Figure (23) : un nid de foulque dans un ilot 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 avant 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 éclosion 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 calcule 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 ± 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.

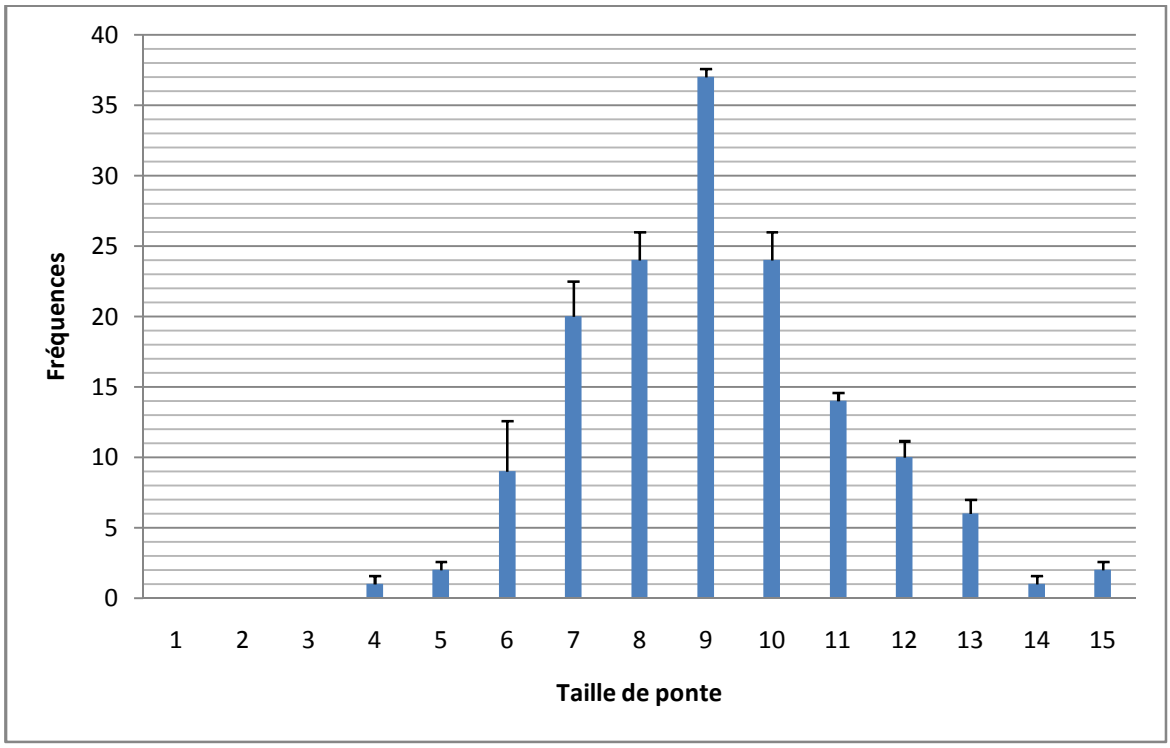

Figure (24) : Distribution des fréquences de la grandeur de ponte de la foulque au Lac Tonga (2008, 2009, 2010) (F= 16.87, P = 0,00)

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 ± 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 courent 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)

Concernent 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 américana*) (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 différent 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 * ($VCm^3 = K_v . LB^2$)**
$\overline{X}$ *(Min-Max)*	$\overline{X}$ *(Min-Max)*	$\overline{X}$ *(Min-Max)*	$\overline{X}$ *(Min-Max)*
35,58(25,50-54,50)	**35,80** (25,60-41,00)	**52,78** (45,74 -60,38)	**49,76** (26,73-74,59)

* K_v : 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 connaitre 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)

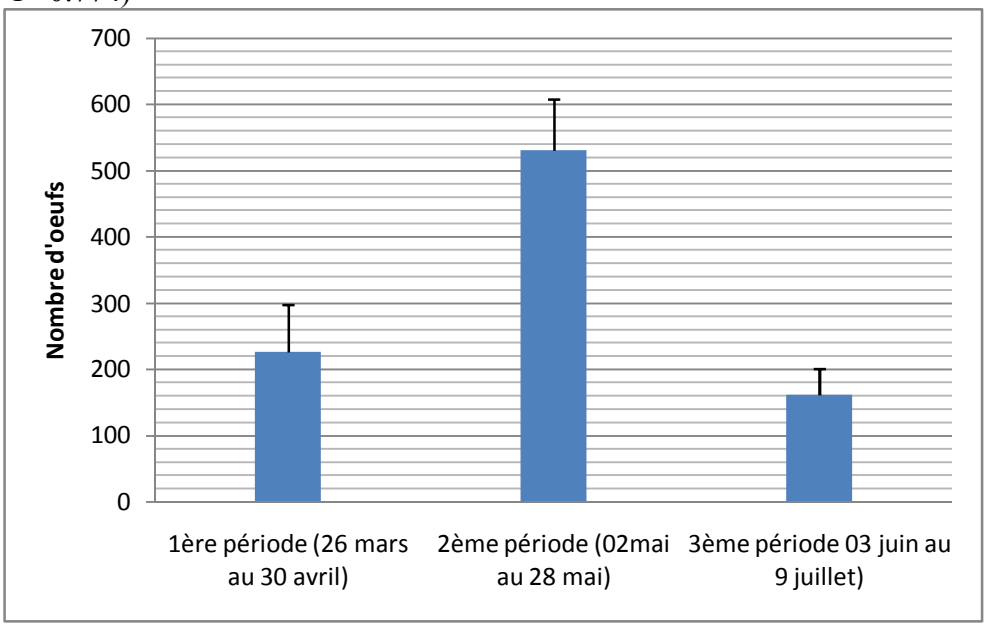

Figure (25) : nombre d'œufs par période de ponte (2008,2009 & 2010)

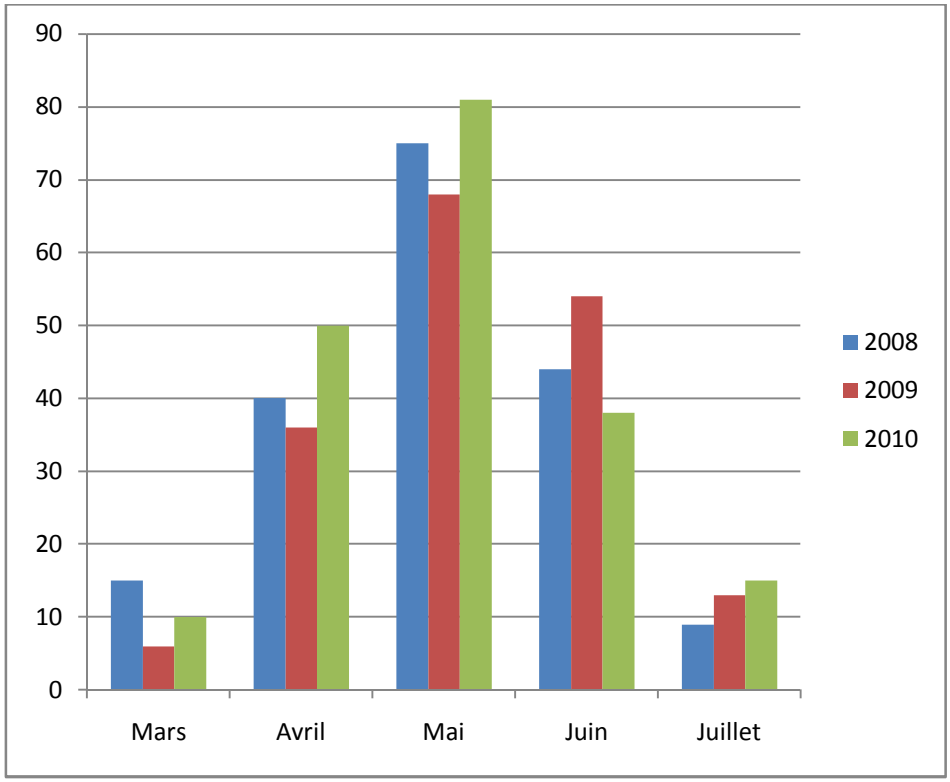

Figure (26) : nombre d'œufs pondus par mois (2008-2009-2010) (2008,2009 & 2010)

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 ou il atteint son maximum, puis l'installation de nouveaux nids commence a 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.

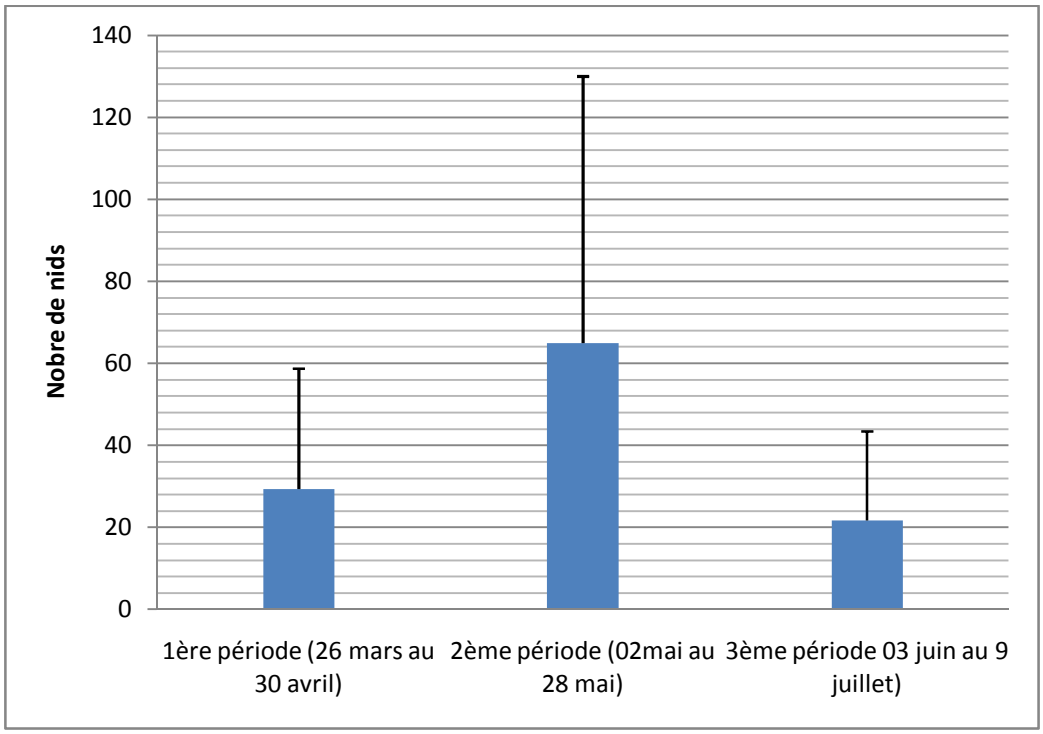

Figure (27) : distribution temporelle des nids durant la saison de reproduction.

(2008,2009 & 2010)

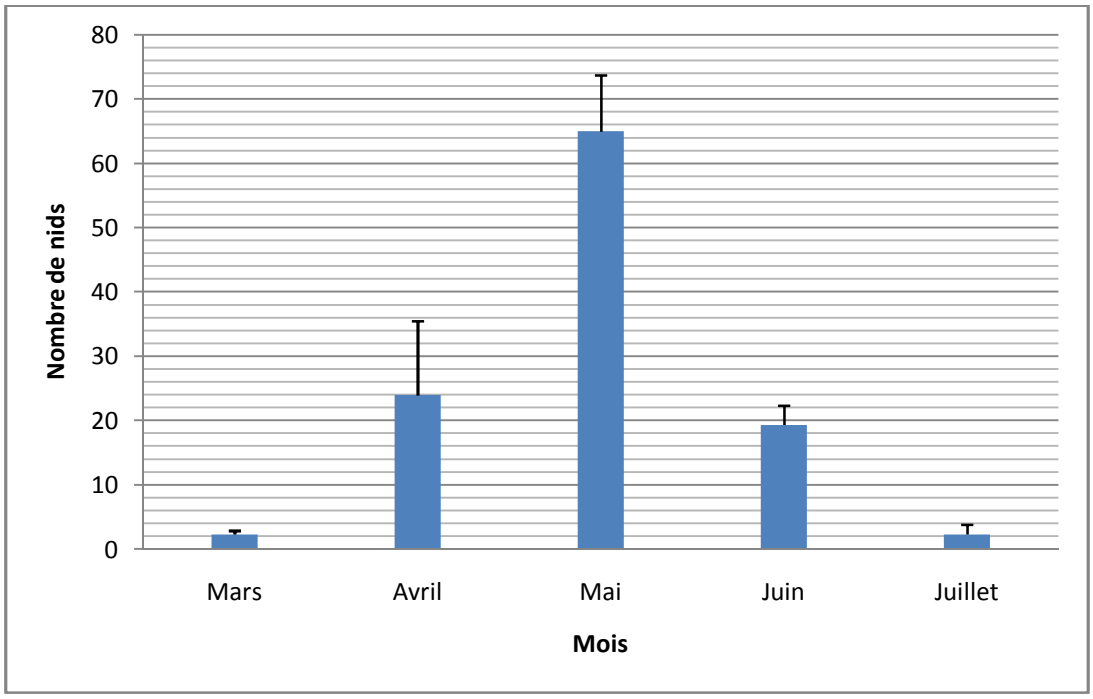

Figure (28) : nombre de nids par mois (2008-2009-2010)
(2008,2009 & 2010)

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 sucés 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 ilots 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)

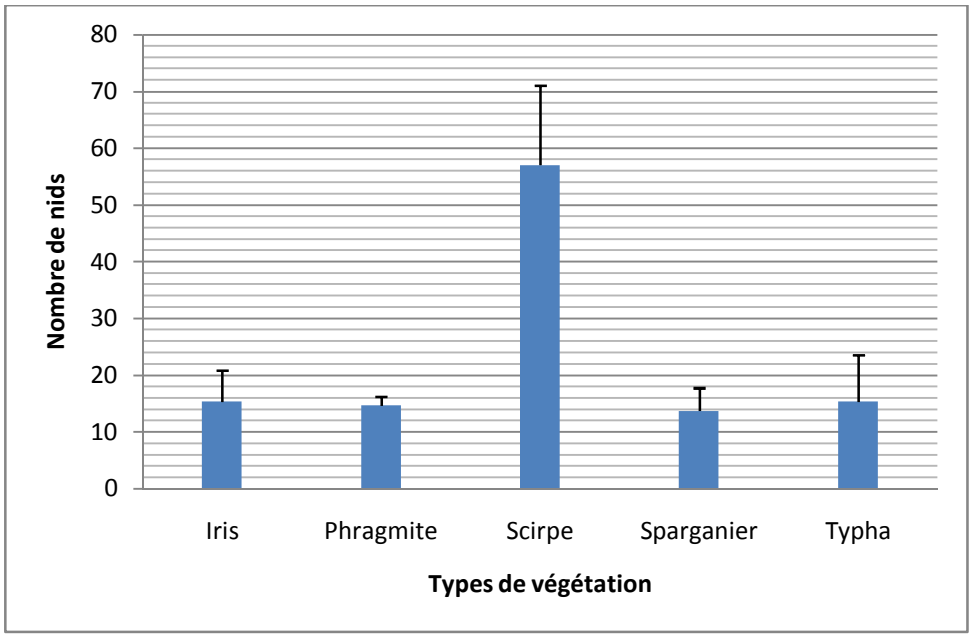

Figure (29) : distribution totale des nids en fonction du type de la végétation (2008,2009 & 2010)

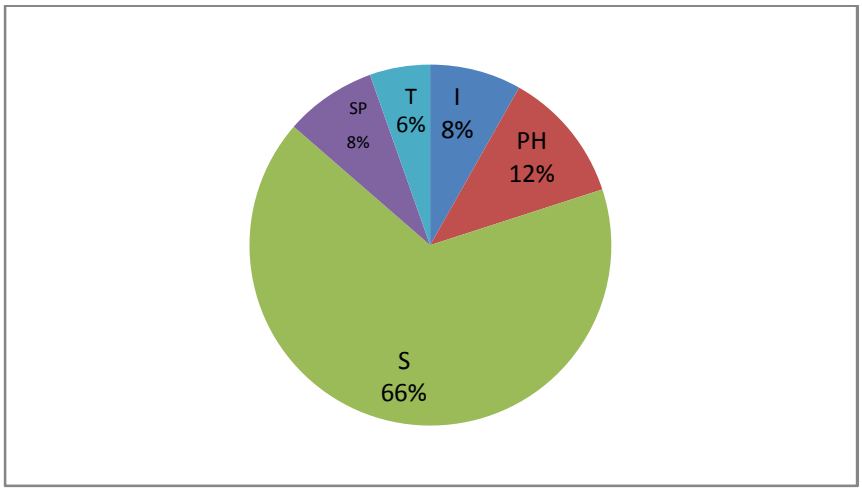

Figure (30 - a) : répartition totale des nids par rapport à la végétation (2008)

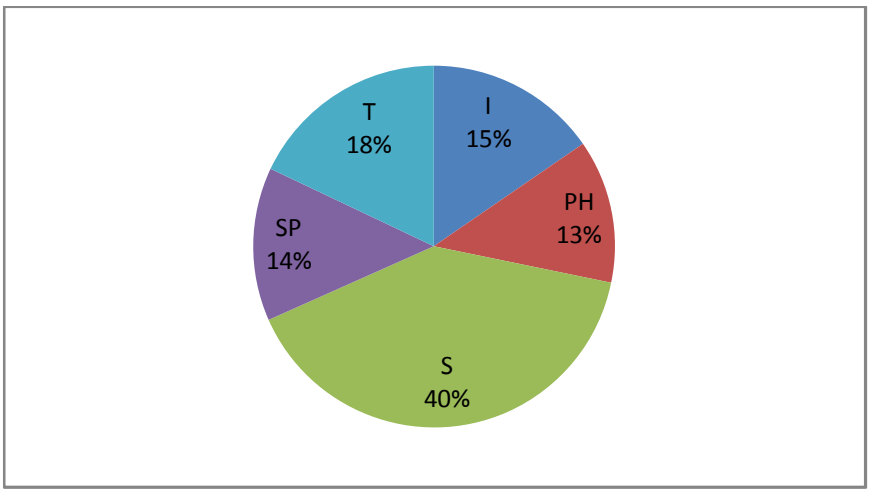

Figure (30 - b) : répartition totale des nids par rapport à la végétation (2009)

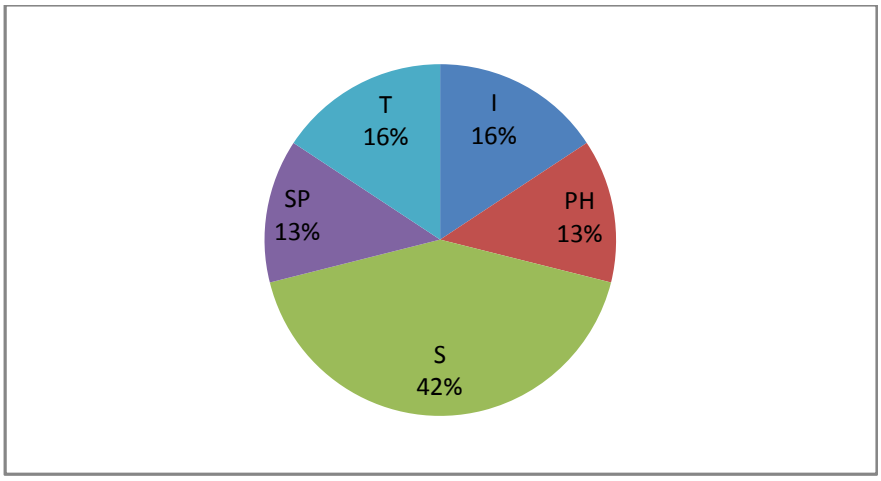

Figure (30 -c) : répartition totale des nids par rapport à la végétation (2010)