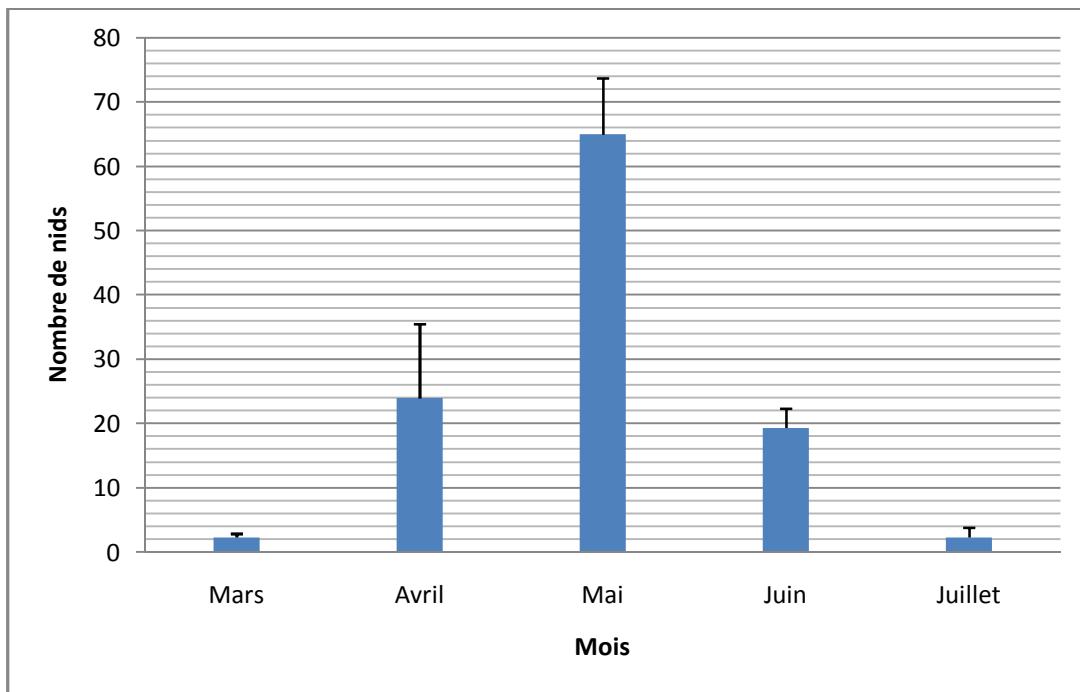
### 2-3-2. Distribution temporelle des nids durant la saison de la reproduction

L'analyse de la variance à deux facteurs montre une différence non significative entre les années d'études ( $F=0,12$   $p=0,892$ ), et une différence hautement significative concernant le nombre de nids pendant les différentes périodes de reproduction ( $F=18,30$   $p=0,010$ ), comme le montre la figure ( 27), le nombre de nids au démarrage de la saison, pendant la fin du mois de mars et au long du mois d'avril reste réduit, aussitôt il commence à augmenter rapidement au cours de la deuxième période qui coïncide avec le mois de mai où il atteint son maximum, puis l'installation de nouveaux nids commence à se rétrécir dès le début du mois de juin jusqu'à la fin de la période de ponte vers le mois de juillet, dès la première semaine du mois de juillet on ne trouve presque pas de nouveaux nids en construction.



**Figure (27) : distribution temporelle des nids durant la saison de reproduction.**

(2008,2009 & 2010)



**Figure ( 28 )** : nombre de nids par mois (2008-2009-2010)  
(2008,2009 & 2010)

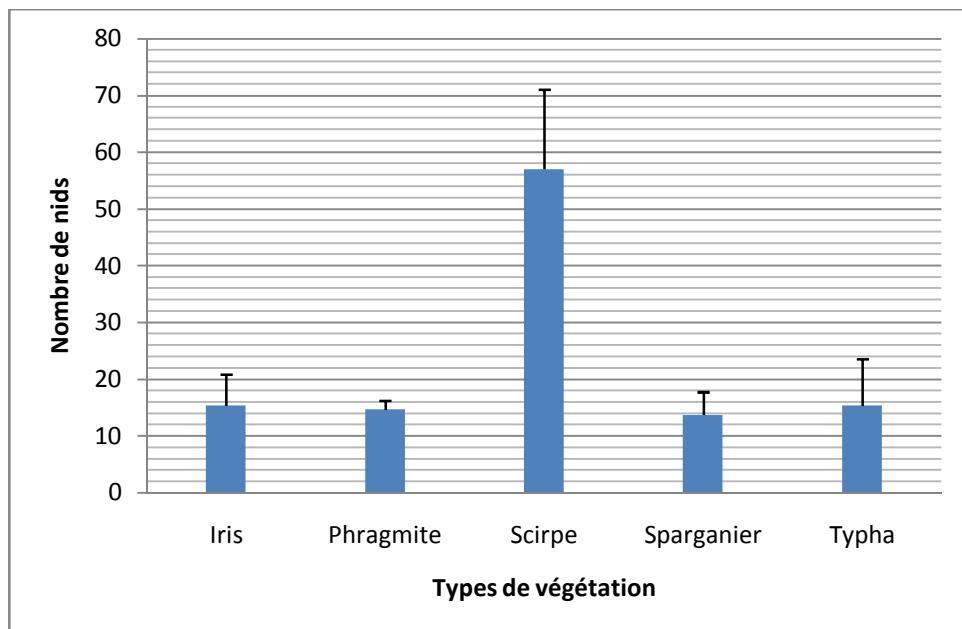
### 2-3-3 . Distribution des nids en fonction du type de la végétation :

La végétation aquatique du Lac Tonga a fait l'objet d'études floristiques et phytosociologiques au cours desquelles ont été décrits plusieurs associations et groupements végétaux. Cette variété de groupements végétaux aquatiques dénote la grande richesse du lac ; elle confère au site une remarquable diversité fonctionnelle vis-à-vis de l'avifaune aquatique, une étude réalisée par KADID *et al.*, en 2007 a confirmé la présence de plus de 50 espèces d'hydrophytes appartenant à 20 associations végétales, dans le Lac Tonga la foulque macroule utilise essentiellement comme lieu de nidification cinq espèces ; le scirpe lacustre « *Scirpus lacustris L.* », le phragmites « *Phragmites australis* », le typha « *typha angustifolia* » l'iris « *Iris pseudacorus* », et le Sparganier (*Sparganium neglectum*), dans notre étude on a essayé de connaître le type de végétation préféré pour la nidification de la foulque macroule, ainsi que la densité et la hauteur de la végétation, et la relation entre ces paramètres et le succès de la reproduction.

### 2-3-3-1- Distribution totale des nids en fonction du type de végétation

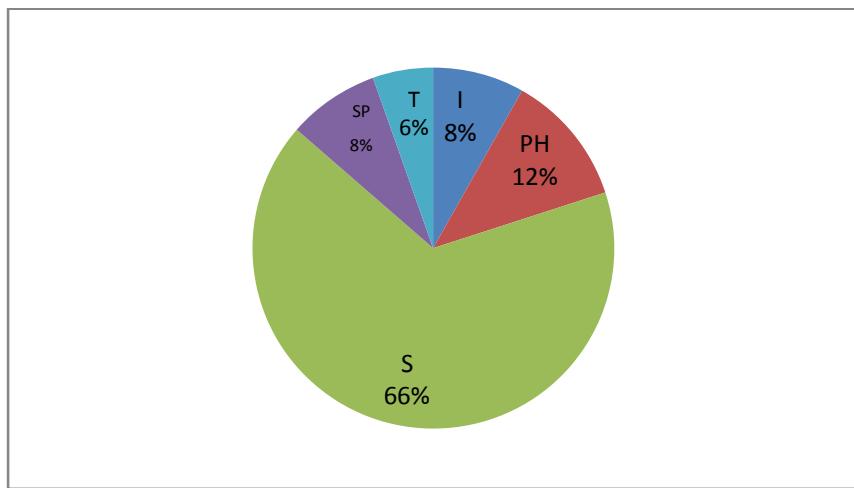
Sur l'ensemble des nids étudiés on remarque que dans leur majorité sont construits dans les îlots du scirpe lacustre, les restes des nids sont distribués à parts égales dans le sparganier, l'iris, le typha et le phragmite, fig. (30 ; a ; b et c) notant que dans notre étude on a classé la végétation mixte selon l'espèce dominante.

L'analyse de la variance à deux facteurs montre une différence non significative entre les années d'études ( $F=0.02$ ,  $P=0.985$ ), et une différence significative ( $F=17.22$ ,  $P=0.000$ ) concernant la distribution des nids par rapport au type de végétation protégeant les nids, la comparaison des moyennes montre deux groupes, le premier groupe occupé par le scirpe lacustre, où la majorité des nids sont installés, et une distribution homogène entre le reste des types de végétation qui occupent ensemble le deuxième groupe . (Fig. 29)

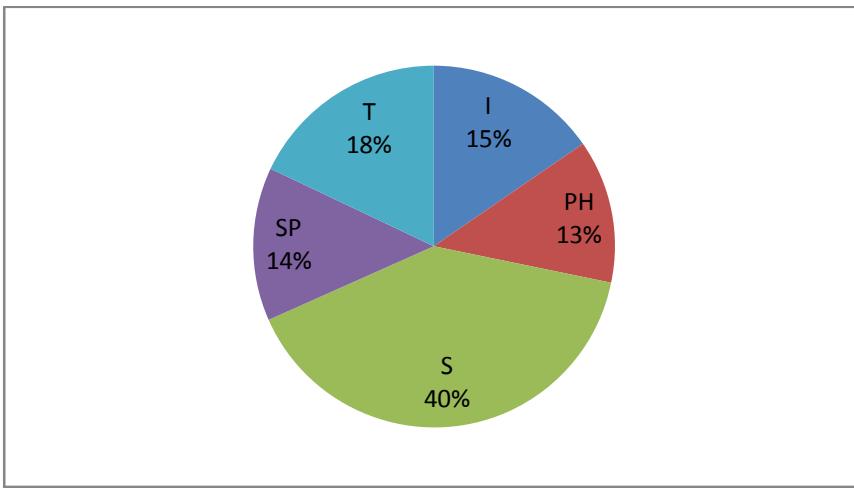


**Figure (29)** : distribution totale des nids en fonction du type de la végétation

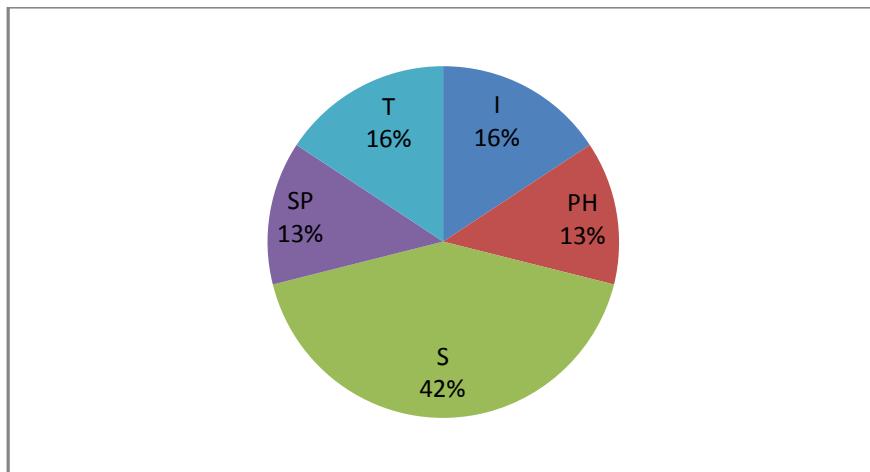
(2008,2009 & 2010)



**Figure (30 - a)** : répartition totale des nids par rapport à la végétation (2008)



**Figure (30 - b)** : répartition totale des nids par rapport à la végétation (2009)



**Figure (30 - c)** : répartition totale des nids par rapport à la végétation (2010)

**2-3-3-2- Distribution temporelle des nids par rapport à la végétation :**

Les groupements de végétaux de nidification cités présentent des cycles végétatifs différents, le Lac Tonga au début de l'hiver apparaît dégagé de toute formation végétale annuelle, a l'exception de quelques espèces pérennes qui occupent la berge du lac, parfois elles forment des îlots à l'intérieur du lac tel que les ronces et les arbrisseaux du saule..., au début du printemps plusieurs espèces hydrophytes couvrent progressivement la surface du lac, le scirpe lacustre est parmi les premières espèces émergentes de la surface, qui forment des îlots qui deviennent plus en plus denses, suivies par le nénuphar, l'Iris, les différentes espèces de *Polygonum*, phragmite, typha et apparaisse tardivement le sparganier, d'autres espèces complètement ou partiellement immergés tels que les espèces du genre *Polygonum* et le genre *Potamogeton* couvrent de vastes étendues (fig. 31 à 39)



**Figure (31) :** îlot d'*Iris pseudocorus* (un lieu de nidification pour la foulque macroule)



**Figure (32) :** îlot de *Typha angustifolia* (lieu essentiel de nidification pour la foulque macroule)



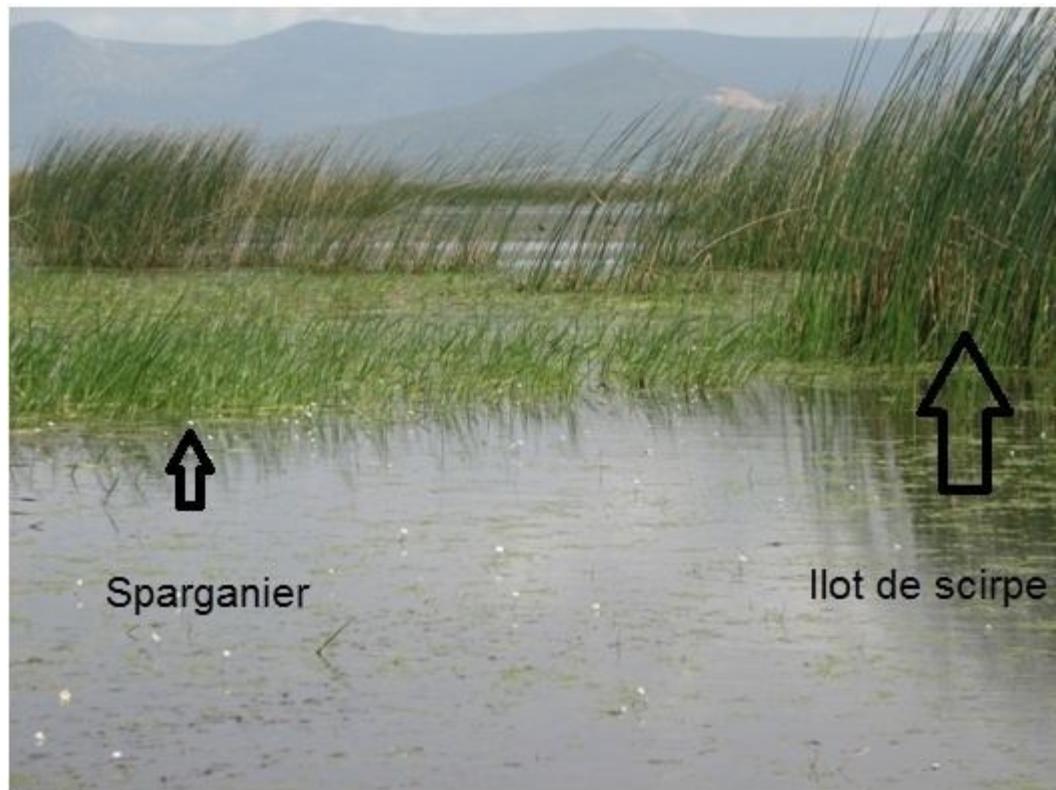
**Figure (33)** : îlots de Nenuphares blanc : *Nymphaea alba* (source de nourriture pour la foulque)



**Figure (35)** : îlot de phragmite : *Phragmites australis* (lieu de nidification pour la foulque)



**Figure (35) :** *Potamogeton trichoides* en partie émergé (source de nourriture et utilisé pour la construction des nids de la foulque)



**Figure (36) :** à droite un îlot de scirpe et au centre le sparganier au début de son développement. (Lieux de nidification pour la foulque)



**Figure (37) : le sparganier *Sparganium neglectum* (bien développé) (un lieu de nidification pour la foulque)**



**Figure (38) : *Ceratophyllum demersum* : (source de nourriture et utilisé pour la construction des nids de la foulque)**



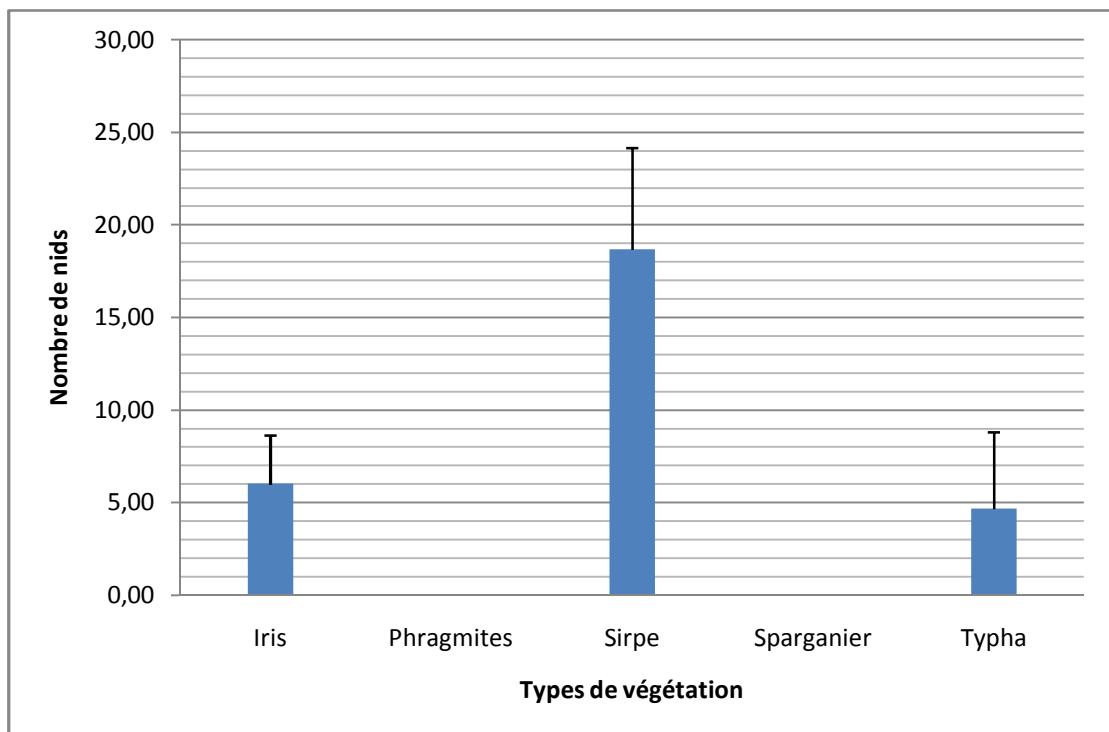
**Figure (39) : *Myriophyllum spicatum* : source de nourriture et utilisé pour la construction des nids de la foulque)**

#### 2-3-3-2-1- La première période :

Au début de la saison on remarque que la majorité des nids est installée dans les îlots du scirpe lacustre, suivi par l'iris et enfin les îlots du typha, les seules formations disponibles pendant cette période, les îlots du scirpe sont privilégiés pour l'installation des nids probablement pour deux raisons ; en ce moment les îlots du scirpe sont largement dominants, et la plupart sont éloignés de la berge, et présentent ainsi un refuge bien protégé, en comparaison avec les formations du typha qui occupent les eaux moins profondes sur les

rives du lac, plus exposées au dérangement, où niche une minorité de couples qui choisissent les endroits les plus discrets, les îlots de l'iris représentent la formation classée en deuxième position en termes d'abondance après le scirpe, elle occupe la seconde place en matière de nombre de nids, l'Iris se développe surtout à l'intérieur du lac loin de la berge c'est la raison pour laquelle il occupe cette position.(fig. 40)

Notant qu'on n'a jamais trouvé de nids installés dans le nénuphar, sauf s'il est associé au scirpe ou au phragmite, pourtant c'est l'une des sources principales d'alimentation pour la foulque ( PAILLISSON et MARION, 2001).



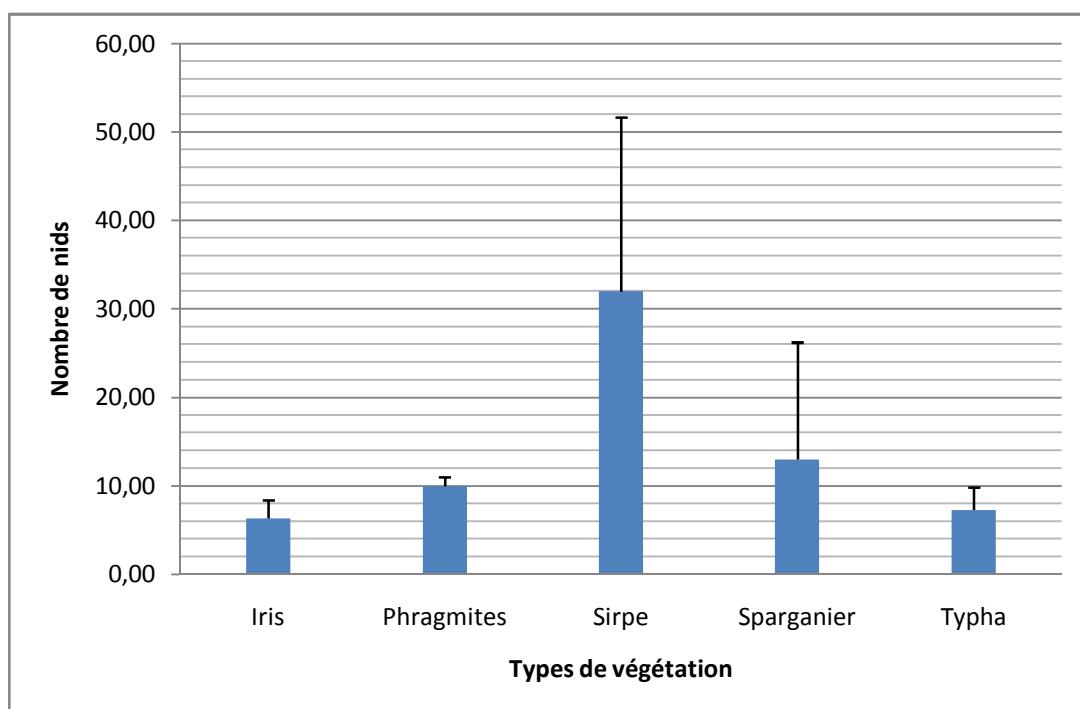
**Figure (40)** : Distribution des nids suivant la végétation pendant la première période de la reproduction. (2008,2009 & 2010)

L'analyse de la variance à un facteur révèle une différence hautement significative ( $F=24,67$   $p=0,000$ ) concernant la distribution des nids par rapport à la végétation, la comparaison des moyennes montre la présence de trois groupes, le scirpe lacustre en premier lieu, suivi par l'Iris et le typha, pendant cette période le sparganier au début de son apparition et les îlots du phragmite sont à très faible densité, ce qui a conduit à l'absence des nids dans ces types de végétation.

### 2-3-3-2-2- La deuxième période

Le nombre croissant des nids pendant cette période qui a atteint plus que le double par rapport à celui de la première période, oblige les nouveaux couples, ou ceux qui ont perdu leurs nids soit par ramassage illégal des œufs ou par la prédateur, à chercher d'autres lieux de nidification, dès le mois de mai apparaissent d'autres types de végétations qui peuvent être de nouveaux refuges pour eux, par ailleurs, les îlots du scirpe pendant cette période atteindront leurs tailles maximales ce qui leur donne une capacité d'accueillir de nouveaux nids .

La figure (41) le nombre de nids rencontré dans scirpe lacustre augmente légèrement , pendant cette période, on découvre aussi des nids installés soit dans le phragmite ou le sparganier, le nombre de nids trouvé dans l'Iris ou le Typha reste stable, ceci est confirmé par l'analyse statistique qui montre une différence significative concernant le nombre de nids entre périodes, et une différence significative est signalé aussi ( $F= 8.40$ ,  $p=0.003$ ) entre les types de végétation, la comparaison multiple des moyennes indique que le nombre de nids dans le scirpe est très élevé par rapport à celui dans les autres types de végétation qui occupent la même catégorie (en nombres de nids).

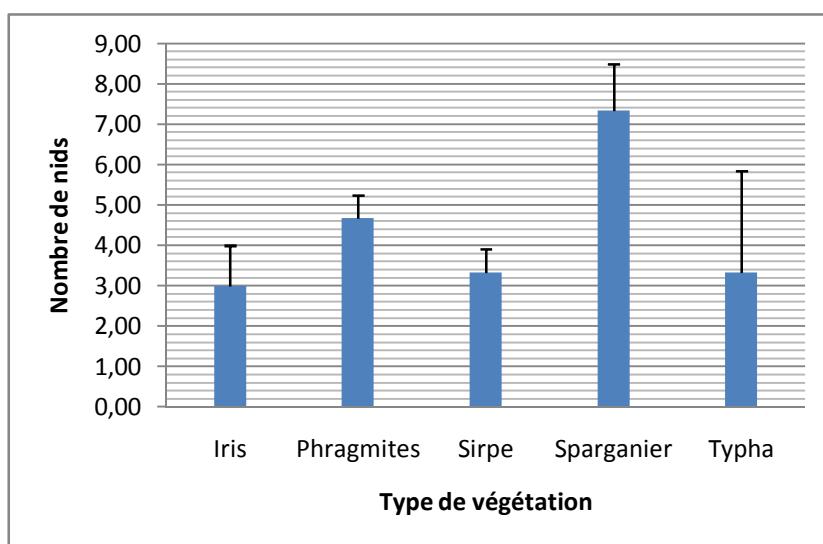


**Figure (41)** : Distribution des nids suivant la végétation pendant la deuxième période de la reproduction. (2008, 2009 & 2010)

### 2-3-3-2-3- La troisième période

L'analyse de la variance à un facteur montre une différence significative concernant la répartition des nids par rapport à la végétation ( $F= 4,57 \quad 0,023$  ;  $P=0,023$ ), la comparaison multiple des moyennes montre la présence de trois groupes, la majorité des nids se trouvent dans le sparganier suivi par le phragmite et le troisième groupe rassemble les trois autres espèces à savoir ; le scirpe, l'Iris et le typha, comme le montre aussi la figure (42).

Pendant cette période de fin de cycle de la reproduction qui commence avec la première semaine du mois de juin et s'achève au début du mois de juillet, le nombre de nouveaux nids en construction revient à son minimum, le lac se rétrécit sous l'effet de l'évaporation, le typha se trouvait partiellement submergé et commence à se dégrader, les îlots du scirpe commencent à se dessécher, en revanche le sparganier couvre une surface étendue de verdure plus en plus vaste sur la berge (fig. 36, 37) occupant ainsi toute la périphérie moins profonde du lac, dans ces conditions les nids se répartissent dans les îlots du scirpe qui gardent une partie de leurs capacités d'abriter de nouveaux nids, un nombre important des nids se retrouvent dans le sparganier, l'Iris est minoritaire se trouvant en particulier dans le large du lac, avec le phragmite, il forme de petits îlots, il garde la même capacité d'accueil, le phragmites dans les endroits de plus de deux mètres de profondeur, dans cette période les tiges dépassent les trois mètres de hauteur et la densité devient plus en plus élevée la prospection de ces endroits devient très difficile, et on ne peut pas pénétrer par le kayak dans ces îlots sans faire trop de dégâts, notre observation c'est limitée sur les bordures de ces îlots, qui abritent un nombre important de nids de foulque accompagnés des nids de plusieurs passereaux.



**Figure (42)** : Distribution des nids suivant la végétation pendant la troisième période de la reproduction. (2008,2009 & 2010)

## 2-4- Sort des nids :

### 2-4-1. Taux d'éclosion

Les premiers poussins sont aperçus dès la deuxième quinzaine du mois d'avril, cependant les premiers signes d'éclosion parfois des poussins, pour les nids suivis, sont enregistrés à partir de la fin du mois d'avril (7-mai-08, 30-avr-09 et 29-avr.-10) (fig. 40).

La figure (43) montre que les premières éclosions sont enregistrées vers la fin du mois d'avril, puis le taux d'éclosion commence à augmenter tout au long du mois de mai, jusqu'à ce qu'il arrive à son niveau le plus élevé vers la fin du mois de juin, où il commence à diminuer pendant le mois de juillet jusqu'à la fin de la saison.

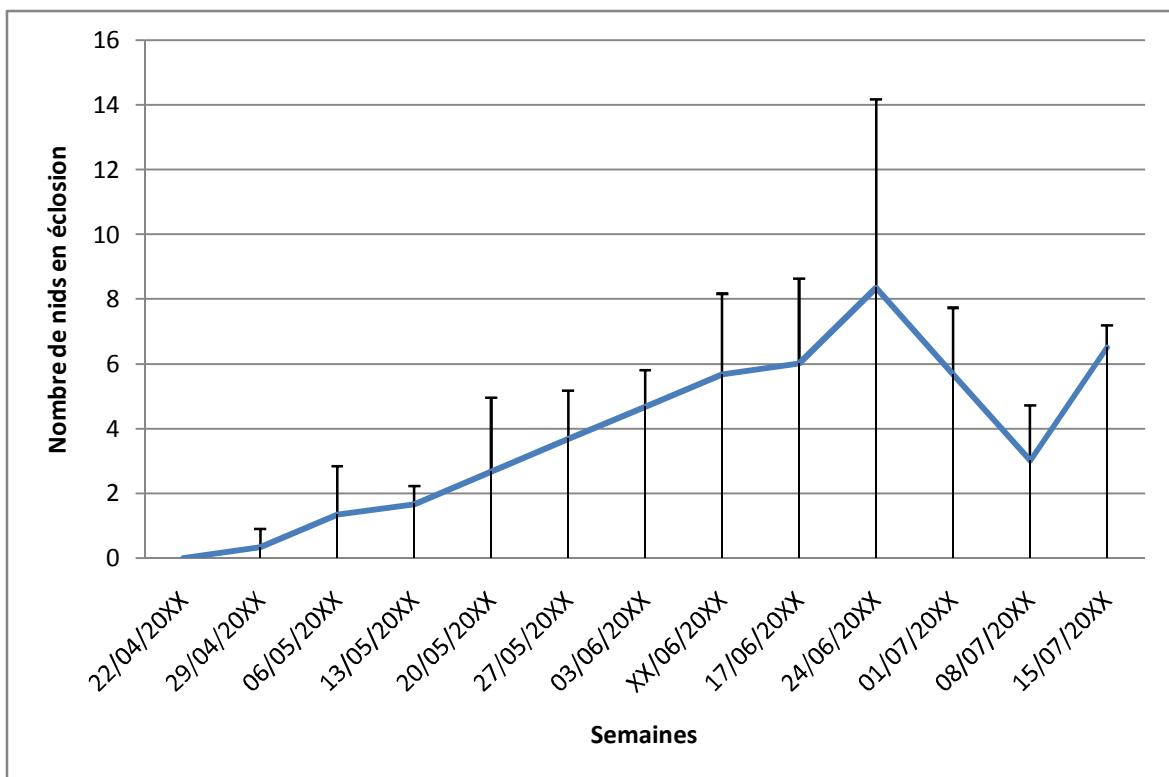


Figure (43) : évolution du taux d'éclosion au cours de la saison de la reproduction.  
(2008,2009 & 2010)



**Figure (44) :** éclosion du premier œuf d'un nid de foulque (Photo personnelle)

L'analyse des résultats illustrés dans les figures (25,26, 27) concernant la distribution des nids et des œufs au cours de la saison, nous permet de conclure que la période de reproduction réelle de la foulque macroule au lac Tonga s'étale sur quatre mois environ, à partir de la dernière semaine du mois de mars jusqu'à la fin du mois de juillet, avec une période critique qu'on peut répartir en deux phases ; une phase de pondaison, dès la fin du mois d'avril qui s'étale tout au long du mois de mai, et une phase de couvaison-éclosion, qui commence vers le mois de mai et s'achève vers la fin du mois de juillet.

Des résultats similaires ont été observés chez la foulque américaine, au Colorado (WARNER *et al.*, 1982) avec un cycle réduit, allant de la deuxième quinzaine du mois d'avril à mi – juillet, avec une période de ponte allant du 25 avril au 12 juin, le résultat de cette étude montre aussi que la période de reproduction devient courte en haute altitude, les premières éclosions s'observent à partir de la deuxième quinzaine du mois de mai jusqu'au début du mois d'août avec un pic d'éclosion allant du 30 mai au 4 juillet.

Déterminer cette période est très important pour la mise en place d'un programme de conservation de cette espèce.

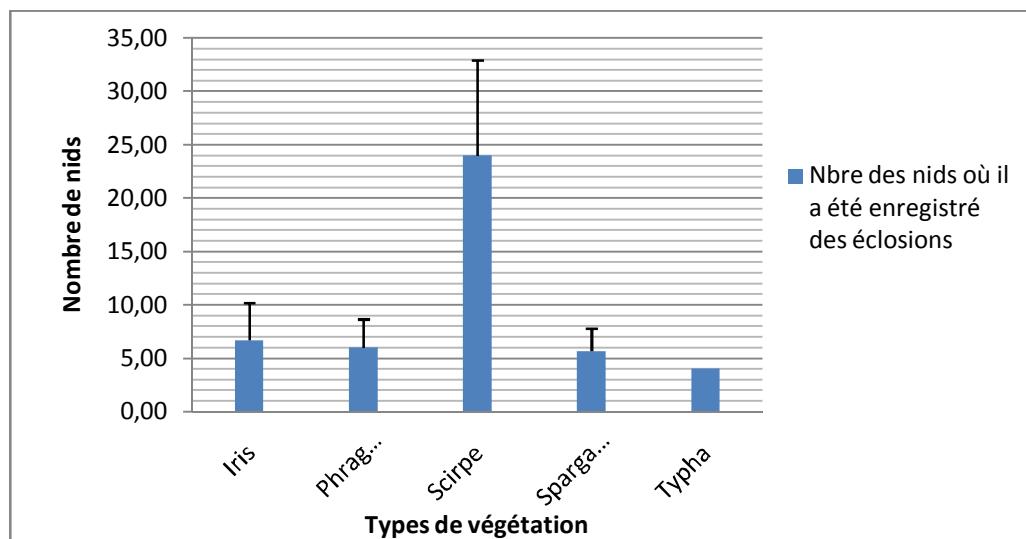
#### **2-4-2. Les facteurs influençant la réussite de la reproduction :**

L'indice pris comme indicateur de la réussite de la reproduction est le taux d'éclosion, donc on a essayé d'analyser les différents paramètres qui caractérisent le biotope de l'espèce en relation avec le taux d'éclosion.

### 2-4-2-1. Le type de végétation

L'analyse de la variance du nombre de nids où il a été enregistré des éclosions des œufs, en fonction de la végétation, montre une différence significative, ( $F=10.05$   $P=0,002$ ), la comparaison des moyennes avec le test de Fischer révèle la distribution des nids en deux groupes, la majorité des nids où il a été enregistrées des éclosions sont installés dans les îlots du scirpe lacustre avec 63% , le reste des éclosions sont réparties sur les autres types de végétation à part égale. (Fig. 45)

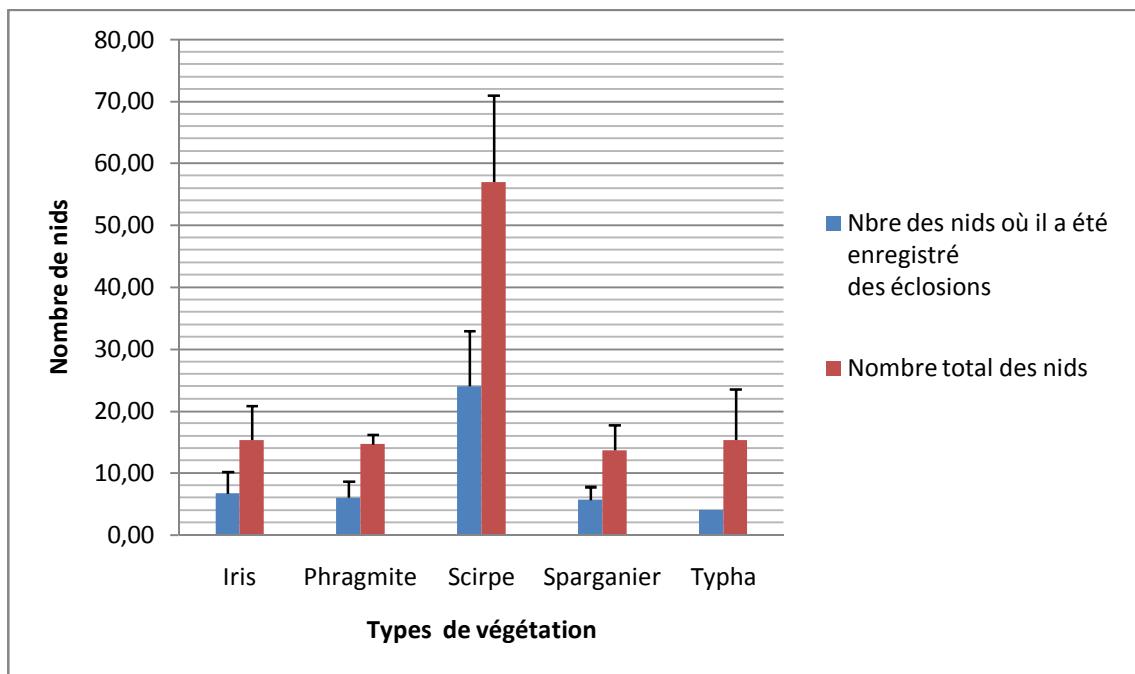
Les résultats illustrés dans la figure (29) ont montré que la majorité des nids sont abrités dans les îlots du scirpe, et les autres types de végétation abritent le même nombre de nids, c'est la raison pour laquelle le nombre total d'éclosion a été enregistré suivant le type de distribution des nids.



**Figure (45)** : nombre total des nids où il a été enregistré des éclosions selon le type de végétation. (2008,2009 & 2010)

Pour connaître quelles sont les types de végétation qui présentent le taux le plus élevé d'éclosion, et qui favorisent ainsi le succès de la reproduction on a testé la relation entre le pourcentage des nids où il a été enregistrés des éclosions par rapport au nombre de nids abrités dans le même type de végétation, en comparant les résultats de tous les types de végétation on a obtenu les résultats représentés dans la figure (46), qui montrent un taux plus élevé d'éclosion enregistré au niveau des îlots du scirpe lacustre avec 43.48% des nids installés, par contre les résultats les plus faibles ont été enregistrés au niveau du typha avec 26.09 % des nids, le phragmite le sparganier et l'Iris ont donné des résultats similaires

moyens avec un taux qui varie de 40.91% à 41.46%. L'analyse de la variance (  $F= 1.40$   $P=0,003$  ) et la comparaison des moyennes par le test de Fischer confirme ces résultats.



**Figure (46)** : le taux d'éclosion des nids selon le type de végétation. (2008,2009 & 2010)

#### 2-4-2-2. La densité de la végétation

Pour calculer le test de corrélation, on a divisé la densité de la végétation en trois catégories à savoir ; faible « 1 » : de 0 à 49%, moyenne « 2 » 50% à 75% et haute « 3 » plus de 80% , le calcul du coefficient de corrélation entre la densité de la végétation et les nids qui ont présenté des éclosions, montre une relation positive «  $r=0.183$ ,  $p= 0.004$  » ce qui signifie que plus la végétation dense plus la probabilité de l'éclosion des nids est élevée.

On peut conclure de ces résultats qu'une densité de végétation assure probablement le camouflage des nids qui les mettent à l'abri des prédateurs et augmente la chance de l'éclosion des œufs.

#### 2-4-2-3. la profondeur de l'eau

Pour calculer le test de corrélation, on a divisé la profondeur de l'eau en trois catégories à savoir : faible « 1 » moins de 1 m, moyenne « 2 » de plus de 1 à 1m50 et élevé « 3 » plus de 1m 50, le calcul du coefficient de corrélation entre la profondeur de l'eau au niveau des sites d'installation des nids et les nids qui ont présenté des éclosions montre une

relation positive «  $r=2.273$ ,  $p= 0.004$  » ce qui signifie qu'autant que l'eau de l'emplacement des nids profonde la probabilité de l'éclosion des nids est élevée.

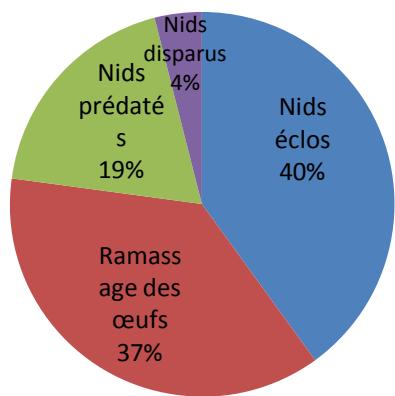
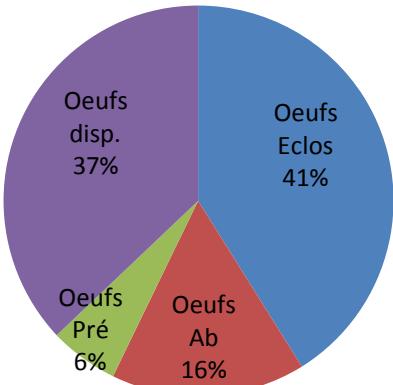
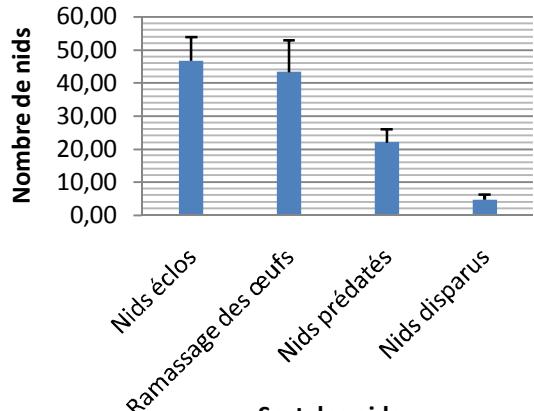
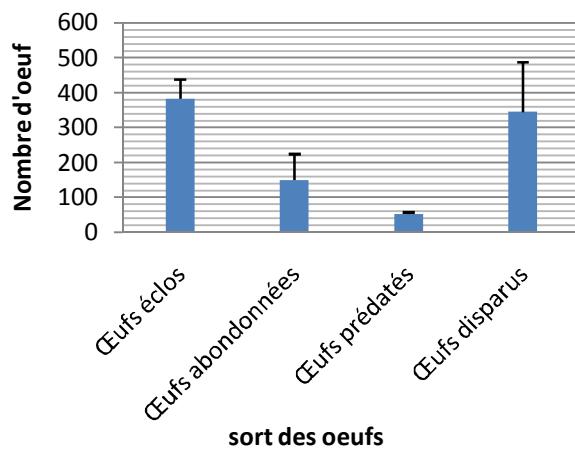
Ce résultat est peut être en relation avec les paramètres anthropiques, les sites de nidification situés à faible profondeur sont aussi proches de la berge, l'activité humaine laborieuse sur la rive du lac conduit à une mauvaise couvaison, les nids proche de la berge sont aussi vulnérables à la prédateur par les rongeurs, et sont facilement ramassés par les enfants des riverains.

#### 2-4-3- Les principales causes de l'échec de la reproduction

Les indices pris comme indicateurs de l'échec de la reproduction, c'est-à-dire les raisons pour lesquelles les œufs n'atteindront pas la phase d'éclosion, sont diverses, on peut les résumer en trois facteurs ; la prédateur la disparition des nids et des œufs et le ramassage des œufs par les riverains.

Les figures (47- 50) résument le sort des nids et des œufs, on constate que l'éclosion des œufs a été enregistrée sur 40% des nids, et 41% des œufs, la principale cause qui a conduit à l'échec de la reproduction est en relation avec l'activité humaine représentée par le ramassage des œufs qui présente 37% des nids, la figure ( 50 ) montre le taux de disparition des œufs qui inclus les œufs ramassés et disparus par les 'conditions naturelles' qui représente un taux considérable 37%, les causes naturelles de l'échec de la reproduction représentées par la prédateur 19% des nids et 6% du nombre total des œufs pondus, tandis que la disparition des nids pour des raisons diverses présente ( 4%) des nids, le taux des œufs abandonnés représente 16% de la totalité des œufs pondus.

L'analyse de la variance montre une différence non significative entre les années d'études, pour le sort des nids et des œufs respectivement ( $F=0.01$ ,  $p=0,988$ ), ( $F=0.05$ ,  $p=0,948$ ), et une différence significative pour les différentes destinées des nids et des œufs, ( $F=28.43$ ,  $p=0,000$ ), ( $F=10.25$ ,  $p=0,004$ ), les moyennes sont classées en trois catégories les nids éclos et les nids dont leurs œufs ont été ramassées, sont dans la même catégorie, suivis par les nids prédatés, les nids disparus représentent une minorité (fig.49), la comparaison des moyennes montre aussi que le nombre d'œufs éclos et les œufs disparus sont similaires, les restes des œufs sont partagés à part égale entre prédatations et œufs abandonnés(fig.50).

**Sort des nids****Figure (47)** : le sort total des nids (exprimé en%)(2008,2009 & 2010)**Sort des œufs****Figure (48)** : le sort total des œufs (exprimé en%) (2008,2009 & 2010)**Figure (49)** : le sort total des nids (2008,2009 & 2010)**Figure (50)** : le sort total des œufs (2008,2009 & 2010)

### 2-4-3-1 . La prédation

Les principaux prédateurs des œufs de la foulque macroule dans le Lac Tonga sont les couleuvres, (ROUAG et BENYAGOUB, (2006) ont inventorié cinq espèces de couleuvres à savoir ; *Macroprotodon cucullatus mauritanicus* (Couleuvre à capuchon) *Hippocrepis hippocrepis* (Couleuvre fer-à-cheval) , *Malpolon monspessulanus insignitus* (Couleuvre de Montpellier), *Natrix maura* (Couleuvre vipérine) et *Natrix natrix astreptophora* (Couleuvre à collier) présentent dans le parc national d’El Kala.

Les couleuvres ne sont pas venimeuses, on pense qu’ils s’attaquent aux œufs. D’après nos observations la couleuvre vipérine (*Natrix maura*) est la plus abondante dans le site

d'étude, c'est un serpent de la famille des Natricidae, elle vit dans les milieux humides, elle est souvent observée en train de nager ou de se réchauffer au soleil au bord de l'eau (fig. 51 a et b.) et (Fig. 52)



**Figure (51. a -)** : une couleuvre vipérine en train de se réchauffer au soleil (Photo personnelle)



**Figure (51. b-)** : une couleuvre vipérine (femelle) en train de se réchauffer au soleil (Identifiée par BONNET, X. (2014))



**Figure (52)** : une couleuvre vipérine dans un nid de foulque. (Photo personnelle)

Les rapaces sont aussi de redoutables prédateurs qui attaquent les nids d'oiseaux moins protégés en détruisant les nids et leurs contenus, provoquant ainsi l'aversion de la femelle envers son nid où elle l'abandonne complètement, cette observation a été signalée par TERRY LELAND (1987), ils n'hésitent pas à enlever des oisillons et ils attaquent aussi les adultes (fig. 53). BENYAKOUB et CHABI 2000 ont recensé vingt et une espèces de rapaces nicheurs dans le parc national d'El Kala, réparti entre espèces abondantes, peu abondantes, communes, et espèces rares, les espèces abondantes sont ; Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*), Buse fécoce (*Buteo rufinus*), Chouette cheveche (*Athene noctua*), Chouette effraie (*Tyto alba*), Chouette hulotte (*Strix aluco*), Epervier d'Europe (*Accipiter nisus*), Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) et Milan noir (*Milvus migrans*)

Les rongeurs peuvent causer des dégâts, souvent sur les nids proches de la berge, ils attaquent les œufs, les signes des œufs cassés avec le jaune d'œuf sur la surface des nids sont les symptômes qui indiquent ce type de prédation.

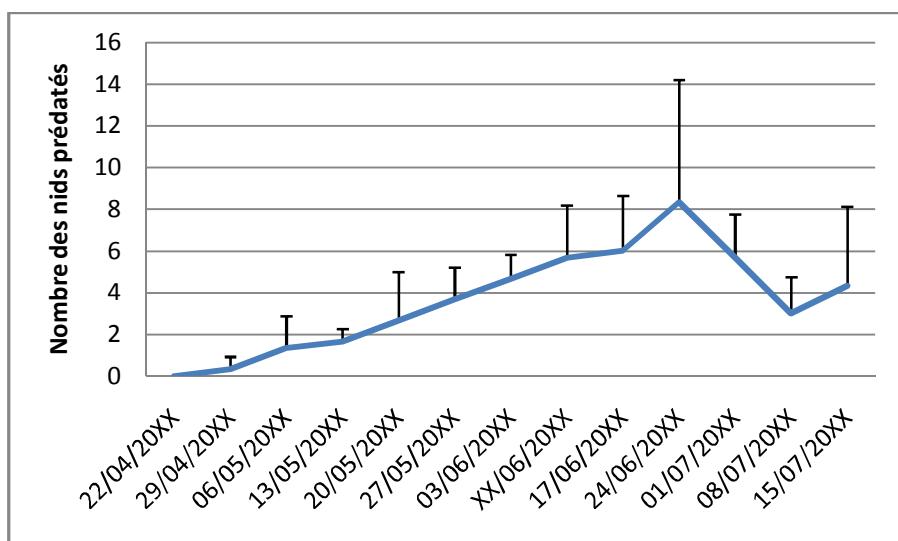
Le comptage des nids prédaté (fig. 54) montre qu'il suit la même évolution des nids en éclosion, les premiers signes de prédation s'aperçoivent dès l'installation des nids, et puis ne

cessent d'augmenter en fonction du nombre de nids installés, jusqu'à la dernière semaine du mois de juin où le nombre de nids prédatés commence à diminuer.

Cette constatation nous a permis de conclure que la prédateur n'affecte pas grièvement la reproduction, par rapport aux facteurs anthropiques.



**Figure (53)** : une foulque adulte prédatée par un rapace (ZITIUNI, 2008)



**Figure (54)** : évolution du nombre des nids prédatés au cours de la saison de reproduction. (2008,2009 & 2010)

La foulque macroule est aussi à des attaques parasitaires, qui conduisent à la maladie voire la mort des individus adultes sont souvent trouvés morts sans signes de prédation visibles, ROUAG *et al.*, en 2007 a inventorié sept espèces de parasites de la foulque macroule dans le Lac Tonga, dominée par les mites et les poux.

Le Lac Tonga est un site de pêche des anguilles, les barques des pêcheurs font trop de dégâts sur les nids, les filets de pêche des anguilles parfois deviennent des pièges pour certains individus qui plongent à la recherche de la nourriture mais ils ne reviendront jamais à la surface (fig.55) .



**Figure (55)** : les pêcheurs d'anguille, dans le la Tonga, en train d'installer leurs filets de pêche

#### 2-4-3-2      La disparition des nids et des œufs

La disparition des nids est fréquente, elle est notamment naturelle, le vent peut déplacer les nids parfois sur une longue distance dans les endroits dégagés, les pluies soudaines accompagnées de l'orage qui caractérise le printemps dans cette région conduisent à la noyade et parfois à la démolition des nids.

La disparition d'une partie des œufs dans un nid est fréquente chez la foulque macroule, soit naturelle ou par le ramassage illégal des œufs, parfois on marque les premiers œufs et pendant la sortie suivante on trouve de nouveaux œufs pondus et une partie ou l'ensemble des anciens œufs ont tous disparus, les causes sont diverses soient naturelles ou d'origine humaine.

### 2-4-3-3 le ramassage des œufs.

Malgré la coopération des riverains pendant la réalisation de ce travail, la collecte des œufs par les enfants reste un problème majeur qui menace la reproduction de la foulque dans Lac Tonga, le nombre abondant et la taille satisfaisante ont fait des œufs de la foulque une convoitise pour tous ceux qui fréquentent le Lac Tonga, soit pour la chasse illégale ou par la pêche.

### 2-4-3-4 Les nids et les œufs abandonnés.

La foulque macroule abandonne son nid pour des différents motifs, mais les signes de prédation restent les sources majeures, le coefficient de corrélation entre le nombre d'œufs prédatées et le nombre d'œufs abandonnés ( $r=0.359$ ,  $p=0,000$  en 2008), ( $r=0.725$ ,  $p=0,000$  en 2009), ( $r=0.505$ ,  $p=0,000$  en 2010), montre une relation étroite, ce qui indique que les nids prédatés seront aussi abandonnés, en particulier s'il y reste des œufs cassés, avec le jaune et le blanc d'œuf écoulé dans les nids.

Les œufs enfouillés au fond du nid sont fréquents, ils sont considérés comme des œufs abandonnés, on n'a pas calculé leur nombre, mais ils sont en particulier présents dans les nids ayant un nombre d'œufs plus ou moins élevé. On trouve occasionnellement des œufs épargpillés au voisinage du nid dont leur nombre est variable d'un seul œuf à plusieurs.

## 2-5- Le parasitisme de couvée

Dans la nature, il existe plusieurs types de concurrence, mais aussi de coexistences entre les espèces d'oiseaux, les plus importants entre eux sont ; la compétition pour la nourriture ou **kleptoparasitisme** ; forme de commensalisme « exploitation non parasitaire d'une espèce par une autre » propre à certaines sociétés animales dans laquelle une espèce vole la nourriture à une autre espèce à fin de nourrir sa propre progéniture (RAMADE, 2008), le kléptoparasitisme intraspécifique est fréquent chez la foulque macroule, en particulier pendant l'hivernage quand se réunit un nombre très élevé sur le même site ou la nourriture deviennent précieuse, KÄLLANDER, 2013.

Le parasitisme de couvée « *brood parasitism* », une forme de parasitisme sociale pratiquée par certains oiseaux, dans lequel les œufs d'oiseau parasite sont pondus dans les nids d'autres oiseaux, et les obligeant à faire éclore et les jeunes seront élevés par les hôtes,

c'est en pondant des œufs dans plus d'un nid, pour faire augmenter la probabilité de survie aux oisillons, (PÖYSÄ et PESONEN, 2007).

Le parasitisme de couvée est souvent rencontré chez la foulque macroule, qui est intra ou inter spécifique, dans notre travail on a constaté la présence des deux types, les espèces parasites courantes de la foulque macroule dans le Lac Tonga sont essentiellement le grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*) et la poule sultane (*Porphyrio porphyrio*) (fig. 56), pendant la saison 2008 on a trouvé un nid parasité par des œufs du Blongios nain (*Ixobrychus minutus*) qui a niché à proximité du nid parasité.

La foulque macroule est considérée aussi comme parasite de couvée pour d'autres espèces en particulier le grèbe huppé (*Podiceps cristatus*) (ROUIBI, 2013), en fait la foulque macroule est une espèce très féconde, qui pond jusqu'à 15 œufs par nichée, pendant la réalisation de ce travail on a constaté que la foulque macroule peut pondre des œufs à intervalles d'une seule journée, on pense que le parasitisme de couvé de cette espèce est en rapport avec la destruction ou la prédation de leurs propres nids ce qui l'oblige à pondre des œufs dans des nids des autres espèces ou dans un nid d'une autre femelle, la couleur différente d'un œuf et autres indices, tells que l'augmentation des œufs d'une femelle après une période de couvaison indique ce type de comportement.



**Figure (56)** : nid de foulque macroule parasité par un œuf d'une poule sultane (Photo personnelle)

## Conclusion et perspectives

Le suivi de l'effectif de la population de la Foulque macroule *Fulica atra* (Rallidés) pendant quatre années consécutives (2008, 2009, 2010 et 2011) nous a montré d'une part la grande capacité d'accueil du Lac Tonga pour cette espèce et pour de nombreuses autres espèces hivernantes et nicheuses régulièrement dans ce plan d'eau. L'effectif minimal de Foulques macroules enregistré dans le site est de 500 à 700 individus enregistré durant les mois de septembre et d'octobre. Cependant des effectifs élevés ont été notés durant les mois de janvier, février et de mars, soit plus de 2500 individus. Cette période coïncide avec la fin de la saison d'hivernage et le début de formation des couples pour préparer la nouvelle saison de reproduction. Il nous a été aussi facile de dénombrer et d'observer plus d'une population écologique hivernante dans ce site. Ces populations peuvent donc avoir plusieurs origines.

L'étude des rythmes d'activités diurnes de cette espèce a montré que le plan d'eau joue le rôle de terrain de gagnage pour ce Rallidés. Leur comportement diurne présente à la fois des similitudes et des différences, notables parfois avec leurs congénères hivernants et nicheuses de l'autre côté du bassin méditerranéen. L'alimentation diurne ne cesse d'augmenter pour atteindre son maximum durant certaines périodes de l'hivernage, ce qui représente un engrangement prés-migratoire. La présence d'hélophytes dominées par de grandes scirpaies à *Scirpus lacustris* et *S. maritimus*, typhaies à *Typha angustifolia* et phragmitae à *Phragmites australis* font du Lac Tonga un lieu d'attraction pour cette espèce et ce qui explique plus ou moins son rôle ornithologique.

L'étude du cycle reproductif de la foulque montre que la période de reproduction s'étale sur presque 4 mois .Cet oiseau commence à se reproduire à la fin du mois de mars où les couples commencent à se former et construisent leurs nids en collaboration, la femelle pond de 4 à 15 œufs par nid selon la saison, la grandeur de ponte « *brood size* » est de 9 œufs par nichée.

Le cycle de reproduction se divise en 3 périodes successives : une première période entre le mois de mars et le mois d'avril qui se caractérise par une augmentation progressive dans l'installation du nombre de nids et la ponte des œufs .Une deuxième période marquée par un nombre maximum de nids et d'œufs pendant le mois de mai . Dans la troisième période qui s'étale entre les mois de juin et juillet le nombre de nids et d'œufs diminuent, au début du mois de juillet les nouveaux nids construits deviennent rares.

Sur l'ensemble des nids étudiés nous avons remarqué que leur majorité est construite dans les îlots des scirpes quant au sparganier, l'iris, le phragmite et le typha les nids sont moins nombreux.

Selon UZUN (2012) les dimensions des nids sont en relation avec les caractéristiques du biotope, nos résultats qui sont similaires révèlent une corrélation positive avec les dimensions des nids et la profondeur du lac. Plus les nids sont installés loin de la berge plus leurs dimensions diminuent et vice - versa. La densité de la végétation peut aussi avoir une influence sur les dimensions des nids.

les résultats indiquent que le cycle de la reproduction peut être subdivisé en trois périodes selon l'importance du nombre de nids ; la première période à partir de la fin du mois de mars, jusqu'à la fin du mois d'avril, caractérisée par une augmentation progressive du nombre de nids qui seront installés principalement dans les îlots du scirpe, la deuxième période qui s'étale tout au long du mois de mai, le nombre de nids et d'œufs pendant cette période atteint son maximum, ils apparaissent pendant cette période d'autres sites importants pour l'installation des nids ; le phragmites et surtout le sparganier, pendant cette période la foulque installe aussi ses nids dans d'autres endroits, dans la troisième période du cycle de reproduction qui commence au début du mois de juin jusqu'à la fin de la saison, le nombre de nouveaux nids en construction est à son minimum, ils sont répartis sur cinq type de végétation quoique la majorité est installée dans le sparganier suivi par le phragmite le reste est réparti entre le typha, le scirpe et l'Iris.

Nos travaux montrent que plusieurs facteurs agissent sur le succès de la reproduction de la foulque, le type de végétation choisi par cet oiseau pour installer son nid a un effet sur le taux de réussite de l'éclosion des œufs, et nos résultats révèlent que les nids construits dans les îlots du scirpe lacustre favorisent l'éclosion des œufs, par ailleurs, nous avons remarqué que la végétation dense est un facteur aussi important qui assure le camouflage des nids donc un succès dans l'éclosion des œufs.

Il existe également une corrélation positive avec la profondeur de l'eau et le taux d'éclosion des œufs, plus les nids sont installés loin de la berge où l'eau est profonde plus le taux de réussite de l'éclosion est élevé. Ces nids sont moins vulnérables à la préddation (SAHEB, 2009) et loin des perturbations anthropiques.

Nous avons déterminé certains indices indicateurs de l'échec dans la reproduction, qui sont divers : la prédateur, la disparition des nids et des œufs et le ramassage des œufs par les riverains.

La cause principale de l'échec de la reproduction est le ramassage des œufs par les riverains, les causes ‘naturelles’ occupent la deuxième position. Le comptage des nids prédatés montre qu'il suit la même évolution des nids en éclosion, les premiers signes de prédateur s'aperçoivent dès l'installation des nids, et puis augmentent en fonction du nombre de nids installés, jusqu'à la dernière semaine du mois de juin ou le nombre de nids prédatés diminue.

L'activité agricole intense sur les rives du lac, notamment le pompage des eaux pour l'irrigation pendant la période estivale, entraînent la dégradation de la végétation du lac, l'importance de cette couverture végétale d'héliophytes conditionne directement le succès de reproduction non seulement pour la foulque macroule mais aussi pour toutes les espèces d'oiseaux d'eaux nicheuses dans ce lac.

Les principaux prédateurs des œufs de la foulque dans le lac Tonga sont les rapaces et les rongeurs, on pense aussi que les couleuvres s'attaquent aux œufs et ne laissent aucun signe de prédateur. Certains parasites peuvent être responsables de la mort de certains individus adultes, nous avons retrouvé des individus morts probablement à cause d'une attaque parasitaire.

Le parasitisme de la couvée « kleptoparasitisme » est souvent rencontré il est soit intra ou interspécifique, dans notre travail nous avons identifié deux espèces d'oiseaux parasites courants de la foulque qui sont le grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*) et la poule sultane (*Porphyrio porphyrio*), une autre espèce parasite a été découverte dans l'année 2008 le blongios nain (*Ixobrychusminutus*). La foulque est aussi parasite de couvée d'autres espèces, ces œufs sont également rencontrés dans les nids du grèbe huppé (*Podiceps cristatus*).

Le Lac Tonga est un site où on effectue la pêche des anguilles et les barques de pêcheurs peuvent provoquer des dégâts dans les nids, les filets de pêche deviennent des pièges pour certains individus qui plongent pour se nourrir et n'arrivent jamais à regagner la surface.

La disparition des nids pour des causes diverses est fréquente, le vent par exemple peut déplacer les nids dans de longues distances, dans des endroits dégagés, les pluies aussi torrentielles peuvent aussi être responsables de la démolition ou la noyade des nids.

Au terme de ce travail on peut dire que la foulque macroule dans le lac Tonga est sédentaire et nicheuse, elle n'est pas considérée comme rare mais mérite une conservation car elle joue un rôle important dans la chaîne alimentaire grâce à son régime alimentaire qui est herbivore. Le facteur essentiel pour la conservation de cette espèce réside dans la nécessité de lui procurer le maximum de quiétude, en effet, les sites de nidification exploités sont peu nombreux, il est donc impératif de les préserver de tout dérangement.

En perspective une étude plus approfondie sur la biologie et l'écologie de cette espèce est indispensable, il faut étudier cette espèce dans l'ensemble des zones humides de l'Algérie où elle niche pour mieux protéger cette espèce qui risque d'être menacé dans l'avenir à cause de la dégradation de ces habitats.

En outre, suite à son statut cosmopolite la foulque macroule peut être un bio indicateur de la bonne santé des écosystèmes, des études comparatives de la reproduction de cette espèce dans les différents sites de nos zones humides nous permettent d'évaluer leurs qualités, également des études systématiques sur la reproduction de cette espèce pendant chaque décennie offrent des indices exprimant l'état des lieux des zones humides.

**Résumé :**

La foulque macroule *Fulica atra* est largement répandue dans toutes les zones humides Algérienne, présentant ainsi un excellent modèle biologique qui peut être considéré comme un bon marqueur biologique de santé des écosystèmes. Notre étude réalisée dans le lac Tonga (nord-est de l'Algérie) sur une période de quatre années consécutives nous a permis de suivre la phénologie de la reproduction de ce Rallidés, notamment les dimensions des nids, grandeur de ponte, biométrie des œufs, taux d'éclosion, prédatation, et les paramètres entropiques, ainsi que la dynamique de population de cette espèce.

Les résultats obtenus montrent que les diamètres extérieur et intérieur des nids sont respectivement ( $31.56 \pm 3.37$  cm et  $17.09 \pm 1.71$  cm), avec une hauteur de  $13.84 \pm 3.25$  cm, ces paramètres sont en relation avec la densité de la végétation et la profondeur de l'eau. La foulque macroule préfère l'installation de ses nids dans les îlots du scirpe lacustre, en particulier au début de la saison, suivi par le sparganier, l'iris, le typha et le phragmite.

La période de ponte a duré quatre mois environ, de la fin du mois de mars jusqu'au début du mois d'août, la biométrie des œufs (poids : 35.58 gr., diamètre polaire : 52.78 cm, diamètre équatorial : 35.80 cm, le volume : 49.76 cm<sup>3</sup>, la grandeur de ponte est en moyenne de 9 œufs par nichée.

Le succès de la reproduction est évalué à 40% pour l'ensemble des nids suivis et de 41% du nombre total des œufs, le taux des nids et des œufs prédatés est évalué à 19% et 6% respectivement, le ramassage des œufs a été enregistré sur 37% des nids, le taux des œufs abandonnés est évalué à 16%.

Enfin la foulque macroule dans le lac Tonga est sédentaire nicheuse, elle n'est pas considérée comme une espèce rare, du fait que son effectif n'est pas faible, les ressources trophiques n'étant pas limitantes et, néanmoins par son statut d'herbivore, très féconde, elle est importante au niveau de la chaîne alimentaire. Cependant si on continue à dégrader sa niche écologique sensible elle va être menacée.

**Mots clés :** *Fulica atra*, écologie de la reproduction, Bioindicateurs, Lac Tonga, zones humides, El-Kala, Algérie.

## الملخص:

تنتشر الغرة السوداء *Fulica atra* على نطاق واسع في جميع الأراضي الرطبة بالجزائر ، وبها فهي تقدم نموذجا بيولوجيا ممتازا، حيث يمكن أن تعتبر مؤسرا بيولوجيا جيدا لمدى صحة الأنظمة البيئية . وقد سمحت دراستنا ببحيرة طونقة ( شمال شرق الجزائر ) على مدى اربع سنوات متتالية لمتابعة الفينولوجيا التكاثرية لهذا النوع من الطيور الذي ينتمي إلى فصيلة Rallidae ، بما في ذلك أبعاد الأعشاش ، حجم البيض الموضوع ، قياسات البيض ، الفقس ، الافتراس ، وكذا تأثير العامل البشري على نمو العشيرة لدى هذا النوع.

بينت النتائج أن القطر الخارجي والداخلي للأعشاش قد قدر على التوالي بـ  $31.56 \pm 3.37$  سم و  $17.09 \pm 1.71$  سم ، مع ارتفاع  $3.25 \pm 13.84$  سم ، وترتبط هذه المعايير مع كثافة الغطاء النباتي وعمق الماء . تفضل الغرة السوداء بناء اعشاشها في جزر نبات الدبس البحيري ، وخصوصا خلال بداية الموسم ، يليه الأسبارقانيوم ، ثم تبات السزسن والبردي ونبات القصب .

وقد استمرت فترة وضع البيض نحو أربعة أشهر ، من نهاية شهر مارس وحتى بداية شهر اوت ، وفيما يتعلق بقياسات البيض فقد سجلنا النتائج التالية: الوزن : 35.58 غرام ، القطر القطيبي : 52.78 سم ، القطر الاستوائي : 35.80 سم حجم :  $Cm^3 76.49$  ، أما فيما يخص القدرة على التبnip ( عدد البيض في العش) فقد كان بمعدل 9 بيضات في العش، وأنه يختلف من 8،67 الى 9,05 حسب الموسم.

يقدر نجاح التكاثر بنسبة 40% لجميع الأعشاش المرصودة و 41% من العدد الكلي للبيض ، وقدر معدل الافتراس للاعشاش والبيض بـ 19% و 6% على التوالي ، أما جمع البيض من طرف الأهالي فقدر بـ 37% من الأعشاش ، وكان معدل البيض المهجور بنسبة 16%.

الغرة السوداء في بحيرة طونقة من الطيور المعششة والمقيمة، ولا تعتبر من الأنواع النادرة ، وذلك لأنها تتواجد بإعداد معتبرة، والموارد الغذائية لديها متوفرة، ووضعيتها كنوع عاشب ، تعتبر مهمة للغاية في السلسلة الغذائية . ولكن إذا تواصل هدم أماكن تعشيشها الحساسة فسوف تكون مهددة بالانقراض.

**الكلمات المفتاحية :** الغرة السوداء، البيئة الإنجابية، المؤشرات الحيوية، بحيرة طونقا، الأراضي الرطبة، القالة، الجزائر.

## Summary

Coot *Fulica atra* is widespread in all wetlands in Algeria, presenting an excellent biological model that can be considered a good biomarker for the health of ecosystems. Our study in Tonga lake (north-east of Algeria) over a period of four consecutive years has allowed us to follow the reproductive phenology of the Rallidae , including dimensions nests, clutch size , egg biometrics , hatching , predation, and entropic parameters rates and population dynamics of this specie.

The results show that the outer and inner diameter nests is  $31.56 \pm 3.37$  cm and  $17.09 \pm 1.71$  cm respectively, with a height of  $13.84 \pm 3.25$  cm, these parameters are related to the density of vegetation and depth water . Coot prefer installation of its nests in bulrush islands lake , especially during the beginning of the season , followed by sparganier , iris, cattails and Phragmites .

The spawning period lasted about four months, from the end of March until the beginning of August , biometrics eggs ( weight : . 35.58 gr , polar diameter : 52.78 cm, equatorial diameter : 35.80 cm volume : 4976 cm<sup>3</sup>, clutch size : 9 eggs per nest .

Reproduction success is estimated at 40% for all monitoring nests and 41% of the total number of eggs , the rate of nests and eggs predated is estimated at 19% and 6% respectively , the collection of eggs was recorded at 37 % of nests , eggs abandoned rate is estimated at 16%.

Eurasian coot in Tonga Lake is sedentary and breeding, it is not considered as rare species, because its workforce is not low, trophic resources are not limiting, and yet its status of herbivore, it is important in the food chain . However if we continue to degrade its sensitive ecological niche it will be threatened.

**Keywords:** *Fulica atra*, reproductive ecology, bioindicators, Lake Tonga, wetlands, El-Kala, Algeria

## Références bibliographiques

**ABDELGUERFI, A. (2003)** : Plan d’Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité, Tome II, Mises en œuvre des mesures générales pour la conservation *in situ* et *ex situ* et l’utilisation durable de la biodiversité en Algérie recueil des communications.

**ADAMOU, A.E., RABIE, T., KOIDRI, M. OUAKID, M.L. (2013)** : Biologie de la reproduction du merle noir *Turdus merula* dans les oasis des zibans (nord-est algérien), *Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides* Fac ; SNVSTU, univ. Kasdi Merbah Ourgla.

**ALIBOU, J. (2002)**: Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides du Maroc, centre d’étude et de recherche sur les systèmes hydrauliques et environnementaux, école hassania des travaux publics.

**ALLOUCHE L. (1987)** : Considération sur l’activité alimentaire chez les Canards Chipeau et les Foulques macroules hivernants en Camargue. *Alauda*, Vol 55 (1), 316-320.

**ALLOUCHE L., DERVIEUX A. & TAMISIER A. (1990)** : Distribution et habitat nocturnes comparées des Chipeaux et des Foulques en Camargue. *Terre & Vie*, Vol 45 (2), 165-176.

**ALLOUCHE L., DERVIEUX A., LESPINASSE P. & TAMISIER A. (1989)** : Sélection de l’habitat diurne par trois espèces d’oiseaux d’eau herbivores en Camargue (France). *Acta Oecologica*, Vol 10 (2), 197-212.

**ALLEVA, E. (2006)**: Organochlorine and heavy-metal contaminants in wild mammals and birds of Urbino-Pesaro province, Italy: An analytic overview for potential bioindicators.

**ALTMANN J.(1974)**: Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour*, Vol 4 (2), 227-267.

**BAAZIZ, N., (2011)** : Statut phénologique et reproduction des peuplements d’oiseaux d’eau dans l’éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l’Algérie) Bulletin de l’Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2011, n°33 (2), p. 77-87.

**BALDASSARE G.A., PAULUS S.L., TAMISIER A. & TITMAN R.D. (1988)**:Workshop summary: Techniques for timing activity of wintering waterfowl. Waterfowl in winter. Univ. Minnesota press, Minneapolis. 23p.

**BEAMAN, M. et MADGE, S. (2003)** : Guide encyclopédique des oiseaux du paléarctique occidentale, Nathan.

**BENSACI E., SAHEB M., NOUIDJEM Y., BOUZEGAG A. et HOUHAMDI M. (2013) :** Biodiversité de l'avifaune aquatique des zones humides sahariennes : cas de la dépression d'Oued Righ (Algérie), Physio-Geo. , 211-222. , Volume 7 /2013.

**BENYACOUB, S. ET CHABI, Y. (2000)** : Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El Kala, Synthèse N° 7, Juin 2000.

**BESOMBES, A.(1981)** : Saturnisme des Anatidés et passage aux munitions non toxiques : incidence de la grenaille d'acier sur la qualité de la viande de gibier, thèse pour le doctorat vétérinaire, école nationale vétérinaire d'ALFORT, 83 pages.

**BOLOGNA J.(1980)** : Les oiseaux du monde ; Traduit de l'italienne « Uccelli » par Dominique versini, Edition SOLAR

**BLONDEL J. (1969)** : Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique. I : La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). La terre et vie 29: 533-589.

**BONNET, X.(2014)** : « Entretien personnel » Directeur de recherche, centre d'études biologiques de Chizé – CNRS- France.

**BOUMEZBEUR, A. 2004** : ATLAS zones humides №4 - Direction Générale des Forêt Chemin Doudou Mokhtar - Ben Aknoun – Alger.

**BOWERS, E.K., THOMPSON C.F., SAKALUK, T.N.: (2014)** : Offspring sex ratio varies with clutch size for female house wrens induced to lay supernumerary eggs, Behaviour ecology, Volume 25, Issue 1, July 2014, Pages 165-171.

**CABARD, P. et CHAUVET, B. (2003)** : L'étymologie des noms d'oiseaux Ed. Belin/éveil nature.

**CHABI, Y, BENYACOUB, S ET BANBURA, J (2000)** : Egg-size variation in Algerian populations of the Blue Tit (*Parus caeruleus ultramarinus*): Effects of altitude and habitat, revue d'écologies, la terre et la vie Volume: 55 pp: 183-192.

**CHAVIGNY, D. (2011)** : Plumes & pinceaux : Histoires de canards, Edition QCE.

**CARDONA, L. (2014):** Distribution patterns and foraging ground productivity determine clutch size in Mediterranean loggerhead turtles, marine ecology progress series, volume : 497 Pages: 229-241.

**CONRAD K. F. AND ROBERTSON R. J. (1993):** Patterns of Parental Provisioning by Eastern Phoebebs *The Condor Vol. 95, No. 1 (Feb., 1993), pp. 57-62*

**COLOMINA, S. (2009)** : Mon Histoire, la Camargue Par, Société des écrivains. (consulté sur le site Google livres).

**DARWICH A. I. (2008)** : Oiseaux de la Syrie : Guide pratique ; Société syrienne pour la protection de la faune sauvage & Birdlife international « En arabe ».

**DE BELAIR, G. 1990.** Structure et fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El Kala Est-Algérien). Thèse de doctorat. Université des sciences techniques du Languedoc. 193p.

**DECKER, K. L., CONWAY, C. J., et FONTAINE J.J.(2012)** :Nest predation, food, and female age explain seasonal declines in clutch size, Evol. Ecol.(2012); 26: 683-699.

**DEJONGHE, J.F., (1983)** : Les oiseaux des villes et des villages, les connaître, les attirer et les protéger, édition du point de vétérinaire. (consulté sur le site Google livres).

**DE SEVES, J.E. (1817)**: Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle, national library of Australia. (consulté sur le site Google livres).

**DESFAYES, M.(2000)** : Origine des noms des oiseaux et des mammifères d'Europe *y compris l'espèce humaine*, Edition pillet. (consulté sur le site Google livres).

**DRAULANS, D. and VANHFRCK L.: (1987)**: Territoriality and time budget of breeding Coots wilfowl 38 : 63-69

**DUPERAT, M. (2008)** : Nids & œufs, Edition Artemis.

**FIALA, V. (1991)**: The 2nd contribution to the breeding biology of *podiceps nigricollis*, folia zoologica volume: 40 pages: 241-260

**FIGUEROLA, J. AND GREEN, A.J.(2005)**: A comparative study of egg mass and clutch size in the Anseriformes, J Ornithol (2005).

**GODFRAY, H. C. J., PARTRIDGE, L. ET HARVEY, P. H. (1991)**: CLUTCH SIZE, Annu. Rev. Ecol. 1991. 22:409-429

**GOODALE, M.W. ET AL (2008)**: Marine Foraging Birds As Bioindicators of Mercury in the Gulf Maine, ECOHEALTH Volume: 5 Issue: 4 Pages: 409-425

**GREEN, A.J. ET ELMBERG, J. (2014)**: Ecosystem services provided by waterbirds, BIOLOGICAL REVIEWS, Volume: 89 Issue: 1 Pages: 105-122.

**HAMEL, J. (2011)**:Utilisation des oiseaux aquatiques comme bioindicateurs de l'intégrité des lacs de montagnes Marocaines, Essai présenté au centre universitaire de formation en environnement et au département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en environnement et de maître en écologie internationale. Centre universitaire de formation en environnement et de biologie – Faculté des sciences- Univ. de Sherbrooke, Québec, CANADA.

**HOUHAMDI M. & SAMRAOUI B. (2001)** : Diurnal time budget of wintering Teal *Anas creccacrecca* L. at Lac des Oiseaux, northeast Algeria. Wildfowl. 52: 87-96.

**HOUHAMDI M. & SAMRAOUI B.** (2002) : Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda*. 70 (2): 301-310.

**HOUHAMDI M. & SAMRAOUI B.** (2003) : Diurnal behaviour of wintering Wigeon *Anas penelope* in Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl*. 54: 51-62.

**HOUHAMDI M. & SAMRAOUI B.** (2007) : Diurnal and nocturnal behaviour of Ferruginous Duck (*Aythya nyroca*) at Lac des Oiseaux (north-eastern of Algeria). *Ostrich* 78 (2): 505-513.

**HOUHAMDI M., MAAZI M-C, SEDDIK S., BOUAGUEL L. & SAHEB M. (2009)** : Statut et écologie de l'érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans les hauts plateaux de l'est de l'algérie, *Aves* 46/1 2009 9-19.

**HOYT, D. F. (1979)**: Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs, the Auk 96: 73-77, janvier 1979 .

**HUME, R., DUQUET, M. et LESAFFRE, G. (2005)** : Oiseaux de France et d'Europe, éd. Larousse.

**ISENMANN P. & MOALI A.(2000)** : *Oiseaux d'Algérie. Birds of Algeria*. Société d'Etudes Ornithologiques de France, Paris.  
336 p.

**JORTAY, A. (2002)** : Nidification et hivernage de la Foulque macroule (*Fulica atra*) dans les bassins de décantation de Hesbaye liégeoise. *Aves*, 39 (2): 65-84.

**KADID, Y., THEBAUD, G., PETEL, G. ET ABDELKRIM, H.(2007)** : Les communautés végétales aquatiques de la classe des *Potametea* du lac Tonga, El-Kala, Algérie, *Acta Bot. Gallica*, 2007, 154 (4), 597-618.

**KÄLLANDER, H., ( 2013)** : Intraspecific Kleptoparasitism in the Common Coot (*Fulica atra*), Waterbirds; 36 (2): 225-227.

**KULESZA, G. (1990)** : An analysis of clutch-size in New World passerine birds, *Ibis*, Volume 132, Issue3 pages 407–422, July 1990.

**LACK D. (1947)**: Darwin's Finches; Cambridge University Press 1988, First pulished 1947. (consulté sur google livres).

**LACK D. (1967)**: The significance of clutch size in waterfowl The *Wildfowl Trust*; 125-128.

**LACK D. (1974)**: The significance of clutch size in the partridge (*Perdix perdrix*), j.of animal ecology; Vol. 16 n° 1 May 1974.

**LAMOTTE J. et BOURLIERE A.** (1969) Problèmes d'écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Edition : Masson. 151p.

**LECLERC G. L.(1788)** : Histoire naturelle, générale et particulière, Volume 23 ;Volume 59, Dufart, Imprimeur libraire, Paris. (consulté sur google livres).

**LEDANT, J.-P. JACOB, P. JACOB, F. MALHER, B. OCHANDO, J. ROCHE (1981) :**  
Mise à jour de l'avifaune algérienne

LOSITO, M.P., MIRARCHI, E., & BALDASSARE, G.A. (1989) : New techniques for timing activity studies of avian flocks in view-restricted habitats. *J. Field. Ornithol.*, 60 : 388-396.

**MAAZI M. C. (2009).** Eco-éthologie des Anatidés hivernants dans l'étang de Timerganine (Ain Zitoune, Wilaya d'Oum El-Bougah). Thèse de doctorat. Univ. Badji Mokhtar d'Annaba; 127p.

**MC KNIGHT S.K. (1998):** Effects of food abundance and environmentalparametrs on foraging behaviour of Gadwalls and American coots in winter. *Can. J. Zool*, Vol 76: 1993-1998.

**MC KNIGHT S.K. & HEPP G.R. (1998):** Foraging niche dynamics of Gadwalls and American coots in winter. *TheAuk*, Vol 115, 670-683.

**MC KNIGH S.K. & HEPP G.R. (1999):**Molt chronology of American coots in winter. *The Condor*, Vol 101, 893-897.

**METALLAOUI, S. et HOUHAMDI, M. (2008).** : Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). *Afri. Bird Club Bull.* 15(1): 71-76.

**METALLAOUI S. ATOUSSI S, MERZOUG A. et HOUHAMDI M. (2009) :** Hivernage de l'Érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie), Aves 46/3 2009 136-140

**METALLAOUI, S. et HOUHAMDI, M. (2010).** Biodiversité et écologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie)  
*Hydroécologie Appliquée*. 17: 1-16.

**METZMACHER (1979) :** Les oiseaux de la macta et de sa région (Algérie): non passereaux ; Aves ; Vol. 16 ;N° 3-4 : 1979 ; 89-123.

**PAILLISSON J.M. ET MARION L. (2006):** Can small water level fluctuations affect the biomass of *Nymphaea alba* in large lakes? Volume 84, Issue3, April 2006, Pages 259–266

**PAULUS, S. L. (1984):**. Activity budgets of nonbreeding gadwalls in Louisiana. *Journal of Wildlife Management*, 48: 371-380.

**RAVUSSIN, P.A. et ROULIN, A.(2007):** Secondes pontes chez le gobe-mouche noir ficedula hypoleuca en suisze = second clutches by pied flycatchers ficedula hypoleuca in switzerland, Alauda, 2007, vol. 75, n°4, pp. 418-421 [4 page(s) (article)] (1/2 p.)

**REK P. (2010):** Testing the relationship between clutch size and brood size in the Coot (*Fulica atra*), J Ornithol (2010) 151:163–168

**RIZI. H. BENYACOUB S., CHABI Y. & 'BURA J.B.(1999):** Nesting and reproductive characteristics of coots *fulica atra* breeding on two lakes in algeria, *Ardeola* : 46(2), 1999, 179-186

**ROBERT, F. (1803) :** Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle: appliquée aux arts,

principalement à l'agriculture et à l'économie rurale et domestique, Volume 9 (Livre numérique Google)

**ROUAG R. & BENYACOUB S. (2006) :** Inventory and ecology of Reptiles in the National Park of El Kala (Algeria). Bull.Soc Herp Fr. 25-40

**ROUAG, R. 1999.** Inventaire et écologie des reptiles et amphibiens du Parc National d 'El kala (Nord –Est Algérien ). Thèse de Magister . Université de Annaba. 79 p.

**ROUAG, N. Z., Boulahbal A., Gauthier-Clerc M., Thomas F. et Chabi Y. (2007) :** Inventaire et quantification des ectoparasites de la foulque macroule *Fulica atra* (Gruiformes : Rallidés) dans le nord-est de l'Algérie Parasite Volume 14, Number 3, September2007 )

**ROUIBI, A.H., MERZOUG, A. et ZITOUNI, A. (2009) :** Première observation de Cygnes tuberculés Nord-est algérien, Alauda, 77 (4), 2009.

**ROUIBI, A.H. (2013) :** Ecologie de la reproduction du Grèbe huppé (*Podiceps cristatus*) dans le lac Tonga, (Parc national d'El-Kala), thèse de doctorat, 97 pages, Univ. de Annaba, Algerie  
**SALATHE, T. & V. BOY (1987):** Territoriality and time budget of breeding Coot. Wildfowl 38: 70-76.

**SAHEB, M. (2009) :** Ecologie de la reproduction de l'Echasse blanche *Himantopus himantopus* et de l'Avocette élégante *Recurvirostra avosetta* dans les hautes plaines de l'Est-algérien, Thèse de doctorat Université de Annaba, 143 pages.

**SEDDIK, S., MAAZI M.C., HAFID H., SAHEB M. MAYACHE, B. METALLAOUI S. & HOUHAMDI H. (2010):** Statut et écologie des peuplements de Laro-limicoles et d'Echassiers dans le Lac de Timerganine (Oum El-Bouaghi, Algérie), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2010, n°32 (2), 111-118.

**SONOW, D. W. (1978) :** The nest as a factor determining clutch size in tropical birds, J.Orni. 119, 1978: S. 227-230.

**SUZUKI, S. (2014):** Physiological cost of maternal care? Effect of pre- and post-hatching care on the clutch size in the earwig *Anisolabis* , BEHAVIOUR Volume: 151 Issue: 4 Pages: 455-464

**SVENSSON, L., MULLARNEY, K. et ZETTERSTRÖM, D. (2012) :** Le guide Ornitho : Le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient : 900 espèces, éditeur DELACHAUX ET NIESTLÉ.

**TAMISIER, A. (1972) :** Rythmes nyctéméraux des sarcelles d'hiver pendant leur hivernage en Camargue. Alauda 40: 107-35 and 235-56.

**TAMISIER A. & DEHORTER O. (1999) :** Camargue, canards et foulques : Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre Ornithologique du Gard. Nîmes, 369 p.

**TERRY LELAND, M. (1987) :** REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF AMERICAN COOTS (*FULICA AMERICANA*) IN NORTHERN ARIZONA, Ph. D. 72 pages, University of Arizona USA.

- THEVOZ M. (2009)** : Poussins ; Dossier pédagogique, Texte et organisation : Musée d'histoire naturelle
- TOUBAL -BOUMAAZA, O. 1986.** Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements de végétaux du massif de l'Edough( Algérie Nord orientale ). Cartographie au 1/2500<sup>ème</sup>, U.S.T.M. Université Grenoble. Doctorat 3<sup>ème</sup>cycle. 111p. <http://www.elkala.com>
- TOURNIER, E. (1995)** : Etangs et marais. Aménagements, entretien, chasse. Edition Gerfaut, Paris.
- URIEL, N. S. (1975)**: On the significance of clutch size in nidifugous birds. Ecology; 56:pp. 703-708.
- UZUN, A. (2012)** :The effect of vegetation and water depth on nest paterns of the Eurasian coot (*Fulica atra*) Turk j Zool, 2012: 36(6):820-823.
- VANSTEENWEGEN, C. (1998)** : L'histoire des oiseaux de France, Suisse et Belgique. L'évolution des populations, le statut des espèces .Paris, Delachaux et Niestlé, 1988
- VARO, N. (2008)**: Breeding biology of two sympatric coots with contrasting conservation status: Capsule Red-knobbed Coots *Fulica cristata* and Common Coots *Fulica atra* have similar breeding biology except in chick survival, which was significantly lower in Red-knobbed Coots. Bird Study (2008) 55, 314–320
- WALTER, D. KOENIG, W. D.(1986)**: Geographical ecology of clutch size variation in north american woodpeckers , The Condor 88:499-504
- WILLIAM, F. (1999)** : Statistiques sociales, Traduit de l'anglais par IMBEAU, L. M., Les presses de l'université Laval, De boeck.
- WINKLER, D.W. et WINKLER, J.R. (1983)**: The Determination of Clutch Size in Precocial Birds Current Ornithology, Volume 1, 1983, pp 33-68
- WARNER P. G., RONALD A. R. et CLAIT E. B.(1982)** : Reproduction and nest site characteristics of american coots at different altitudes in Colorado, Condor 84:59-55, The Cooper Ornithological Society.
- YESOU, P. (2006)** : Quelques aspects de la reproduction de l'ibis sacré *Threskiornis aethiopicus* dans l'estuaire de la loire; *Alauda* 74 (4), 2006 : 421-427
- ZAMMUTO, R. M. (1986)**: Life histories of birds: clutch size, longevity, and body mass among North American game birds. Can. J. Zool. 64: 2739-2749
- ZHANG, W.W. et MA, J.Z. (2011)** :Waterbirds as bioindicators of wetland heavy metal pollution, 2011 3<sup>rd</sup> international conference on environmental science and information application technology esiat 2011, vol 10, part : c.
- ZITOUNI, A., ROUIBI, A., BARA, M, TAHAR, A. et HOUHAMDI, M.(2013)** : The common coot *Fulica Atra* in the Northeast of Algeria (National park of El Kala): study of the breeding biology ; Annals of Biological Research, 2013, 4 (10):92-95

**Sites internet:**

- [1]- <http://www.ramsar.org>
- [2]- <http://www.oiseau-libre.net>
- [3]- <http://www.oiseaux-birds.com>
- [4]- <http://itis.gbif.net> « *SITI : Système d'Information Taxonomique Intégré de l'Amérique du Nord* »
- [5]- <http://www.allaboutbirds.org>
- [6]- <http://www.sosdom.lautre.netf>
- [7]- <http://maps.oiseaux.net>
- [8]- <http://www.birdlife.org>
- [9]- <http://www.looknature.fr>
- [10]- [www.maisondelapeche.be](http://www.maisondelapeche.be)
- [11]- <http://whc.unesco.org>
- [12]- <http://www.dgf.gov.dz/>
- [13]- <http://www.actu-environnement.com>
- [14]- <http://www.elkala.com>