

ESTIMATION DU NOMBRE TOTAL DES OISEAUX AQUATIQUES
HIVERNANT EN TUNISIE : PÉRIODE 2001/2002 À 2006/2007Nabil HAMDI¹ & Faouzia CHARFI-CHEIKHROUHA¹

SUMMARY. — *Estimating the total number of wintering waterbirds in Tunisia: period 2001/2002 to 2006/2007.* — Over the past decades, many waterbird populations have undergone rapid changes in numbers as well as in distribution. These continuing changes make it necessary to update population estimates on a regular basis. From this point of view, a regular mid-winter survey of wintering waterbirds was carried out in Tunisian wetlands. The overall objective of this paper is to record wintering population sizes for the period 2001–2002 to 2006–2007 and to identify waterbird indicator species relative to these Tunisian ecosystems. The preliminary analysis of the collected information enabled us to define the size and the actual status of wintering waterbird populations in Tunisia. A total richness of 106 species (3 common, 18 frequent and 85 rare ones), belonging to 23 families and 10 orders, was identified. The most abundant species, which accounted for about 90 % of the total abundance, were : *Calidris alpina* (18.7 %), *Phoenicopterus ruber* (13.6 %), *Aythya ferina* (11.4 %), *Fulica atra* (10.7 %), *Tringa totanus* (5.9 %), *Larus michahellis* (5.2 %), *Larus genei* (3.9 %), *Anas penelope* (3.7 %), *Calidris minuta* (3.5 %), *Anas clypeata* (2.2 %), *Larus ridibundus* (2.0 %), *Charadrius alexandrinus* (1.9 %), *Phalacrocorax carbo* (1.6 %), *Vanellus vanellus* (1.4 %), *Pluvialis squatarola* (1.3 %), *Anas platyrhynchos* (1.3 %), *Anas crecca* (1.3 %) and *Numenius arquata* (1.1 %). With an average of about 427 300 birds per year, Tunisian wetland areas play an important role in waterbird populations conservation due to their large habitats, high productivity and geographical position connecting European and African continents. Considering the Ramsar Criteria, a total of 20 sites appear as internationally important. Indeed, 3 sites individually and regularly held more than 20 000 birds and should be classified as internationally important : Kneiss islands (72 368 birds per year), Ichkeul National Park (91 587 birds per year), and sebkhat Sejoumi (29 276 birds per year). Together, these wetlands host about 45 % of the total national population sizes. Three other sites are also potentially important, recorded as hosting more than 20 000 wintering birds at least once : Kerkennah islands (16 608 birds per year), Jerba island (14 962 birds per year) and sebkhat Ariana (19 122 birds per year). The 1 % threshold for use in Ramsar Convention was met for 14 species (*Sterna sandvicensis*, *Larus genei*, *Platalea leucorodia*, *Grus grus*, *Charadrius alexandrinus*, *Phoenicopterus ruber roseus*, *Pluvialis squatarola*, *Calidris minuta*, *Calidris alpina*, *Tringa totanus*, *Anser anser*, *Anas penelope*, *Aythya ferina* and *Fulica atra*) and was exceeded in 10 wetlands. Among all species, 6 are globally threatened (*Marmaronetta angustirostris*, *Aythya nyroca*, *Oxyura leucocephala*, *Gallinago media*, *Limosa lapponica* and *Larus audouinii*) and were regularly observed in 10 sites. Application of the global ANOVA Kurskal-Wallis test to data relative to species richness, mean abundance and Hill (N1 and N2) diversity values reveals highly significant differences between the 8 wetland classes. However, the spatial organization of aquatic birds doesn't reflect any clear gradient. The ANOSYM test discriminates two major associations : artificial versus natural habitats. The latter are themselves organized into 3 sub-associations according to permanence of water and marine influences. Despite these important carrying capacities of Tunisian wetlands, natural factors and human exploitation have greatly modified many of these ecosystems through habitat loss and fragmentation. Thus, it appears essential to use appropriate strategies, like indicator species method, to enhance the value of these areas for waterbird species, which are very sensitive to habitat changes. In the present case, based on the SIMPER analyses method, 15 species are indicators of the wetland status : *Phoenicopterus ruber*, *Charadrius alexandrinus*, *Calidris alpina*, *Larus michahellis*, *Ardea cinerea*, *Bubulcus ibis*, *Ciconia ciconia*, *Vanellus vanellus*, *Grus grus*, *Phalacrocorax carbo*, *Larus genei*, *Fulica atra*, *Tachybaptus ruficollis*, *Aythya ferina*, *Podiceps cristatus* and *Anas platyrhynchos*. Besides their fundamental interest and importance, results of the present study can be essential to the application of conservation programs.

¹ Unité de Recherche Biologie Animale et Systématique Évolutive, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, Tunis El Manar 2092. Tunisie. Tél. : 0021698252884, fax : 0021671885480, e-mail : nabil.hamdi@fsg.rnu.tn

RÉSUMÉ. — Durant la période 2001/2002 à 2006/2007, les recensements hivernaux des oiseaux aquatiques réalisés dans 151 zones humides tunisiennes révèlent une richesse spécifique totale de 106 espèces. L'ensemble représente un effectif national moyen de l'ordre de 427 300 individus/an. Parmi ces espèces, dont certaines sont partiellement inféodées à l'eau, 18 dominent avec une valeur cumulée voisine de 90 %. En se basant sur l'indice d'occurrence calculé pour chaque espèce, le peuplement se répartit en 3 espèces communes, 18 espèces fréquentes et 85 espèces rares. Les résultats montrent que les zones humides prospectées sont d'une grande importance internationale pour l'accueil et la conservation des oiseaux d'eau hivernant dans le Paléarctique occidental. L'utilisation des critères de la Convention Ramsar a permis d'identifier un total de 20 sites tunisiens, dont 9 zones humides artificielles, qui répondent au moins à un seul critère. L'application du test global d'ANOVA Kurskal-Wallis aux séries de données relatives à la richesse spécifique, l'abondance moyenne et aux valeurs des diversités de Hill (N1 et N2), révèle des différences hautement significatives entre les 8 classes de zones humides. Toutefois, l'organisation spatiale des oiseaux aquatiques ne suit aucun gradient précis. En se basant sur le test ANOSYM on discrimine deux grandes associations à savoir les milieux artificiels et les milieux naturels. Ces derniers s'organisent eux-mêmes en 3 sous-associations selon la permanence de l'eau et l'influence des conditions marines. Quant à l'analyse SIMPER, elle distingue une liste de 15 espèces indicatrices des différentes classes de zones humides tunisiennes, aussi bien de type mixte que de type exclusif. L'ensemble de ces espèces indicatrices sont à prendre en considération dans les suivis ultérieurs des zones humides tunisiennes.

Les zones humides constituent des sites d'importance nationale et internationale pour la reproduction, l'hivernage et les migrations pré et postnuptiales des oiseaux d'eau (Whittaker & Likens, 1973 ; Gibbs, 1993). Afin de préserver cette diversité ornithologique et face à l'exploitation intensive des zones humides, il est indispensable de connaître la diversité et l'abondance des espèces (Haig *et al.*, 1998). En effet, de par leur intérêt pour la société humaine (Ramsar, 1991) et leur importance au sein des réseaux trophiques (Moreira, 1997), les oiseaux d'eau sont de bons indicateurs écologiques de la qualité de leurs environnements (Dister *et al.*, 1990 ; Briggs *et al.*, 1998 ; Osiejuk *et al.*, 1999 ; Guillemain *et al.*, 2000). Ils répondent rapidement aux perturbations par une diminution de leurs abondances, voire même par la disparition de certaines espèces (Green, 1996).

La Tunisie est un territoire exceptionnel pour l'accueil des oiseaux aquatiques de l'ouest paléarctique compte tenu de l'étendue, de la multiplicité et de la variabilité des surfaces des milieux aquatiques (Thomson & Jacobsen, 1979 ; Isenmann *et al.*, 2005, 2008a). Toutefois, la superficie des zones humides tunisiennes a diminué remarquablement suite aux travaux de drainage et au développement agricole et industriel. À titre d'exemple, depuis 1981, la superficie de ces milieux naturels a régressé de plus de 15 % (Hughes *et al.*, 1997). À cette perte quantitative s'ajoute une perte qualitative susceptible d'engendrer des dégâts non négligeables sur le peuplement d'oiseaux d'eau. La plupart de ces milieux naturels présentent actuellement une altération de leur valeur biologique suite à la construction des barrages autour de leurs bassins versants. À ces constructions hydro-agricoles s'associe l'activité cynégétique qui, d'une façon générale, exerce une pression croissante sur l'équilibre dynamique des populations aviennes, notamment le braconnage. L'ensemble est relayé, depuis quelques années, par des activités touristiques en plein essor qui ciblent essentiellement les milieux côtiers. La conséquence de toutes ces modifications est la banalisation des habitats des oiseaux d'eau et la perte des caractéristiques initiales qui font l'originalité des zones humides au profit de nouveaux critères moins naturels (Davidson & Evans, 1986). En outre, la démographie des populations d'oiseaux n'est pas figée mais fluctue en fonction des variations climatiques, de l'évolution des milieux, de la fluctuation d'abondance et de la disponibilité des proies, des adaptations qui permettent l'utilisation de nouveaux milieux, etc.

En Tunisie, les études ornithologiques du début du 20ème siècle sont pour la plupart basées sur des descriptions qualitatives et des observations éparses (Balozet, 1949 ; Domergue, 1949, 1952 ; Heldt, 1949 ; Mathis, 1951 ; Blanchet & Heldt, 1951 ; Lombard *et al.*, 1951 ; Arnould *et al.*, 1953 ; Arnould, 1954 ; Arnould & Cantoni, 1954 ; Deleuil, 1954 ; Heim de Balsac *et al.*, 1954 ; Castan, 1955, 1966 ; Blanchet, 1957 ; Thiollay, 1975). Après l'application de la Convention RAMSAR, plusieurs recensements globaux des oiseaux d'eau ont été effectués (Goldschmidt & Hafner, 1973 ; Smart, 1974, 1976), avec une attention particulière au Parc National Ichkeul (Bonnet & Rehfish, 1985 ; Bredin *et al.*, 1986 ; Hollis *et al.*, 1986 ; Skinner

et al., 1986 ; Rigaux, 1989 ; Tamisier & Bouderesque, 1994 ; Tamisier, 1995, 1997, 2001 ; Defosse *et al.*, 1996 ; Dehorter, 1997 ; Hamdi, 2008b, c) et à la Réserve Naturelle des Îles Kneiss (van Dijk, 1986 ; van der Have *et al.*, 1997 ; Bos *et al.*, 1999 ; Hamdi *et al.*, 2008c). Les seuls traités fondamentaux consacrés à l'ornithologie tunisienne sont ceux de Koenig (1888), Whitaker (1905), Lavauden (1924), Blanc (1935), Heim de Balsac *et al.* (1955), Thomson & Jacobsen (1979) ; le plus récent est celui d'Isenmann *et al.* (2005). Quelques travaux à couverture géographique plus large ont été également édités : Heim de Balsac & Mayaud, 1962 ; Etchéchopar & Hüe, 1964 ; Snow & Perrins, 1998. L'ensemble de ces travaux constitue un assemblage bibliographique de référence pour toutes les études qui s'intéressent à l'ornithologie tunisienne.

Dans cette étude, nous envisageons de : (1) caractériser les zones humides tunisiennes en considérant la variabilité spatiale des populations d'oiseaux aquatiques ; (2) inventorier les quartiers d'hiver d'importance internationale pour l'accueil et la conservation des oiseaux de l'ouest paléarctique ; (3) identifier les espèces caractéristiques (ou indicatrices) des différentes classes de zones humides. Ainsi, les objectifs ultimes de cette étude écologique sont de contribuer à la constitution d'une banque de données, remédier à la carence de l'information et faciliter les suivis ornithologiques en réduisant le nombre d'espèces retenues pour des suivis ultérieurs, notamment face aux menaces naturelles et anthropiques pouvant toucher l'équilibre des populations d'oiseaux hivernantes et de leurs habitats.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

MILIEU D'ÉTUDE

Durant les périodes hivernales des années 2001-2002 à 2006-2007, un total de 151 zones humides réparties sur tout le territoire tunisien (Fig. 1 et Annexe) a été prospecté. Ces milieux peuvent être subdivisés en plusieurs classes en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et géomorphologiques, leur distance par rapport à la mer et du fait qu'ils soient naturels ou artificiels :

(1) Les franges littorales subissent très fortement les actions marines comme l'adoucissement des températures, les vents fréquents, les embruns et les marées. En Tunisie, ces écosystèmes s'étendent sur environ 1270 km et occupent deux façades : l'Occidentale au Nord et au Nord-Ouest et l'Orientale au Nord-Est et au Sud-Est. Les côtes comportent trois habitats à savoir les plages dunaires, au Nord-Ouest et au centre, les côtes rocheuses au Nord-Ouest et au Cap Bon et les marécages caractéristiques du golfe de Gabès au Sud de la Tunisie.

(2) Les lagunes sont peu profondes, permanentes, reliées à des oueds et séparées de la mer par un cordon dunaire ou par un chenal. La salinité des lagunes est dépendante des alternances d'apport des eaux pluviales et marines. Quant aux milieux continentaux, ils constituent des écosystèmes aquatiques n'ayant aucun lien matériel avec la frange littorale ; les eaux sont stagnantes ou courantes, permanentes ou temporaires. La période de mise en eau est comprise entre 4 et 11 mois ; elle débute dans la seconde moitié de l'automne avec les premières pluies et parfois même plus tardivement. Ces milieux continentaux s'unissent en un seul point commun qui est la faible salinité de l'eau, sauf pour les chotts très salins. La première distinction entre ces milieux est faite selon les étendues d'eau permanentes et les zones d'inondation temporaire.

(3) Les chotts sont de grandes dépressions situées le long de la limite septentrionale du Sahara, peu profondes, très salines et dont l'inondation est irrégulière.

(4) Les plaines sont typiquement associées à des cours d'eau et constituent des terrains plats dont la durée d'inondation est temporaire et dépendante du microrelief.

(5) Les sebkhat et (6) les garaets sont des milieux naturels très semblables qui ne se rencontrent qu'au Centre et au Sud du pays. Elles sont mises en eau saisonnièrement, mais peuvent rester humides toute l'année en période de crue.

(7) Les barrages sont des milieux artificiels à eau douce et profonds. Leur hydrologie est contrôlée par l'homme et par les apports fluviaux en eau et en charge sédimentaire.

(8) Les salines sont des milieux artificiels, hautement salés, instables et dont l'hydrologie est complètement gérée par le producteur.

RECENSEMENT DES OISEAUX

La Tunisie accueille un grand nombre de populations d'oiseaux dont les stratégies de vie et les méthodes d'étude sont très différentes. De cette situation découle la difficulté d'étudier l'écologie de l'ensemble de ces taxons. Ainsi, pour des raisons exclusivement méthodologiques, nous nous sommes limités aux oiseaux inféodés aux zones humides. Le suivi de ces oiseaux a été effectué durant la période de stabilité hivernale qui correspond à la période la plus riche et la plus diversifiée. Nous avons employé la méthode de comptage au sol qui admet des dénombrements visuels de tous les individus d'oiseaux d'eau. Dans les cas où la bande observée comprenait moins de 200 individus et se trouvait à moins de 200 m de l'observateur, les oiseaux ont été comptés individuellement. Dans les autres cas, nous avons procédé à

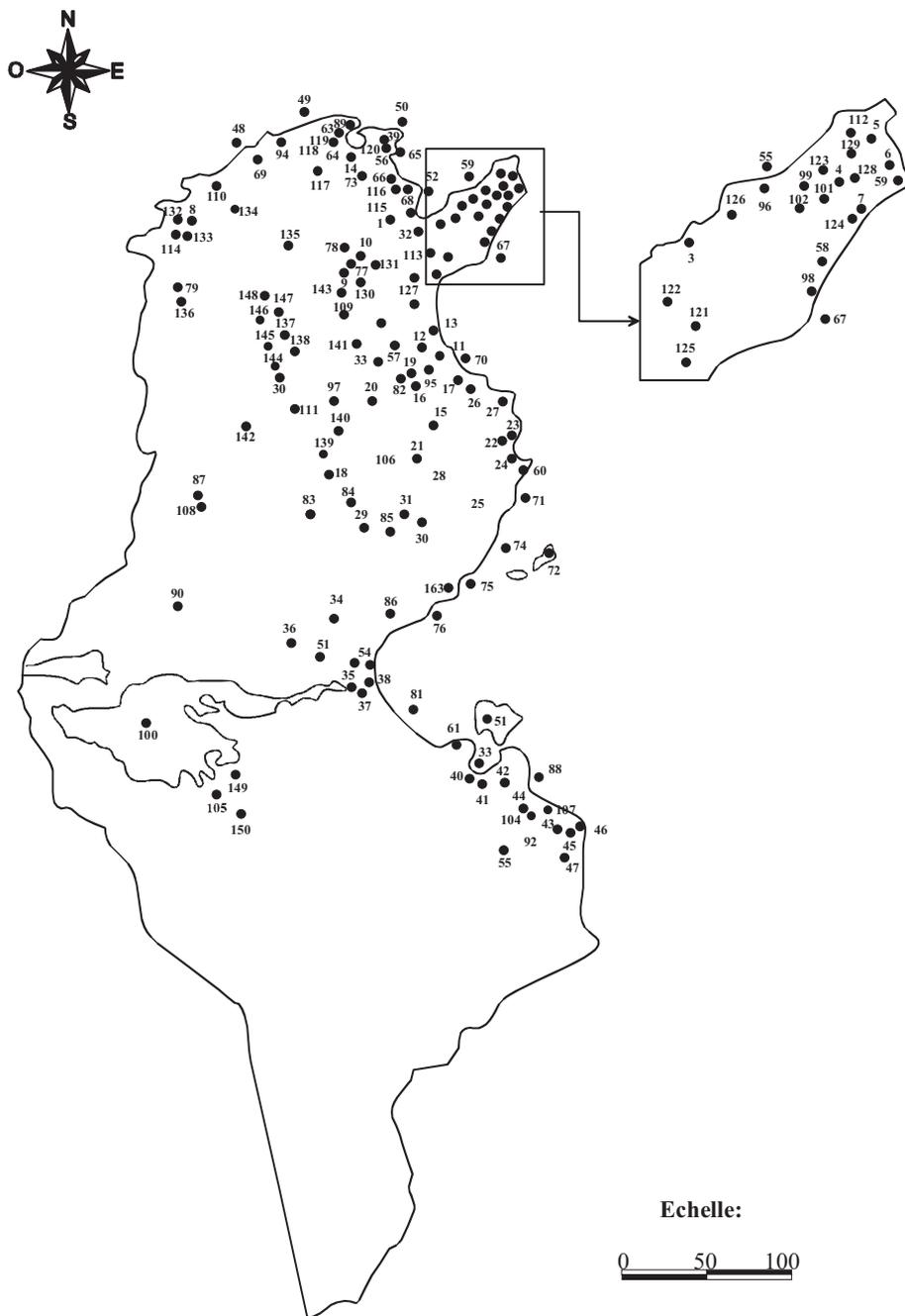


Figure 1. — Localisation géographique des zones humides tunisiennes prospectées (cf. annexe).

des estimations consistant à scinder le champ visuel du télescope en plusieurs bandes, dénombrer un champ moyen et multiplier par autant de fois que de champs. Dans le cas du golfe de Gabès, nous avons opté pour une méthode adaptée aux milieux littoraux (Bos *et al.*, 1999). Elle consistait à fixer des dates de recensement concomitantes aux premières journées des vives eaux et à marée haute. Durant cette période, une grande surface de la zone intertidale est immergée et les oiseaux d'eau sont forcés de rejoindre l'estran dans des sites dits reposoirs ou pré-reposoirs. Dans ces espaces et sous l'effet contraignant des composantes du milieu, les oiseaux limitent au maximum leur activité d'alimentation et sont directement exposés à l'observateur.

ANALYSE ÉCOLOGIQUE

Pour remédier à l'irrégularité des recensements et aux lacunes des données pouvant survenir, nous avons privilégié la méthode des moyennes à celle qui utilise les valeurs maximales. À ce titre, l'effectif national moyen d'une population d'oiseau d'eau correspond à :

$$ENMP = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Ni}{n} \right)$$

(Ni) correspond à la somme des effectifs d'une population quelconque dans le site i ; (n) correspond au nombre de recensements effectués dans le site i durant la période 2001/2002 à 2006/2007.

La mise en évidence de l'importance internationale des zones humides tunisiennes dépend de trois critères de la Convention Ramsar (Convention Ramsar, 1991) :

Critère 2 A (C. 2A) : « Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces vulnérables, menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées ». En Tunisie les espèces globalement menacées sont : Érismaure à tête blanche (ETB), Sarcelle marbrée (SM), Fuligule nyroca (FN), Nette rousse (NR) et Goéland d'Audouin (GA).

Critère 5B (C. 5B) : « une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 20 000 oiseaux d'eau ou plus ».

Critère 6B (C. 6B) : « une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 1 % des individus d'une population d'une espèce ou sous-espèce d'oiseau d'eau ».

L'indice d'occurrence relative correspond au nombre des zones humides tunisiennes dans lesquelles l'espèce a été rencontrée. Cette fréquence est exprimée sous forme d'un coefficient correspondant au nombre de sites dans lesquels une espèce a été recensée sur le nombre total de zones humides prospectées (151 sites). À partir des valeurs obtenues, on distingue : les espèces communes (plus de 50 % des sites), les espèces fréquentes (25 à 49 % des sites) et les espèces rares (moins de 25 % des sites).

Les indices de diversité constituent des expressions du rapport associant le nombre d'espèces et l'abondance des peuplements. Ils permettent de mesurer l'évolution des degrés de complexité des communautés dans leurs milieux (Blondel, 1986). Pour leur complémentarité, les deux indices de diversité de Hill N1 et N2 sont utilisés (Greenstreet & Hall, 1996 ; Blanchard, 2000).

$$N1 = \exp \left(- \sum_{i=1}^S pi \ln pi \right)$$

$$N2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

S : nombre d'espèces

pi : fréquence de la population i

L'indice N2 est sensible à la présence des espèces les plus abondantes puisque chaque proportion est élevée au carré, tandis que le N1 l'est moins car chaque proportion est pondérée par son logarithme (Hill, 1973). Les valeurs des indices de diversité relatives aux différentes classes de zones humides sont obtenues grâce au logiciel *Primer 5.0*.

ANALYSES STATISTIQUES

La classification à ascendance hiérarchique est destinée à ranger les communautés de manière hiérarchique en groupements types. Le principe de cette méthode se base sur la construction d'une suite de partitions en n classes, $n-1$ classes, $n-2$ classes, etc., fusionnées les unes dans les autres. Dans cette étude, l'indice de Bray-Curtis a été retenu avec la technique de groupement agglomératif moyen (Legendre & Legendre, 1974). Il a permis de distribuer les différentes classes de zones humides en associations et sous-associations selon la composition spécifique du peuplement avien relatif à chaque site. Le test *ANOSYM* a été utilisé pour vérifier la différence de la typologie avienne des différentes sous-associations de zones humides. Il a permis de calculer un indice de l'échantillonnage statistique (R) pour chaque couple de catégories de zones humides dont la différence est plus importante lorsque R s'éloigne de zéro (Clarke & Warwick, 1994).

L'abondance-occurrence des espèces en fonction des classes de zones humides a été analysée par la méthode *SIMPER*. Une espèce est considérée comme indicatrice si elle est typique d'une classe de zones humides. Une valeur de contribution dans la similarité entre les zones humides d'une même classe est calculée pour chaque espèce. Cette valeur est d'autant plus importante que l'espèce est fidèle à la classe d'abondance considérée. L'analyse *SIMPER* permet également de mesurer la valeur moyenne de similitude entre les différentes zones humides d'une même classe et la dissimilitude moyenne entre deux classes différentes.

Pour l'ensemble de ces analyses, une matrice de 106 espèces et 8 classes de zones humides ont été considérées. En outre, deux facteurs physiques sont retenus pour la différenciation entre les zones humides ; il s'agit de la permanence de l'eau (zones permanentes ou temporaires) et du degré d'anthropisation (zones naturelles ou artificielles). Toutes les données brutes sont transformées en $\ln(x+1)$ et standardisées. Par ce choix, on minimise l'effet de la variation de l'étendue des milieux et des effectifs des populations. Le logiciel utilisé est « *PRIMER 5.0* ».

Afin de vérifier la distribution des séries de données de la richesse spécifique, de l'abondance et des indices de diversité Hill 1 et Hill 2 entre les différentes classes de zones humides, nous avons eu recours au test global d'ANOVA Kurskal-Wallis. Le logiciel utilisé pour les graphiques et les analyses statistiques est Statistica 6.0.

RÉSULTATS

COMPOSITION SPÉCIFIQUE DU PEUPEMENT AVIEN

La richesse spécifique totale prise en compte dans cette étude s'élève à 106 espèces d'oiseaux qui se répartissent inégalement entre 23 familles et 10 ordres (Tab. I). La méthode des moyennes révèle un effectif national moyen de l'ensemble du peuplement hivernant voisin de 427 300 individus. Parmi les espèces inventoriées, certaines ne sont pas particulièrement inféodées à l'eau : Cigogne blanche, Vanneau huppé, Cédicnème criard, Héron garde-bœufs, Grue cendrée, Courvite isabelle, Glaréole à collier, Pluvier guignard et Bécasse des bois.

TABLEAU I

Caractérisation quantitative du peuplement d'oiseaux aquatiques hivernant en Tunisie durant la période 2001/2002-2006/2007

		ENMP	EPRO	ENMP/EPRO (%)	NS	NS/NT (%)	Statut
GAVIIDAE							
Plongeon catmarin	<i>Gavia stellata</i>	22	100	22	3	1,98	R
PODICIPEDIDAE							
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	1992	400000	0,49	61	40,39	F
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	1762	725000	0,24	73	48,34	F
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i>	915	220000	0,41	39	25,82	F
PROCELLARIIDAE							
Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	102	?	?	1	0,66	R
Puffin yelkouan	<i>Puffinus yelkouan</i>	28	?	?	1	0,66	R
HYDROBATIDAE							
Océanite tempête	<i>Hydrobates pelagicus</i>	1	?	?	1	0,66	R
Fou de Bassan	<i>Morus bassanus</i>	232	?	?	15	9,93	R
PHALACROCORACIDAE							
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	6685	400000	1,67	69	45,69	F
Cormoran huppé	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	17	30000	0,05	5	3,31	R
PELECANIDAE							
Pélican blanc	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	13	?	?	1	0,66	R
ARDEIDAE							
Butor étoilé	<i>Botaurus stellaris</i>	4	6500	0,06	2	1,32	R
Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>	10	79000	0,01	1	0,66	R
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	686	130000	0,52	35	23,17	R
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	781	130000	0,60	80	52,98	C
Grande aigrette	<i>Ardea alba</i>	293	47000	0,62	30	19,86	R
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	1215	220000	0,55	92	60,92	C
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i>	1	12000	0,00	1	0,66	R
CICONIIDAE							
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	2	1500	0,13	2	1,32	R
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	101	93000	0,10	12	7,94	R
THRESKIORNITHIDAE							
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i>	3	57000	0,00	3	1,98	R
Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i>	1166	12000	9,71	29	19,20	R
PHOENICOPTERIDAE							
Flamant rose	<i>Phoenicopterus ruber</i>	57524	132500	43,41	64	42,38	F

		ENMP	EPRO	ENMP/EPRO (%)	NS	NS/NT (%)	Statut
ANATIDAE							
Oie rieuse	<i>Anser albifrons</i>	1	25000	0,00	1	0,66	R
Oie cendrée	<i>Anser anser</i>	1472	25000	5,88	6	3,97	R
Tadorne casarca	<i>Tadorna ferruginea</i>	81	3000	2,70	9	5,96	R
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	1839	75000	2,45	26	17,21	R
Canard siffleur	<i>Anas penelope</i>	15970	300000	5,32	29	19,20	R
Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>	93	110000	0,08	9	5,96	R
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>	5342	1060000	0,50	33	21,85	R
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	5381	1000000	0,53	64	42,38	F
Canard pilet	<i>Anas acuta</i>	4287	750000	0,57	42	27,81	F
Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i>	104	2000000	0,00	5	4,13	R
Canard souchet	<i>Anas clypeata</i>	9434	450000	2,09	43	28,47	F
Sarcelle marbrée	<i>Marmaronetta angustirostris</i>	686	4000	17,15	15	9,93	R
Nette rousse	<i>Netta rufina</i>	16	50000	0,03	5	3,31	R
Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>	48637	1000000	4,86	39	25,82	F
Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>	229	2500	9,16	11	7,28	R
Fuligule morillon	<i>Aythya fuligula</i>	65	700000	0,00	11	7,28	R
Fuligule milouinan	<i>Aythya marila</i>	22	3100000	0,00	4	2,64	R
Érismature blanche	<i>Oxyura leucocephala</i>	845	500	169	12	7,94	R
RALLIDAE							
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	86	2000000	0,00	30	19,86	R
Talève sultane	<i>Porphyrio porphyrio</i>	24	25000	0,09	14	9,27	R
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	45661	2000000	2,28	73	48,34	F
GRUIDAE							
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>	3674	90000	4,08	20	13,24	R
HEMATOPODIDAE							
Huitrier pie	<i>Haematopus ostralegus</i>	1679	1020000	0,16	19	12,58	R
RECURVIROSTRIDAE							
Échasse blanche	<i>Himant. himantopus</i>	1065	77000	1,38	28	18,54	R
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	1788	47000	3,80	25	16,55	R
BURHINIDAE							
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	186	100000	0,18	18	11,92	R
GLAREOLIDAE							
Courvite isabelle	<i>Cursorius cursorius</i>	9	?	0,00	7	4,63	R
Glaréole à collier	<i>Glareola pratincola</i>	10	19000	0,05	4	2,64	R
CHARADRIIDAE							
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i>	59	250000	0,02	18	11,92	R
Grand Gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>	375	73000	0,51	39	25,82	F
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	7917	60000	13,19	83	54,96	C
Pluvier guignard	<i>Charadrius morinellus</i>	85	80000	0,10	7	4,63	R
Pluvier doré	<i>Pluvialis apricaria</i>	572	800000	0,07	13	8,60	R
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>	5480	250000	2,19	24	15,89	R
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	6009	2000000	0,30	33	21,85	R
SCOLOPACIDAE							
Bécasseau maubèche	<i>Calidris canutus</i>	97	340000	0,02	7	4,63	R
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>	967	150000	0,64	22	14,56	R
Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>	15004	200000	7,50	46	30,46	F
Bécasseau de Temminck	<i>Calidris temminckii</i>	59	60000	0,09	8	5,29	R
Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i>	1277	1000000	0,12	10	6,62	R
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>	80107	1300000	6,16	54	35,76	F

		ENMP	EPRO	ENMP/EPRO (%)	NS	NS/NT (%)	Statut
Bécasseau falcinelle	<i>Limicola falcinellus</i>	79	63000	0,12	2	1,32	R
Combattant varié	<i>Philomachus pugnax</i>	204	1250000	0,01	20	13,24	R
Bécassine sourde	<i>Lymnocyptes minimus</i>	13	?	?	11	7,28	R
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>	206	20000	1,03	10	6,62	R
Bécassine double	<i>Gallinago media</i>	2	35000	0,00	2	1,32	R
Bécasse des bois	<i>Scolopax rusticola</i>	6	2000000	0,00	3	1,98	R
Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i>	24	130000	0,01	2	1,32	R
Barge rousse	<i>Limosa lapponica</i>	161	120000	0,13	8	5,29	R
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	67	680000	0,00	8	5,29	R
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>	4664	850000	0,54	31	20,52	R
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>	224	90000	0,24	25	16,55	R
Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>	25067	250000	10,02	36	23,84	R
Chevalier stagnatilis	<i>Tringa stagnatilis</i>	285	27000	1,05	14	9,27	R
Chevalier aboyeur	<i>Tringa nebularia</i>	1505	230000	0,65	40	26,49	F
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>	47	1700000	0,00	18	11,92	R
Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i>	27	1050000	0,00	9	5,96	R
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>	205	?	?	49	32,35	F
Tournepietre à collier	<i>Arenaria interpres</i>	718	150000	0,47	20	13,24	R
STERCORARIIDAE							
Labbe pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	1	?	?	1	0,33	R
Labbe parasite	<i>Sterc. parasiticus</i>	1	?	?	1	0,33	R
Grand Labbe	<i>Stercorarius skua</i>	1	?	?	1	0,33	R
LARIDAE							
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	810	660000	0,12	21	13,90	R
Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>	127	123000	0,10	7	4,63	R
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	8756	1300000	0,67	53	35,09	F
Goéland railleur	<i>Larus genei</i>	16709	170000	9,82	39	25,82	F
Goéland d'Audouin	<i>Larus audouinii</i>	194	58000	0,33	12	7,94	R
Goéland cendré	<i>Larus canus</i>	32	2000000	0,00	6	3,97	R
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	2934	55000	5,33	22	14,56	R
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	3	590000	0,00	3	1,98	R
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>	22204	700000	3,17	69	45,69	F
Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	24	?	?	4	2,64	R
STERNIDAE							
Sterne hansel	<i>Sterna nilotica</i>	233	38000	0,61	20	13,24	R
Sterne caspienne	<i>Sterna caspia</i>	491	9500	5,16	22	14,56	R
Sterne voyageuse	<i>Sterna bengalensis</i>	11	4000	0,27	4	2,64	R
Sterne caugek	<i>Sterna sandvicensis</i>	696	4000	17,4	27	17,88	R
Sterne de Dougall	<i>Sterna dougallii</i>	4	800	0,50	2	1,32	R
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	23	190000	0,01	5	3,31	R
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	190	49000	0,38	24	15,89	R
Guifette moustac	<i>Chlidonias hybrida</i>	16	100000	0,01	8	5,29	R
Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i>	14	750000	0,00	6	3,97	R
Guifette leucoptère	<i>Chlidonias leucopterus</i>	2	2000000	0,00	1	0,66	R
ALCEDINIDAE							
Martin pêcheur	<i>Alcedo atthis</i>	59	?	?	28	18,54	R
PEUPLEMENT	106 espèces	427288	45000000	0,95 %	-	-	-

IOR : indice d'occurrence relative ; ENMP : effectif national moyen des espèces ; EPRO : effectif régional ; NS : nombre de sites où l'espèce est présente ; NT : nombre total de sites égal à 151 ; R : Rare ; F : Fréquente ; C : commune.

Selon l'indice d'occurrence calculé pour chaque espèce, le présent peuplement est réparti en 3 espèces communes, 18 espèces fréquentes et 85 espèces rares (Tab. I). En termes d'effectif, les espèces dominantes, dont la fréquence relative dépasse 1 % de l'effectif national moyen du peuplement, sont par ordre d'importance décroissante : Bécasseau variable (18,7 %), Flamant rose (13,6 %), Fuligule milouin (11,4 %), Foulque macroule (10,7 %), Chevalier gambette (5,9 %), Goéland leucophée (5,2 %), Goéland railleur (3,9 %), Canard siffleur (3,7 %), Bécasseau minute (3,5 %), Canard souchet (2,2 %), Mouette rieuse (2,0 %), Gravelot à collier interrompu (1,8 %), Grand Cormoran (1,6 %), Vanneau huppé (1,4 %), Pluvier argenté (1,3 %), Canard colvert (1,3 %), Sarcelle d'hiver (1,3 %) et Courlis cendré (1,1 %) ; l'ensemble constitue une valeur cumulée de l'ordre de 90 %.

VALORISATION DES ZONES HUMIDES TUNISIENNES

Les zones humides tunisiennes s'avèrent d'une grande importance pour l'hivernage et la conservation des oiseaux aquatiques du Paléarctique occidental. En effet, l'effectif national moyen du peuplement des oiseaux d'eau de la Tunisie, enregistré dans cette étude, se compare à celui du Danemark, de la Suisse et de la Belgique et dépasse largement le Maroc (Agbani *et al.*, 1990), l'Algérie (Isenmann & Moali, 2000) et la Libye. Alors que les Pays-Bas possèdent une surface considérable de zones humides, en particulier la mer des Wadden et les vastes estuaires de Zélande et comptent, ainsi, le plus fort contingent d'oiseaux d'eau migrateurs dans le Paléarctique. Ils sont suivis par le Royaume-Uni, favorisé par sa situation géographique, sur la voie migratoire Est-Atlantique.

Appliqués aux résultats des recensements hivernaux d'oiseaux d'eau de la Tunisie depuis 2001/2002 jusqu'à 2006/2007, les trois critères de la Convention Ramsar ont permis d'identifier un total de 20 sites tunisiens répondant au moins à un seul de ces critères ; ils se répartissent en 6 franges littorales, 2 lagunes, 3 sebkhat, 7 barrages et 2 salines (Tab. II). Trente-neuf zones humides accueillent régulièrement au moins une espèce globalement menacée (C. 2A). Trois zones humides accueillent régulièrement plus de 20 000 individus (C. 5B) à savoir le Parc National Ichkeul, les îles Kneiss et la sebkhat Sijoumi. L'archipel des îles Kerkennah, l'île Jerba, la sebkhat Ariana et la saline de Thyna constituent des sites potentiellement importants. En effet, selon les conditions climatiques locales, leur capacité d'accueil peut varier et même dépasser largement le seuil retenu de 20 000 oiseaux. Finalement, 10 sites accueillent une ou plusieurs espèces dont les effectifs moyens dépassent le seuil de 1 % de la population biogéographique (C. 6B) : Sterne caugek, Goéland railleur, Spatule blanche, Grue cendrée, Gravelot à collier interrompu, Flamant rose, Pluvier argenté, Bécasseau minute, Bécasseau variable, Chevalier gambette, Oie cendrée, Canard siffleur, Fuligule milouin et Foulque macroule. Ces espèces, prises globalement ou individuellement, présentent une dynamique, une répartition et un statut de conservation, dans la région biogéographique, largement dépendants des conditions locales d'hivernage en Tunisie.

Une attention particulière doit être accordée à l'Érismature à tête blanche dont l'effectif national moyen enregistré est de 845 individus. La taille de la population tuniso-algérienne a été récemment estimée à 500 individus (Delany & Scott, 2006). Cette différence inattendue serait probablement la conséquence d'une évaluation biaisée de la population ou d'un important erratisme ; un accroissement de ses effectifs serait aussi fort probable.

ORGANISATION SPATIALE DU PEUPEMENT AVIEN

Le test global d'ANOVA Kurskal-Wallis montre une différence significative entre les séries de données de la richesse spécifique moyenne relatives aux différentes classes de zones humides ($F_{7,141} = 42,992, p < 0.001$). Les salines (36 espèces/sites/an), les franges littorales (35 espèces/site/an) et les lagunes (29 espèces/site/an) présentent des valeurs moyennes maximales d'espèces. Elles sont suivies par les sebkhat (14 espèces/site/an), les plaines (13 espèces/site/an) et les barrages (11 espèces/site/an) qui présentent des valeurs intermédiaires. Les garaets (9 espèces/site/an) et les chotts (4 espèces/site/an) sont, en revanche, pauvres en espèces (Fig. 2).

TABLEAU II

Les zones humides tunisiennes d'importance internationale pour les oiseaux aquatiques durant les hivers 2001/2002-2006/2007

Sites	C. 5 B	C. 2 A				C. 6 B
		GA	SM	ETB	FN	
Tabarka-Ras Enjla		155				Sterne caugek (84)
Marsa-Soliman						Goéland railleur (2310)
Akarit-Jorf						Sterne caugek (114)
Îles Kerkennah	16608					Spatule blanche (269) ; Grue cendrée (1650) ; G. collier interrompu (675)
Îles Kneiss	72368					Spatule blanche (112) ; Flamant rose (6179) ; G. collier interrompu (1984) ; Pluvier argenté (3182) ; Bécasseau minute (3698) ; Bécasseau variable (35000) ; Chevalier gambette (15000)
Archipel Jerba	14962					
Ichkeul	91587					Flamant rose (2900) ; Oie cendrée (1300) ; Canard siffleur (12518) ; Fuligule milouin (39000) ; Foulque macroule (20000)
Lac de Tunis						Sterne caugek (72)
Sebkhat Sijoumi	29276	400				Flamant rose (20900)
S. Ariana	19122	109				Flamant rose (8500)
S. Kelbia						Grue cendrée (1000)
Barrage Khetef		122			73	
B. Rmal				18		
B. Mornaguia				96		
B. Chiba				41		
B. Lobna		284			66	
B. Sidi Jedidi					32	
B. el Houareb		49	137			
Saline Monastir						Flamant rose (1500) ; G. collier interrompu (759)
S. Thyna	18729					Flamant rose (3149)

Les chiffres correspondent aux valeurs moyennes des effectifs. Pour la signification des lettres, voir texte, matériel et méthodes, analyse écologique.

La variation des séries de données de l'abondance moyenne des différentes classes de zones humides est hautement significative ($F_{7,141} = 34,508$, $p < 0,001$). Les valeurs moyennes sont maximales pour les lagunes (9161 individus/site/an), les franges littorales (10 819 individus/site/an) et les salines (8465 individus/site/an). Elles sont, par contre, minimales au niveau des sebkhats (1903 individus/site/an), des plaines (590 individus/site/an), des barrages (796 individus/site/an), des garaets (499 individus/site/an) et des chotts (83 individus/site/an) (Fig. 3).

La différence entre les séries de données relatives aux diversités de Hill N1 et Hill N2 est hautement significative ($F_{7,141(N1)} = 32,341$, $p < 0,001$ & $F_{7,141(N2)} = 23,892$, $p < 0,001$). Les valeurs moyennes sont maximales pour les salines (H1 = 9,57 et H2 = 6,47), les lagunes (H1 = 7,75 et H2 = 5,05), et les franges littorales (H1 = 8,00 et H2 = 4,94). Elles sont moyennes pour les sebkhats (H1 = 5,42 et H2 = 3,85) et pour les plaines (H1 = 4,78 et H2 = 3,17). Les garaets (H1 = 4,08 et H2 = 3,06), les barrages (H1 = 4,21 et H2 = 2,98) et les chotts (H1 = 2,64 et H2 = 2,18) constituent les milieux les moins diversifiés (Fig. 4).

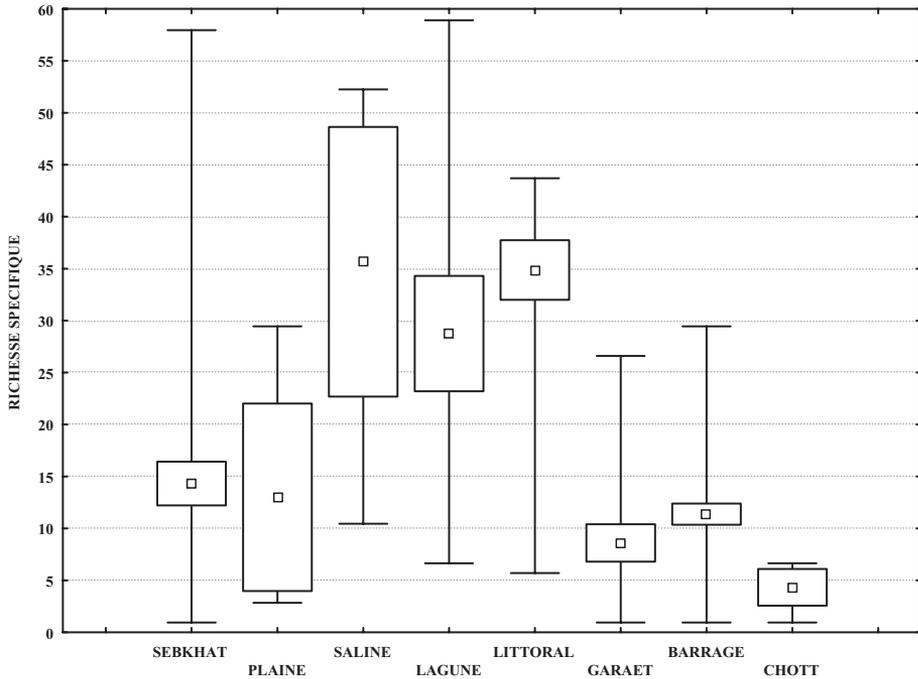


Figure 2.—Variation de la richesse spécifique entre les classes de zones humides. Moyenne et intervalle de confiance.

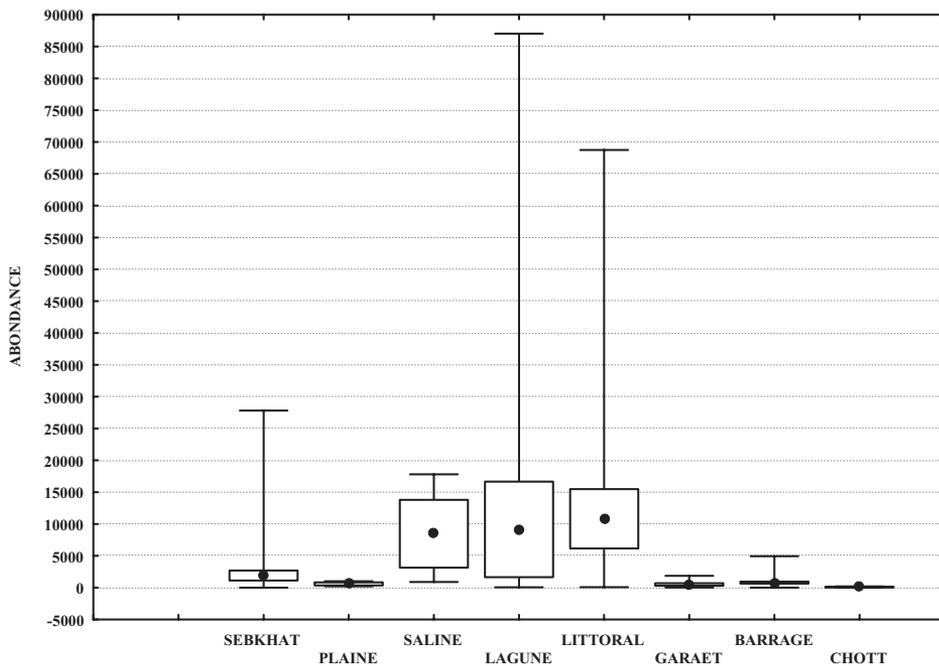


Figure 3. — Variation de l'abondance moyenne entre les classes de zones humides. Représentation de la moyenne et de l'intervalle de confiance.

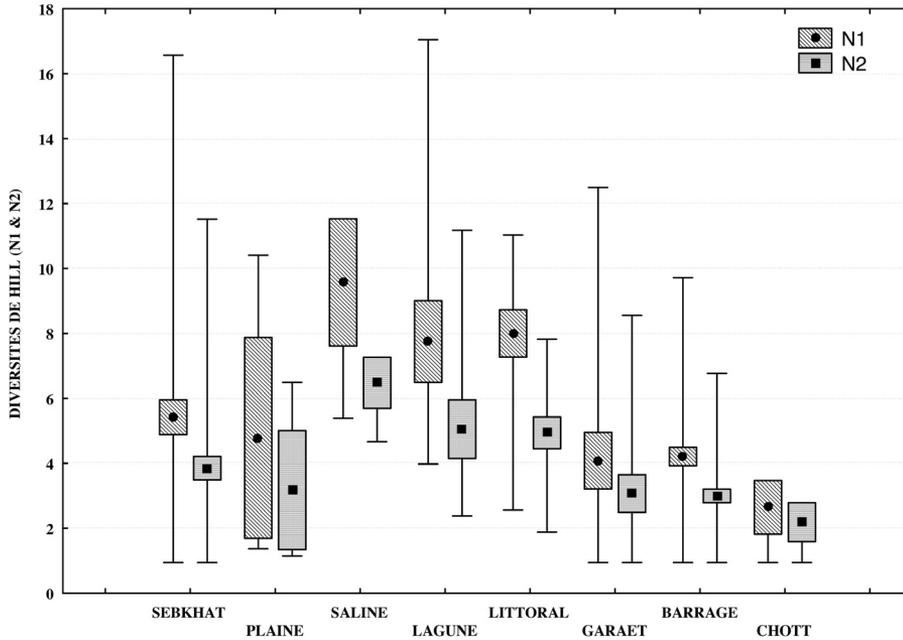


Figure 4.—Variation des valeurs des indices de diversité de Hill entre les classes de zones humides. Représentation de la moyenne et de l'intervalle de confiance.

Le classement de la richesse spécifique moyenne, de l'abondance moyenne et de la diversité, ne met en évidence aucune influence d'un quelconque gradient sur la répartition des oiseaux. Cependant, ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle les zones humides naturelles et permanentes seraient plus riches en espèces et en individus que les artificielles ou temporaires. De même, les franges littorales, les salines et les lagunes seraient plus riches et diversifiées que les milieux continentaux.

TYPLOGIE AVIENNE ET ESPÈCES INDICATRICES DES DIFFÉRENTES CLASSES DE ZONES HUMIDES

En se basant sur la composition spécifique des zones humides tunisiennes, on définit deux grandes associations qui se différencient par leur degré d'anthropisation. La première association regroupe les milieux artificiels et profonds à savoir les barrages. La seconde association regroupe les milieux naturels (à l'exception des salines) (Fig. 5) et s'ajuste elle-même en trois sous-associations. La première sous-association regroupe les lagunes et les sebkhat qui constituent des milieux permanents, notamment durant l'hiver. La deuxième sous-association comprend les garaets, les plaines et les chotts qui demeurent pratiquement exondés durant toutes les saisons de l'année. Quant à la troisième sous-association elle englobe les côtes et les salines qui subissent continuellement l'influence des conditions marines. Cette hiérarchie est concordante avec les résultats du test *ANOSYM* (Tab. III).

Pour que les espèces soient de véritables indicatrices des changements de milieux et de toutes les espèces apparentées écologiquement, il serait nécessaire de définir plusieurs espèces qui présentent des exigences spatiales englobant le plus largement possible celles des autres espèces de l'écosystème. Pour cela, la liste adoptée dans cette étude comprend les cinq premières espèces qui présentent une valeur supérieure de contribution dans la discrimination entre les différentes classes de zones humides. Dans ce cadre, toute classe de zones humides confondues, l'analyse *SIMPER* distingue une liste de 15 espèces indicatrices (Tab. IV). Chacune de ces espèces est susceptible de renseigner sur la dynamique des autres espèces du même groupe trophique dans la même classe de zone humide. Cette approche statistique est intéressante, par-

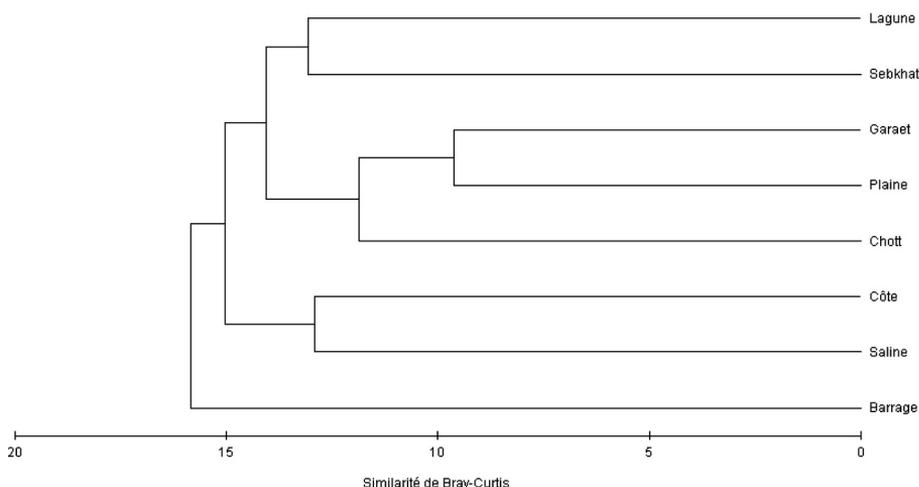


Figure 5. — Structuration des zones humides tunisiennes en fonction de leur avifaune aquatique.

TABLEAU III

Résultats de l'analyse ANOSYM (R statistique) entre les différentes classes de zones humides réalisées en considérant les valeurs transformées et standardisées des effectifs moyens d'oiseaux aquatiques

	Plaines	Salines	Lagunes	Côtes	Garaets	Barrage	Chott
Sebkhats	0,36*	0,302	0,15	0,001	0,299**	0,535**	0,204
Plaines		0,741	0,737*	0,779*	0,295	0,876**	0,333*
Salines			0,262	0,008	0,131	0,848*	0,296
Lagunes				0,242*	0,154*	0,629**	0,776*
Côtes					0,434**	0,877**	0,913**
Garaets						0,707*	0,043
Barrages							0,915**

*P< 0,05 ; **P< 0,01.

ticulièrement, dans le cadre de notre pays dont les moyens logistiques et financiers disponibles pour le suivi et la conservation de la sauvagine et des milieux naturels sont très limités.

Cette démarche écologique distingue d'une part les oiseaux de type mixte, généralement anthropophiles et ubiquistes, qui hivernent volontiers sur les zones humides naturelles ou artificielles (Foulque macroule et Fuligule milouin), et d'autre part tous les représentants des oiseaux au type exclusif qui hivernent soit dans les milieux naturels et temporaires (Tadorné de Belon, Vanneau huppé, Cigogne blanche, Grue cendrée et Héron garde-bœufs) soit dans les milieux naturels et permanents (Grand Cormoran, Grèbe huppé, Bécasseau variable et Goéland leucophée). Il faut noter qu'aucune espèce n'est exclusive pour les barrages ou les milieux côtiers. Nos résultats montrent que la distinction entre ces deux groupes, mixte et exclusif, n'apparaît pas toujours clairement tranchée surtout quand on ne se limite pas à un secteur géographique déterminé de la Tunisie. À titre d'exemple, le Bécasseau variable n'hiverné que le long des côtes dans la partie sud de la Tunisie, mais sa répartition est largement continentale dans le Nord. Par ailleurs, certains laridés ont des facultés exceptionnelles d'adaptation qui leur permettent de s'acclimater aux différents milieux, même ceux, dont les conditions environnementales sont très contraignantes. À ce titre, plusieurs laridés, en apparence inféodés au milieu marin, peuvent tirer profit des milieux dulçaquicoles ou franchement terrestres, et même urbains ; il s'agit particulièrement de la Mouette mélanocéphale qui explore, en cas de besoin, les champs d'oliviers, les bâtiments et les décharges publiques.

TABLEAU IV

Pourcentage de similitude entre les sites d'une même classe de zones humides et contribution des espèces indicatrices.
Résultats obtenus par Analyse SIMPER

Classes de zones humides (N)	SMUC	Espèces indicatrices			
		NTEB	PEB	AMS	Cont.
Sebkhats (45)	22,56	5	Flamant rose	796,24	22,76
			Gravelot à collier interrompu	20,44	11,19
			Bécasseau variable	197,36	8,34
			Goéland leucophée	31,96	7,77
			Héron cendré	5,91	6,83
Plaines (3)	26,24	4	Héron garde-bœufs	91,33	44,39
			Cigogne blanche	10,67	23,77
			Vanneau huppé	55,33	16,00
			Grue cendrée	147,67	9,83
Salines (3)	53,85	5	Bécasseau variable	2187,00	22,08
			Flamant rose	1588,00	19,94
			Goéland leucophée	635,67	15,17
			Gravelot à collier interrompu	379,00	9,98
			Grand Cormoran	354,00	7,16
Lagunes (11)	41,09	5	Bécasseau variable	431,91	19,59
			Flamant rose	502,18	14,90
			Goéland leucophée	122,64	11,26
			Grand Cormoran	65,09	6,06
			Goéland railleur	144,18	5,90
Côtes (16)	49,90	5	Goéland leucophée	1018,31	19,13
			Bécasseau variable	3733,06	10,80
			Gravelot à collier interrompu	325,19	10,56
			Goéland railleur	817,62	10,50
			Grand Cormoran	275,31	6,64
Garaets (15)	12,82	5	Vanneau huppé	208,60	18,26
			Héron garde-bœufs	10,13	18,21
			Flamant rose	13,33	8,81
			Foulque macroule	37,60	7,25
			Grèbe castagneux	1,73	7,07
Chotts (3)	9,15	1	Flamant rose	34,67	100
Barrages (45)	40,79	5	Foulque macroule	364,60	40,63
			Grèbe castagneux	18,71	16,06
			Fuligule milouin	157,96	14,78
			Grèbe huppé	15,87	9,27
			Canard colvert	31,09	5,56

N : Nombre d'unités au sein d'une même classe de zone humide ; SMUC : Valeur de la similitude moyenne entre les différentes unités d'une même classe de zones humides ; NTEB : Nombre total d'espèces indicatrices ; PEB : Liste des espèces indicatrices ; AMS : Abondance moyenne des espèces indicatrices ; Cont. : Contribution des espèces indicatrices dans la similitude moyenne.

DISCUSSION

Des erreurs systématiques et stochastiques s'imposent à toutes les études ornithologiques de ce type (Rappoldt *et al.*, 1985 ; Underhill & Prys-Jones, 1994 ; Pradel *et al.*, 1997 ; Fredericksen *et al.*, 2001 ; Frederick *et al.*, 2003). Durant cette étude, plusieurs zones humides inaccessibles ont été partiellement ou totalement ignorées. Il s'agit des cours d'eau, de plusieurs lacs collinaires au nord et de certains sebkhats à l'extrême sud du pays. Il ne faut pas perdre de vue que certains de nos recensements sont également biaisés par la difficulté de contacter certaines espèces (mœurs discrètes, habitat fermé, etc.). Toutefois, l'utilisation d'une même méthode de comptage au sol, la connaissance presque parfaite des espèces et de leurs milieux et la limitation du nombre d'observateurs ont concouru à la limitation des erreurs.

Depuis l'hiver 2001/2002 jusqu'à 2006/2007, la richesse spécifique totale enregistrée s'élève à 106 espèces. La comparaison avec les listes disponibles d'oiseaux aquatiques (Blanc, 1935 ; Thomsen & Jacobsen, 1978 ; Isenmann *et al.*, 2005) montre que toutes les espèces régulièrement hivernantes sont inventoriées lors de la présente étude. Seules quelques espèces égarées ou rares (Grèbe jougris, Grèbe esclavon, Océanite culblanc, Puffin fuligineux, Sarcelle à ailes bleues, Eider à duvet, etc.) ont fait défaut. Cette situation revient probablement à leurs effectifs faibles et/ou de leurs séjours succincts. Dans tous les cas, leur absence dans nos recensements, renforce l'idée qu'elles gardent toujours le statut de populations hivernantes occasionnelles, voire même égarées.

En termes d'effectifs, le bilan ornithologique relatif à une cinquantaine de zones humides, réalisé durant les hivers de 1972 à 1975 (Goldschmidt & Hafner, 1973 ; Smart, 1974, 1976), était d'environ 600 000 individus/an. Or la valeur moyenne nationale que nous avons enregistrée entre 2001-2002 et 2006/2007 s'élève à environ 427 300 individus/an ce qui représente une diminution d'environ 30 %. Il faut toutefois rappeler que cette comparaison est basée sur des couvertures spatiales très différentes aussi les conclusions doivent-elles être prises avec beaucoup de prudence. Néanmoins, cette variation résulte probablement de la réponse des oiseaux aquatiques aux variations locales des conditions d'hivernage (Dister *et al.*, 1990 ; Briggs *et al.*, 1998 ; Osiejuk *et al.*, 1999 ; Guillemain *et al.*, 2000). En effet, la capacité d'accueil des zones humides temporaires qui s'assèchent totalement durant les années peu pluvieuses, diminue considérablement. À titre d'exemple, la plaine kairouanaise, les sebkhs du Sahel et de l'extrême sud accueillent des effectifs variables de quelques centaines à quelques milliers d'individus selon la pluviométrie annuelle (Isenmann *et al.*, 2005 ; Hamdi, 2008). En outre, la construction des barrages autour des plus importants bassins versants de la Tunisie et l'extension des terres agricoles aux dépens de l'étendue des zones humides défavorisent également l'hivernage des populations d'oiseaux.

Cette étude a mis également en valeur l'importance des zones humides tunisiennes dans l'accueil et la conservation des oiseaux aquatiques du Paléarctique occidental. En effet, 21 sites répondent au moins à un critère de la Convention de Ramsar. Cette diversité ornithologique revient probablement aux caractéristiques géographiques et paysagères qui distinguent la Tunisie des autres pays du Nord de l'Afrique, par sa position géographique partageant la mer Méditerranée en deux parties (occidentale et orientale). Elle forme donc un pont de migration entre l'Europe et l'Est de l'Afrique et l'Ouest de l'Asie. Elle est également privilégiée par la variété du climat (de l'humide au saharien) et des habitats des oiseaux d'eau (vasières, plages sableuses, platiers rocheux, salines, marécages, pelouses humides). En outre, le territoire tunisien se trouve sur la voie migratoire Europe centrale/Mer noire-Méditerranée, qui est utilisée par de nombreuses espèces pour rejoindre leurs zones d'hivernage en Afrique subsaharienne, et qui y laissent des hivernants plus ou moins nombreux selon l'espèce considérée.

La structure paysagère des milieux artificiels est généralement caractérisée par une fragmentation élevée et un couvert végétal banal, peu dense et peu varié (Jokimaki, 1999 ; Hostetler & Holling, 2000). Les activités humaines sont généralement plus intenses qu'au niveau des milieux naturels (Hostetler & Knowles-Yanez, 2003). Par ces caractéristiques, les barrages et les lacs collinaires ne sont que faiblement fréquentés par la sauvagine (Savard *et al.*, 2000) et n'accueillent le plus souvent que des espèces généralistes et anthropophiles (Traut & Hostetler, 2004). De même, la présente étude a montré que ces milieux artificiels n'offrent qu'une richesse, une abondance et une diversité relativement faibles. Cependant, nous avons montré qu'ils constituent des sites d'importance nationale et internationale et peuvent donc remplacer, durant les hivers ardues, les zones humides naturelles. Ils ont également un rôle majeur dans le maintien de la dynamique de plusieurs populations d'espèces rares, notamment celles globalement menacées comme la Nette rousse et le Fuligule nyroca. Pour cela, ils doivent être considérés au même niveau que les zones humides naturelles et bénéficier des mêmes mesures de protection. Leur rôle ne se limite pas à l'accueil des oiseaux d'eau hivernants car ils constituent également des refuges pour les oiseaux nicheurs et/ou de passage (Isenmann *et al.*, 2005). Quant à la sous-association des milieux naturels et permanents (sebkhs et lagunes), elle affiche les abondances majeures de canards et d'oiseaux plongeurs. Cette situation témoigne de l'abondance, la disponibilité et la diversité des ressources trophiques et spatiales. Ces milieux

sont permanents en période hivernale et caractérisés par une zonation concentrique tout autour de leur berge, allant de la terre ferme à l'eau libre. En ce qui concerne les franges littorales, avec lesquelles s'associent les salines, elles sont fréquentées essentiellement par les laro-limicoles et les grands échassiers. Les plus grandes concentrations de ces groupes s'observent dans les habitats vaseux du golfe de Gabès. En effet, la dynamique des marées et le rythme des eaux (vives et mortes eaux) amènent et déposent dans le milieu intertidal des substances minérales et organiques, renouvelant à intervalles réguliers les éléments et les organismes à la disposition de ces deux groupes d'oiseaux. Ces habitats forment également des zones de transition entre la partie aquatique et la partie terrestre, et entre le milieu marin et le milieu dulçaquicole. Finalement, la sous-association des plaines, des garaets et des chotts, héberge en particulier les oiseaux partiellement inféodés à l'eau (Cigogne blanche, Vanneau huppé, Héron garde-bœufs et Grue cendrée.). Elle regroupe des milieux instables dont le niveau d'eau est proportionnel au rythme des précipitations et peuvent s'assécher entièrement pendant les années sèches. Cette situation peut expliquer les valeurs moyennes faibles que nous avons enregistrées pour la richesse spécifique, l'abondance et la diversité.

En Tunisie, plusieurs menaces d'origine naturelle perturbent l'hivernage des oiseaux aquatiques. Il s'agit essentiellement de la marginalité des effectifs de plusieurs espèces et la forte concentration d'oiseaux hivernants en un nombre réduit de sites (Hamdi *et al.*, 2008a,b,c). Dans ce cadre, notre étude a pu montrer que le Parc National Ichkeul, la Réserve Naturelle des Îles Kneiss et la sebkhat Ariana accueillent environ 45 % des effectifs hivernants, toutes espèces confondues. La moindre perturbation, résultant par exemple d'une faible pluviométrie ou d'un pompage excessif, peut engendrer des modifications qui limitent remarquablement les capacités d'accueil du milieu. Les zones humides situées dans les régions semi-arides et arides et dont l'état hydrologique reste imprévisible et tributaire des conditions climatiques sont également très vulnérables et fragiles. En outre, parmi les problèmes d'origine anthropique, figure la pollution chimique dont l'impact sur la dynamique des populations d'oiseaux d'eau n'a pas été correctement évalué alors que plusieurs études ont montré les effets désastreux directs et indirects de ce phénomène sur plusieurs taxons animaux et végétaux qui constituent les proies des oiseaux d'eau (Darmoul, 1988 ; Hamza & Ben Maïz, 1990 ; Guillaumont *et al.*, 1995). Les pratiques de pêche intensive peuvent également altérer la dynamique des populations d'oiseaux d'eau zoophages par un appauvrissement des ressources trophiques et favoriser le développement de certaines autres (Furness & Camphuysen, 1993). Les cas de noyade par capture accidentelle des oiseaux d'eau dans les filets maillants sont fréquents, notamment chez les grèbes et les cormorans dans le golfe de Gabès (obs. pers.). La construction de barrages autour des plus importants bassins versants de la Tunisie et l'extension des terres agricoles aux dépens de l'étendue des zones humides défavorisent également l'hivernage des populations d'oiseaux.

Dans le cadre de ces menaces d'ordre naturel et anthropique l'approche écologique d'espèces indicatrices peut être utilisée pour suivre les différentes classes de zones humides. En effet, le recensement continu des populations d'espèces indicatrices peut refléter l'état d'autres espèces du même groupe trophique et traduire indirectement les changements survenant dans chaque classe de zones humides (Piersma & Jukema, 1990 ; Piersma *et al.*, 1993 ; Deceunick & Mahéo, 2000). Des mesures de gestion et de conservation peuvent alors être prises et l'intérêt des espèces indicatrices pour les gestionnaires apparaît ainsi évident. L'utilisation de l'analyse *SIMPER* reste donc l'une des méthodes relativement efficaces pour l'identification des espèces indicatrices et de leur environnement (Lambeck, 1997 ; Simberloff, 1998 ; Noss, 1999). L'adoption des 15 espèces indicatrices que nous avons identifiées indiquera mieux l'état des zones humides tunisiennes. La conservation de ces milieux garantit automatiquement la conservation des autres espèces sans pour autant qu'elles entretiennent avec ces espèces des liens fonctionnels solides.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Devant la rareté des études quantitatives relatives aux oiseaux aquatiques et à leurs milieux en Tunisie, nous avons essayé dans ce travail d'apporter les premières réflexions sur

la richesse, l'abondance et l'organisation spatiale de ces populations naturelles. L'ensemble des résultats obtenus semble combler, du moins partiellement, la carence de l'information et contribuer à la mise en place d'une banque de données ornithologiques. L'utilisation du test *SIMPER* a permis également d'établir une liste d'espèces indicatrices avec leur valeur de contribution dans la discrimination entre les différentes classes de zones humides. Cette liste peut être retenue dans les suivis ultérieurs de l'état écologique des zones humides tunisiennes, notamment celles qui présentent des capacités d'accueil importantes.

Les résultats présentés dans cette étude confirment la place que tiennent les zones humides tunisiennes dans la conservation des oiseaux d'eau du Paléarctique. Elles présentent incontestablement une grande valeur ornithologique. Ceci devrait inciter les gestionnaires des ressources naturelles à prendre rapidement des mesures préventives appropriées pour faire face aux différentes menaces et pouvoir conserver cette diversité avienne. Pour cela, certaines espèces, notamment celles indicatrices des différentes classes de zones humides tunisiennes, doivent être prises en considération dans les suivis ultérieurs. Parallèlement, des actions d'information et de sensibilisation des populations riveraines doivent être entreprises. La situation actuelle est fragile et peut rapidement se détériorer si les efforts engagés par l'état pour lutter contre les pratiques humaines, perturbatrices, ne sont pas soutenus par la communauté internationale.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été en partie financé par deux projets : MECO (ERB-IC-18CT98-270/1998-2001) et MEDCORE (ICA3-2003/2002-2005) ayant porté sur la mise en place d'un réseau de surveillance de la diversité biologique des zones humides méditerranéennes. Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à la publication de ce travail, notamment les deux relecteurs anonymes du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- ARNOULD, M. (1954). — Description d'un piège utilisé par les oiseleurs d'El Haouaria (Cap Bon). *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, VII (1-4) : 125-128.
- ARNOULD, M. & CANTONI, J. (1954). — Note sur la présence du Fou de Bassan (*Sula bassana* L.) sur les côtes tunisiennes. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, VII (1-4) : 135-137.
- ARNOULD, M., CANTONI, J. & DELEUIL, R. (1953). — Bagueage d'oiseaux migrateurs au Cap Bon (Printemps 1953). *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, VI (1-4) : 217-222.
- BALOZET, L. (1949). — Note sur un Spiruroidea et *Phoenicopterus roseus*. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, II (3-4) : 159-160.
- BLANC, M. (1935). — *Faune tunisienne : mammifères, oiseaux et leur migration, reptiles et batraciens*. Texte dactylographié, Tunis.
- BLANCHET, A. (1957). — Les oiseaux de Tunisie. (Deuxième partie du catalogue des espèces capturées). *Mém. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, I : 1-92 + planches.
- BLANCHET, A. & HELDT, J. (1951). — Oiseaux de Tunisie. Région de Sousse et Sahel. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, I (1) : 1-98.
- BONNET, M. & REHFISH, M. (1985). — *Importance et distribution spatiale du peuplement d'anatidés et de foulques hivernant sur le lac de l'Ichkeul (Tunisie). Hiver 1984-1985*. Rapport de convention SRETIE/CNRS n° 84206.
- BOS, J.F.P., VAN DER GEEST, G.M., GILISSEN, N.L.M., PAHLPLATZ, R., ESSETTI, I. & AYACHE, F., (1999). — *Waterbirds in the Gulf of Gabès and other wetlands in Tunisia, autumn 1999*. WIWO Report 74. WIWO, Zeist.
- BREDIN, D., SKINNER, J. & TAMISIER A. (1986). — Distribution spatio-temporelle et activités des anatidés et foulques sur l'Ichkeul, grand quartier d'hiver tunisien. *Acta Oecologia / Oecol. Gen.*, 7 : 55-73.
- BRIGGS, S.V., LAWLER W.G. & THORNTON, S.A. (1998). — Relationships between control of water regimes in River Red Gum wetlands and abundance of waterbirds. *Corella*, 22 : 47-55.
- CASTAN, R. (1955). — Liste des oiseaux capturés ou observés au cours de l'année 1954 dans le caïdat de l'Aradh et plus particulièrement dans l'oasis de Gabès. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, VIII (1-2) : 157-178.
- CASTAN, R. (1966). — Compte-rendu des baguages et des reprises d'oiseaux migrateurs bagués en 1958 dans la région de Gabès. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, IX et X.
- DARMOUL, B. (1988). — Pollution dans le golfe de Gabès (Tunisie) : bilan de six années de surveillance (1976-1981). *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche, Salammbô*, 15 : 61-84.

- DAVIDSON, N.C. & EVANS, P.R. (1986). — The role of man-made and man-modified wetland in the enhancement of the survival of overwintering shorebirds. *Colonial Waterbirds*, 9 : 176-188.
- DECEUNICK, B. & MAHÉO, R. (2000). — *Synthèse des dénombrements et analyse des tendances des limicoles hivernants en France 1978-1999*. LPO/Wetlands International-WI/LPO/DNP.
- DEFOSSE, A., POYDENOT, F., TAMISIER, A., GRAVEZ, V. & BOUDERESQUE, C.F. (1996). — Modélisation d'un écosystème lagunaire : relation entre une macrophyte, *Potamogeton pectinatus*, et trois populations d'oiseaux d'eau migrants. *Actes des Journées du Programme Environnement, Vie & Sociétés, Thème 3*, CNRS, Paris : 47-52.
- DEHORTER, O. (1997). — *Influence des perturbations sur l'hivernage des oiseaux d'eau dans le contexte du modèle des stratégies d'hivernage*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II.
- DELANY, S. & SCOTT, D. (2006). — *Waterbird population estimates. Fourth edition*. Wetlands International, The Netherlands.
- DELEUIL, R. (1954). — Prospection ornithologique des îles de Zembretta et Zembra. *Mém. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, 2 : 18-31.
- DISTER, E., GOMER, D., OBRDLIK, P., PETERMANN, P. & SCHNEIDER, E. (1990). — Water Management and ecological perspectives of the Upper Rhine's floodplain. *Regulated Rivers: Research and Management*, 5 : 1-15.
- DOMERGUE, C. (1949). — Le Chott Djérid, station et lieu de ponte du Flamant rose (*Phoenicopterus roseus* Linné). *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, II (3-4) : 119-128.
- DOMERGUE, C. (1952). — Les Flamants Roses. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, V (1-4) : 45-64.
- ETCHÉCOPAR, R. D. & HÜE, F. (1964). — *Les oiseaux du Nord de l'Afrique de la mer Rouge aux Canaries*. N. Boubée & Cie, Paris.
- FREDERICK, P.C., HYLTON, B., HEATH, J.A. & RUANE, M. (2003). — Accuracy and variation in estimates of large numbers of birds by individual observers using an aerial survey simulator. *J. Field Ornith.*, 74 : 281-287.
- FURNESS, R.W. & GREENWOOD, J.J.D. (1993). — *Birds as monitors of environmental change*. Chapman and Hall, London.
- GIBBS, J.P. (1993). — The importance of small wetlands for the persistence of local populations of wetland-associated animals. *Wetlands*, 13 : 25-31.
- GOLDSCHMIT, B.V. & HAFNER, H. (1973). — Dénombrement de la sauvagine en Tunisie et dans le nord-est de l'Algérie. *Internat. Wildfowl Res. Bur. Bull.*, 35 : 38-46.
- GREEN, A.J. (1996). — Analysis of globally threatened Anatidae in relation to threats, distribution, migration patterns, and habitat use. *Conserv. Biol.*, 10 : 1435-1445.
- GUILLAUMONT, B., BEN MUSTAPHA, S., BEN MOUSSA, H., ZAOUALI, J., SOUSSI, N., BEN MAMOU, A. & CAIROU, C. (1995). — Pollution impact study in Gabes gulf (Tunisia) using Remote Sensing Data. *MTS Journal*, 29 : 46-58.
- GUILLEMAIN, M., HOUTE S. & FRITZ, H. (2000). — Activities and food resources of wintering Teal (*Anas crecca*) in a diurnal feeding site : a case study in Western France. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 55 : 171-181.
- HAIG, S.M., MEHLMAN, D.W. & ORING, L.X. (1998). — Avian movements and wetland connectivity in landscape conservation. *Conserv. Biol.*, 12 : 749-758.
- HAMDI, N. (2008). — *Écologie du peuplement des oiseaux d'eau hivernant en Tunisie : biodiversité, monographie et dynamique spatio-temporelle*. Thèse d'université, Faculté des Sciences de Tunis.
- HAMDI, N., CHARFI, F. & MOALI, A. (2008a). — Variation of the waterbird community relying to the Ichkeul National Park, Tunisia. *Eur. J. Wildlife Res.*, 54 : 417-424.
- HAMDI, N., CHARFI, F. & MOALI, A. (2008b). — Dam effects on the wintering strategy and habitat use of Greylag Goose (*Anser anser*) in Ichkeul National Park, North Tunisia. *Eur. J. Wildlife Res.*, 54 : 635-641.
- HAMDI, N., CHARFI, F. & MOALI, A. (2008c). — Le peuplement des oiseaux aquatiques hivernant du golfe de Gabès. *Bull. Soc. zool. France*, 133 : 263-271.
- HAMZA, A. & BEN MAIZ, N. (1990). — Sur l'apparition du phénomène « d'eau rouge » dans le golfe de Gabès en été 1988. *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche, Salambô*, 17 : 5-15.
- HEIM DE BALSAC, H., ARNOULD, M., CANTONI, J. & DELEUIL, R. (1954). — Note sur les régurgitations de la Chouette Effraye (*Tyto alba alba* Scop.). *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, VII (1-4) : 139-140.
- HEIM DE BALSAC, M., CANTONI, J., DELEUIL, R. & GOUTTENNOIRE, G. (1955) — Les oiseaux de Tunisie (« Birds of Tunisia » de J.I.S. Whitaker 1905). *Mém. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, (3) : 1-76.
- HEIM DE BALSAC, H. & MAYAUD, N. (1962). — *Oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique*. Lechevalier, Paris.
- HELDT, H. (1949). — Contribution aux recherches sur la migration des oiseaux. Expérience de bagages et bagues récupérées. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, II (1) : 21-24.
- HOLLIS, G.E., AGNEW, C.T., BATTARBEE, R.W., CHISNALL, N., FISHER, R.C., FLOWER, R., GOLDSMITH, F.B., PHETHMEAN, S.J., SKINNER, J., STEVENSON, A.C., WARREN, A. & WOOD, J.B., (1986). — *Modelling and management of the internationally important wetland at garaet El Ichkeul, Tunisia*. IWRB Publication. Slimbridge, Great-Britain. Pub. n° 4.
- HOSTETLER, M.E. & HOLLING, C.S. (2000). — Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosystem*, 4 : 25-54.
- HOSTETLER, M.E. & KNOWLES-YANEZ, K. (2003). — Land use, scale and bird distributions in the Phoenix metropolitan area. *Landscape Urban Planning*, 62 : 55-68. <http://www.unesco.org/most/dpmahdia31.pdf>

- HUGHES, J.M.R., MAAMOURI, F., HOLLIS, T., AVIS, C. & AYACHE, F. (1997). — *Inventaire des zones humides tunisiennes (version interne)*. Commission of the European communities (DGXII), Contrat EV4V.0158.UK (H).
- ISENMANN, P., GAULTIER, T., EL HILI, A., AZAFZAF, H., DLENSI, H., & SMART, M., (2005). — *Oiseaux de Tunisie / Birds of Tunisia*. S.E.O.F., Paris.
- ISENMANN, P. & MOALI, A. (2000). — *Oiseaux d'Algérie / Birds of Algeria*. Société d'Études Ornithologiques de France, Paris.
- JOKIMAKI, J. (1999). — Occurrence of breeding bird species in urban parks: effects of park structure and broad-scale variables. *Urban Ecosystem*, 3 : 21-34.
- KOENIG, A. (1888). — Avifauna von Tunis. *Cab. Journ. Ornith.*, XXXVI, N°182-183 : 121-298.
- LAVAUDEN, L. (1924). — *Voyage de M. Guy Babault en Tunisie. Résultats scientifiques : Oiseaux*. Paris.
- LOMBARD, A., DELEUIL, R. & ARNOULD, M. (1951). — Oiseaux bagués (Reprises). *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, IV (1-2) : 69-71.
- MATHIS, M. (1949). — La chasse au Faucon en Tunisie. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, II (3-4) : 107-117.
- MOREIRA, F. (1997). — The importance of shorebirds to energy fluxes in a food web of a south European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 : 67-78.
- OSIEJUK, T.S., KUCZYNSKI, L. & JERMACZEK, A. (1999). — The effects of water conditions on breeding communities of pastures, meadows and shrub habitats in the Slonsk reserve, N-W Poland. *Biologia*, 54 : 207-214.
- PIERSMA, T., DE GEEIJ, P. & TULP, I. (1993). — An evaluation of intertidal feeding habitats from a shorebird perspective: towards relevant comparisons between temperate and tropical mudflats. *Netherl. J. Sea Res.*, 31 : 503-512.
- PIERSMA, T. & JUKEMA, J. (1990). — Budgeting the flight of a long-distance migrant : changes in nutrient reserve levels of Bar-tailed Godwits at successive spring staging sites. *Ardea*, 78 : 315-337.
- PRADEL, R., RIOUX, N., TAMISIER, A. & LEBRETON, J.D. (1997). — Individual turnover among wintering Teal in Camargue: a mark-recapture study. *J.Wildl. Managt.*, 61 : 816-821.
- RAMSAR CONVENTION BUREAU (1991). — *L'homme et les zones humides : un lien vital*. 7^e Session de la Conférence des Parties contractantes à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971). San José, Costa Rica, 10 au 18 mai 1999.
- RAPPOLDT, C., KERSTEN, M. & SMIT, C. (1985). — Errors in large-scale shorebird counts. *Ardea*, 73 : 13-24.
- RIGAUX, T. (1989). — *Suivi des oiseaux d'eau et actions de formation au cours de l'hiver 1988/1989*. Rapport Centre d'Écologie fonctionnelle et Évolution, CNRS, Montpellier.
- SAVARD, J.P.L., CLERGEAU, P., & MENNECHEZ, G. (2000). — Biodiversity concepts and urban ecosystem. Landscape and urban ecosystems. *Landscape Urban Planning*, 48 : 131-142.
- SIMBERLOFF, D. (1998). — Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passé in the landscape area ? *Biol. Conserv.*, 83 : 247-257.
- SKINNER, J., REHFISH, M., WOOD, J.B., FAY, M., SMART, M. & GAUTIER, T. (1986). — *The birds of the Ichkeul National Park. Tunisia Conservation Report*. University College, London.
- SMART, M. (1974). — Midwinter counts in Tunisia, 1973-1974. *IWRB Bull.*, 37 : 82-85.
- SMART, M. (1976). — Recensement des oiseaux d'eau en Tunisie, Janvier 1975. *Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie*, 11 : 3-20.
- SNOW, D.W. & PERRINS, C.M. (1998). — *The Birds of the Western Palearctic, Volume 1, Non-Passerine*. Oxford University Press, Oxford, New York.
- TAMISIER, A. (1995). — Ichkeul (Tunisie) : Lac et marais. Pp 353-363 In : C. Morilio & J.L. Gonzalez (eds.). *Management of Mediterranean wetlands*. MedWet Publication 2.
- TAMISIER, A., 1997. — Les oiseaux d'eau, indicateurs de changements d'habitats. Le cas de l'Ichkeul. *Actes du séminaire, gestion et conservation des zones humides tunisiennes, Sousse, Tunisie* : 91-98.
- TAMISIER, A. (2001). — Ichkeul, Tunisie. Grandeur et décadence d'une zone humide hautement protégée. *Zones humides INFO*, 32 : 16-18.
- TAMISIER, A. & BOUDERESQUE, C.F. (1994). — Aquatic bird populations as possible indicators of seasonal nutrient flow at Ichkeul Lake, Tunisia. *Hydrobiologia*, 279/280 : 149-156.
- THIOLLAY, M., 1975. — Migration de printemps au Cap Bon. *Nos Oiseaux*, 33 : 109-121.
- THOMSON, P. & JACOBSEN, P. (1979). — *The birds of Tunisia, an annotated check-list and a field-guide to bird-watching*. Jelling Bogtrykkeri Aps.
- TRAUT, A.H. & HOSTETLER, M.E. (2004). — Urban lakes and waterbirds: effects of shoreline development on avian distribution. *Landscape and Urban Planning*, 69 : 69-85.
- UNDERHILL, L.G. & PRYS-JONES, R. (1994). — Index numbers of waterbird populations. I. Review and methodology. *J. Appl. Ecol.*, 31 : 463-480.
- VAN DER HAVE, M., BACCETTI, N., KEIJL, O. & ZENATELLO, M. (1997). — *Waterbirds in Kneiss, Tunisia, February 1994*. WIWO Report 54. WIWO, Zest.
- VAN DIJK, A.J., VAN DIJK, K., DIJKSEN, L.J., VAN SPANJE, T.M., & WYMENGA, E. (1986). — *Wintering waders and waterfowls in the gulf of Gabès, Tunisia, January-March 1984*. WIWO Report 11, WIWO, Zeist.
- WHITAKER, J.I.S. (1905). — *Birds of Tunisia*. Volume 2. Porter, Londres.
- WHITTAKER, R.H. & LIKENS, G.E. (1973). — Primary production : the biosphere and man. *Hum. Ecol.*, 1 : 357-369.

ANNEXE

Liste des zones humides prospectées durant la période 2001-2002/2006-2007. Nombre d'hiver où la zone humide est prospectée

Site (coordonnées)	Code	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	N
Sebkhats, Chotts et Garaets								
Sebkhat Sijoumi	36°45'N 10°08'E	1	x	x	x	x	x	6
S. Ariana	36°56'N 10°11'E	2	-	x	x	x	x	5
S. Soliman	36°42'N 10°30'E	3	x	x	x	-	x	5
S. Farjouna	36°44'N 10°51'E	4	x	x	x	-	-	4
S. Douan	36°58'N 11°04'E	5	x	x	x	-	-	4
S. Bouzid	36°52'N 11°07'E	6	x	x	x	-	-	4
S. Tegdimane	36°49'N 11°04'E	7	x	x	x	-	-	4
S. Kourzia	36°22'N 09°55'E	9	-	-	x	x	-	3
S. Sidi Jabeur	35°59'N 10°20'E	10	-	-	x	x	-	3
S. Halk Menzel	36°00'N 10°30'E	11	-	x	x	-	-	3
S. Kremda	35°59'N 10°20'E	12	-	x	x	-	-	3
S. Asa Jiriba	36°05'N 10°27'E	13	-	x	x	-	-	3
S. Menz Bourguiba	37°07'N 09°56'E	14	x	x	x	x	x	6
S. Sidi El Hani	35°32'N 10°26'E	15	-	x	x	-	-	3
S. Kelbia	35°54'N 10°20'E	16	x	x	-	x	x	5
S. Sousse	35°47'N 10°38'E	17	x	x	-	x	-	4
S. El Bahira	35°45'N 10°12'E	18	x	x	x	-	x	5
S. El Metbasta	35°42'N 10°01'E	19	x	x	x	-	x	5
S. Oylat Ettarfa	35°45'N 10°12'E	20	x	x	x	-	x	5
S. Cherita	35°19'N 10°18'E	21	-	-	x	x	-	3
S. El Kotaia	35°29'N 11°03'E	22	-	-	x	x	-	3
S. Rayada	35°29'N 11°03'E	23	-	-	x	x	-	3
S. Ain Nijila	35°19'N 11°08'E	24	-	-	x	x	-	3
S. El Jem	35°17'N 10°41'E	25	x	-	-	x	-	2
S. Moknine	35°37'N 10°58'E	27	-	-	x	x	-	3
S. Rharra	35°07'N 10°31'E	28	x	-	-	x	-	2
S. Mchiguigue	34°59'N 10°03'E	29	x	-	-	x	-	2
S. Bou Jemal	35°22'N 09°40'E	30	x	-	-	x	-	2
S. Madenn	35°13'N 11°05'E	31	x	-	x	x	-	4
S. Ennaoual	34°24'N 09°46'E	34	-	x	x	x	-	4
S. El Hamma	33°58'N 09°54'E	35	-	-	x	-	-	2
S. Sidi Mansour	43°14'N 09°03'E	36	-	x	-	x	-	3
S. Melah	33°59'N 10°03'E	37	-	x	-	x	-	3
S. El Khalij	33°55'N 10°05'E	38	-	x	-	x	-	3
S. Ain Maider	33°28'N 10°45'E	40	-	-	x	x	-	3
S. M'Habeul	33°24'N 10°50'E	41	-	-	x	x	-	3
S. El Malah	33°22'N 10°58'E	42	-	-	x	x	-	3
S. Minikra	33°15'N 11°05'E	43	-	-	x	x	-	3
S. Boujmel	33°15'N 11°05'E	44	-	-	x	x	-	3
S. El Abidate	33°04'N 11°25'E	45	-	-	x	-	-	2
S. El Brigat	33°06'N 11°30'E	46	-	-	x	-	-	2
S. Dreiaa	34°05'N 10°22'E	54	x	-	x	x	-	4
S. Chemila	33°02'N 10°53'E	55	-	-	x	-	-	1
S. Taader	33°01'N 11°30'E	47	-	-	x	-	-	2

Site (coordonnées)		Code	01 /02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	N
S. Sejnane	37°09'N 09°16'E	94	-	x	-	-	-	-	1
S. Jemna	33°34'N 08°59'E	149	x	-	-	-	-	x	2
S. Machiouha	33°33'N 08°58'E	150	x	-	-	-	-	x	2
S. Tazarka	36°31'N 10°50'E	98		x	x	-	-	-	2
Chott El Hessi	33°16'N 08°47'E	105	-	-	x	x	-	-	2
Ch. Mechertate	35°12'N 10°01'E	106	x	x	x	-	x	x	5
Ch. Djerid	33°46'N 08°31'E	100	-	-	x	-	-	-	1
Garaet Bou Hnache	36°57'N 10°12'E	66	-	x	x	x	x	x	5
G. Dar Belouer	35°22'N 09°40'E	57	x	x	x		x	x	5
G. Rawad	36°55'N 10°05'E	68	-	x	x	x	x	x	5
G. Sedjnane	37°06'N 09°13'E	69	-	x	-	-	-	-	1
G. El Kebira	36°22'N 09°55'E	77	-	-	x	x	x	-	3
G. Bouscha	36°23'N 09°56'E	78	-	-	x	x	x	-	3
G. Touiref	36°23'N 08°36'E	79	-	-	x	-	-	-	1
G. Kessera	35°54'N 09°25'E	80	-	-	x	-	-	-	1
G. Mabtouha	37°02'N 09°57'E	73	-	x	x	-	x	x	4
G. Tircha	35°49'N 10°10'E	82	-	x	x	-	-	-	2
G. El Akarech	35°52'N 09°29'E	83	-	x	x	x	x	-	4
G. El Mejdoul	34°58'N 09°38'E	84	-	x	x	x	x	-	4
G. El Fartass	34°57'N 10°10'E	85	-	x	-	-	-	-	1
G. Akrich	34°28'N 10°08'E	86	-	x	-	-	-	-	1
G. Lafial	35°01'N 08°39'E	87	-	x	x	-	-	-	2
G. Eddouza	34°27'N 08°29'E	90	-	-	x	x	x	-	3
G. Zograta	34°14'N 09°30'E	91	-	-	x	x	x	-	3
G. Ettieur	33°10'N 11°02'E	92	x	-	x	x	-	-	2
Plaine Ben Arous	36°47'N 10°12'E	32	-	x	x	x	x	x	5
P. Enfidha	36°12'N 10°06'E	33	x	x	x	-	x	x	5
P. Tabarka	37°05'N 09°02'E	8	-	-	x	x	x	x	4
Lagunes									
Lagune de Bizerte	37°13'N 09°55'E	89	x	x	x	x	-	-	4
Lagune Kal Landalous	37°01'N 10°10'E	56	-	x	x	x	x	x	5
L. Sidi Mekki	37°10'N 10°15'E	39	-	x	x	x	x	x	5
L. Korba	36°41'N 10°56'E	58	x	x	x	x	x	x	6
L. Kelibia	36°50'N 10°17'E	59	-	x	x	x	x	x	5
L. Mahdia	35°03'N 11°17'E	60	-	-	x	x	x	-	3
L. El Kantara	33°38'N 10°34'E	61	x	-	x	x	-	-	2
Lac Tunis	36°45'N 10°30'E	62	x	x	x	x	x	x	6
L. Bizerte	37°13'N 09°55'E	63	x	x	x	x	x	x	6
L. Ichkeul	37°10'N 09°40'E	64	x	x	x	x	x	x	6
L. Boughrara	33°35'N 10°49'E	93	x	-	x	x	-	-	3
Lac de Ghar Meleh	37°09'N 10°14'E	65	-	x	x	x	x	x	5
L. Bibane	33°16'N 11°12'E	107	x	-	x	x	-	-	3
Oued Sed	35°59'N 10°27'E	95	-	x	x	-	x	-	3
Tourbière Fatma	36°52'N 08°46'E	114	-	x	x	-	-	-	2
Franges littorales									
Kelibia-Nabeul	36°39'N 10°56'E	67	-	-	x	x	x	-	3
Tabarka-Ras Enjla	33°04'N 10°29'E	48	-	x	x	x	x	-	4
Ras –Enjla-Bizerte	37°01'N 08°53'E	49	-	x	x	-	-	-	2
Metline	37°15'N 10°03'E	50	-	x	x	-	-	-	2

Site (coordonnées)	Code	01 /02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	N	
Île de Djerba	33°47'N 10°52'E	51	x	x	x	x	-	-	4
Marsa-Soliman	36°45'N 10°18'E	52	-	x	x	x	x	-	4
Soliman-Kelibia	36°52'N 10°42'E	53	-	x	x	-	-	-	2
Nabeul-Ras Gabboudia	36°15'N 10°29'E	70	-	-	x	x	-	-	2
Ras Gabboudia-Thyna	35°05'N 11°01'E	71	x	x	x	x	-	-	4
Archipel de Kerkennah	34°45'N 11°10'E	72	-	x	x	x	-	-	3
Thyna-Ras Yougha	34°28'N 10°26'E	74	-	x	x	x	x	-	4
Ras Yougha-RasKedim	34°28'N 10°26'E	75	-	x	x	x	x	-	4
Ras Kedim- Laakarit	34°12'N 10°03'E	76	-	x	x	-	-	-	2
Laakarit-Jorf	34°45'N 10°16'E	81	-	x	x	-	-	-	2
Jorf-Bibane	33°27'N 11°05'E	88	-	x	x	-	-	x	2
Barrages									
Oued Laabid	36°51'N 10°43'E	96	-	x	x	x	-	x	4
Chrichira	35°38'N 09°49'E	97	x	x	x	x	-	-	4
Lahjar	36°49'N 10°42'E	99	x	x	x	-	-	-	3
El Hma	36°52'N 11°02'E	101	x	x	x	-	-	x	4
Oued Lekhtef	36°51'N 10°56'E	102	x	x	x	-	-	x	4
Sbiba	35°01'N 08°40'E	108	-	x	x	-	-	-	2
Melliane	36°29'N 09°59'E	109	x	x	-	-	x	-	3
Sidi Barrak	37°00'N 15°43'E	110	x	x	x	x	-	-	4
Bou Khris	35°43'N 09°27'E	111	x	x	x	-	-	x	4
Tefkhriste	36°52'N 11°06'E	112	x	x	x	-	-	x	4
Oued Rmal	36°21'N 10°12'E	113	x	x	x	-	-	x	4
Gdhir Goulla	36°54'N 10°10'E	115	x	x	x	x	-	x	5
Mornaguia	36°50'N 10°13'E	116	x	x	x	x	-	x	5
Joumine	36°58'N 09°35'E	117	x	x	x	x	x	-	5
Ghezala	37°03'N 09°32'E	118	x	x	x	x	-	-	4
Sedjenane	37°10'N 09°27'E	119	x	x	x	x	-	-	4
El Alia	37°11'N 10°02'E	120	x	-	x	-	-	-	2
Masri	36°31'N 10°29'E	121	x	x	x	x	x	-	5
Attahouna	36°32'N 10°29'E	122	x	x	x	-	-	-	3
Chiba	36°42'N 10°46'E	123	x	x	x	x	-	x	5
Lebna	36°42'N 10°56'E	124	x	x	x	x	-	x	5
Sidi Jedidi	36°25'N 10°27'E	125	x	x	x	x	-	x	5
Bezigh	36°43'N 10°36'E	126	x	x	x	x	-	x	5
Gastla	36°19'N 10°21'E	127	x	x	x	x	-	x	5
Mallabi	36°51'N 10°56'E	128	x	x	x	x	-	x	5
Abdelmonaem	36°50'N 10°58'E	129	x	x	x	x	-	x	5
El Kebir	36°14'N 09°47'E	130	x	x	-	-	x	-	3
Bir Chergua	36°23'N 09°58'E	131	x	x	-	-	x	-	3
Beni Mtir	36°44'N 08°44'E	132	x	x	-	-	-	-	2
Bou Hertma	36°40'N 08°47'E	133	x	x	-	-	-	-	2
Kassab	36°46'N 08°59'E	134	x	x	-	-	-	-	2
Sidi Salem	36°38'N 09°21'E	135	x	x	x	-	-	-	3
Mellegue	36°09'N 09°22'E	136	x	x	-	-	-	-	2
Siliana	36°09'N 09°21'E	137	x	x	-	-	-	-	2
Lakhmes	36°28'N 09°28'E	138	x	x	-	-	-	-	2
Sidi Saad	35°22'N 09°40'E	139	x	x	x	-	-	x	4
El Houareb	35°35'N 09°54'E	140	x	x	x	-	-	x	4
Nebhana	36°03'N 09°52'E	141	x	x	-	-	-	-	2

Site (coordonnées)		Code	01 /02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	N
Jedliane	35°25'N 09°10'E	142	-	x	x	-	-	-	2
Gasroum	36°34'N 10°09'E	143	x	x	-	-	-	-	2
El Batta	36°05'N 09°33'E	144	x	x	-	-	-	-	2
Ain Zrig	36°10'N 09°28'E	145	x	x	-	-	-	-	2
Ain El Morra	36°13'N 09°26'E	146	x	x	-	x	-	-	3
Sidi Salah	36°14'N 09°31'E	147	x	x	-	-	-	-	2
Meskaya	36°13'N 09°28'E	148	x	x	-	-	-	-	2
Salines									
Saline Thyna	34°38'N 10°43'E	103	x	x	x	-	x	x	5
Saline Zarzis	33°20'N 05°74'E	104	x	x	x	x	-	-	4
Saline Monastir	35°45'N 10°46'E	26	-	x	x	x	x	-	4
Total		150	78	108	121	84	72	45	

