



HAL
open science

Analyse comparative de la richesse avifaunistique du salin de Sfax dans le contexte tunisien et méditerranéen

Mohamed Ali Chokri, Nicolas Sadoul, Khaled Medhioub, Arnaud Bechet

► **To cite this version:**

Mohamed Ali Chokri, Nicolas Sadoul, Khaled Medhioub, Arnaud Bechet. Analyse comparative de la richesse avifaunistique du salin de Sfax dans le contexte tunisien et méditerranéen. *Revue d'Écologie*, 2008, 63 (4), pp.351-369. hal-03530425

HAL Id: hal-03530425

<https://hal.science/hal-03530425>

Submitted on 17 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANALYSE COMPARATIVE DE LA RICHESSE AVIFAUNISTIQUE DU SALIN DE SFAX DANS LE CONTEXTE TUNISIEN ET MÉDITERRANÉEN

Mohamed Ali CHOKRI^{1,2}, Nicolas SADOUL³, Khaled MEDHIOUB² & Arnaud BÉCHET¹

SUMMARY. — *Comparative analysis of the avifaunistic richness of the Sfax salina in the Tunisian and Mediterranean context.* — The present comparative analysis of the waterbirds community of the Sfax salina aimed at examining if local and regional factors may explain the numbers, the specific composition and diversity of wintering waterbirds in this salina by comparison (i) with other Tunisian wetlands, during the wintering season; (ii) with six highly protected western Mediterranean salinas during the wintering and the breeding season. This is a first evaluation of the importance of the Sfax salina for waterbirds in order to advocate for a better designation of protection in relation to its high richness. Our results show that Sfax salina is nationally and internationally important for both wintering and breeding waterbirds. It is proposed that this high value is essentially explained by (i) the permanent salt-making activity all over the year making water and food resources abundant and predictable from January to December, (ii) the proximity to the gulf of Gabes, a large tidal area which is a major wintering site for waterbirds and (iii) a significant part of historical contingency. If a high proportion of the waterbirds of Tunisia is present in the Sfax salina, RAMSAR criterion is moreover attained for at least five wintering and breeding waterbirds. However, only the ZICO label, which has no regulatory value, is attributed to this site. Hence, the designation of the Sfax Salina as a RAMSAR site is strongly recommended for a better protection.

RÉSUMÉ. — Nous présentons ici une analyse comparative de l'avifaune du salin de Sfax dans le but d'examiner si des facteurs intrinsèques et environnants expliquent les effectifs, la composition spécifique et la diversité des oiseaux d'eau de ce salin (i) durant l'hivernage comparativement aux zones humides tunisiennes, (ii) durant l'hivernage et la reproduction comparativement à un échantillon de six salins de l'ouest de la Méditerranée faisant l'objet de fortes mesures de protection. Ce travail constitue une première évaluation de l'importance du salin de Sfax pour les oiseaux d'eau afin qu'il bénéficie d'une désignation à la hauteur de sa richesse. Nos résultats montrent que le salin de Sfax revêt une importance nationale et internationale pour ses effectifs hivernants et nicheurs d'oiseaux d'eau. Nous proposons que cette richesse exceptionnelle s'explique par (i) la permanence de l'activité salinière tout au long de l'année, procurant ainsi une ressource en eau et en nourriture abondante et prévisible durant tous les mois de l'année, (ii) la proximité du golfe de Gabès dont l'estran constitue un site d'hivernage de toute première importance pour les oiseaux d'eau et (iii) une part de contingence historique non négligeable. En plus d'accueillir une proportion significative des oiseaux hivernants et nicheurs de Tunisie pour un grand nombre d'espèces, les effectifs du salin de Sfax répondent aux critères requis pour la désignation RAMSAR pour cinq espèces d'oiseaux d'eau hivernants et nicheurs. Pourtant ce site ne bénéficie que du label ZICO qui n'a aucune valeur réglementaire. Nous recommandons donc la désignation du salin de Sfax comme zone humide RAMSAR afin de favoriser sa protection.

¹ La Tour du Valat, le Sambuc, F-13200 Arles

² Unité de recherche « Etude et gestion des environnements côtiers et urbains », I.P.E.I.S., Route l'Aéroport Km 0.5, Sfax, Tunisie.

³ Amis des Marais du Vigueirat, F-13104 Mas Thibert

La valeur économique, sociale et écologique des zones humides est aujourd'hui largement admise (Skinner & Zalewski, 1995). Ces milieux bénéficient d'une productivité biologique exceptionnelle dont, depuis longtemps, l'agriculture et la pêche tirent avantage. Ils contribuent au maintien du niveau des nappes phréatiques, réserves d'eau pour la consommation agricole, industrielle et domestique, et participent à prévenir les risques d'inondation. La productivité des zones humides fait aussi d'elles des habitats d'une biodiversité exceptionnelle dont l'avifaune est l'une des composantes les plus remarquables. En effet elles représentent les habitats d'hivernage et de reproduction d'une grande diversité d'oiseaux, constituant également des escales indispensables à leur migration.

Cependant, en dépit de leur valeur écologique, patrimoniale et socio-économique, les zones humides méditerranéennes ont connu une dégradation importante au cours du vingtième siècle (Pearce & Crivelli, 1994). Les zones humides tunisiennes n'ont pas échappé à cette régression. Au cours de ce même siècle, 28 % d'entre elles ont été détruites suite à des développements agricoles, industriels, portuaires et urbains (Maâmouri & Hughes, 1992). Malgré la surface réduite de la Tunisie, 256 zones humides de caractéristiques hydrologiques et de tailles variables y présentent encore une extraordinaire biodiversité (Hughes *et al.*, 1997). Ainsi 46 zones humides tunisiennes sont considérées comme des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) selon les critères de BirdLife International (Amari & Azafzaf, 2000). Parmi elles, on compte des zones humides artificielles d'eau douce apparues à partir des années 1980, les lacs de barrages et les lacs collinaires, et des salins, généralement constitués à partir de lagunes côtières transformées et gérées pour la production du sel. La large gamme de salinité que l'on rencontre sur ces derniers explique une diversité et une densité très élevées des organismes unicellulaires et des invertébrés aquatiques, base des chaînes trophiques qui permettent la présence d'une avifaune nombreuse et variée (Sadoul *et al.*, 1998). C'est le cas du salin de Sfax, considéré comme ZICO, qui constitue une zone humide d'une richesse exceptionnelle mais ne bénéficie pourtant pas du label Ramsar (Dijk *et al.*, 1986 ; APNES, 1995a, b ; AAO, 2000 ; Chokri, 2002). Ce dernier label, ressortant d'une convention internationale signée par 155 pays, apporterait un pouvoir réglementaire plus protecteur que la ZICO qui ne ressort que d'une seule ONG (Birdlife).

Dans cette étude, nous présentons une analyse comparative de l'avifaune hivernante et nicheuse du salin de Sfax dans le contexte tunisien et méditerranéen visant trois objectifs. Le premier est d'examiner en quoi des facteurs intrinsèques (salinité, saisonnalité de la mise en eau) et environnants (proximité de la côte ou d'autres zones humides) peuvent expliquer les effectifs, la composition spécifique et la richesse avifaunistique de ce salin durant l'hivernage comparativement aux zones humides tunisiennes. Le second est d'analyser en quoi des facteurs intrinsèques (superficie, saisonnalité du mouvement des eaux) et environnants (proximité d'autres zones humides) expliquent les effectifs, la composition spécifique et la richesse avifaunistique du salin de Sfax en le comparant, pour les oiseaux d'eaux hivernants et reproducteurs, à un échantillon de six salins de l'ouest de la Méditerranée bénéficiant de fortes mesures de protection.

Troisièmement, cette étude constitue la première évaluation, relativement aux autres zones humides tunisiennes et méditerranéennes comparables, de l'importance du salin de Sfax pour l'hivernage et la reproduction des oiseaux d'eau, afin que ce site bénéficie d'une désignation à la hauteur de sa richesse et des enjeux de conservation qu'il représente.

SITE ET MÉTHODES D'ÉTUDE

AIRE D'ÉTUDE

Notre étude couvre l'ensemble des zones humides tunisiennes et un échantillon de salins méditerranéens comparables au salin de Sfax. Les appellations locales des zones humides ne respectant pas toujours les efforts de systématisation menés pour les zones humides nord-africaines (Morgan, 1982 ; Morgan & Boy, 1982), nous retiendrons la classification de Hughes *et al.* (1997) (Tab. I, Fig. 1).

TABLEAU I

Types et caractéristiques des zones humides recensées en 2003 selon la terminologie de Hughes et al. (1996)

Type	Caractéristiques	Autres noms locaux
Lac (lacs et marais)	Étendue permanente ou saisonnière d'eau douce	Lac, Garaet, Sebkha
Lac de barrage	Lac artificiel d'eau douce résultant de la construction d'un barrage	
Oasis	Petites étendues d'eau douce autour des sources	Sources
Oued	Cours d'eau permanent ou saisonnier	
Lagune	Etendue d'eau permanente côtière saumâtre ou salée	Sebkha, Lagune
Sebkha	Plaine d'épandage saisonnière ou permanente d'eau saumâtre ou salée	Sebkha, Lagune, Chott
Île	Zone de marnage autour des îles situées dans le golfe de Gabès	
Plage	Zone côtière sur des plages sableuses ou vaseuses	
Salin	Zone humide artificielle destinée à la production de sel	
Tourbière	Étendue d'eau sur sol organique	

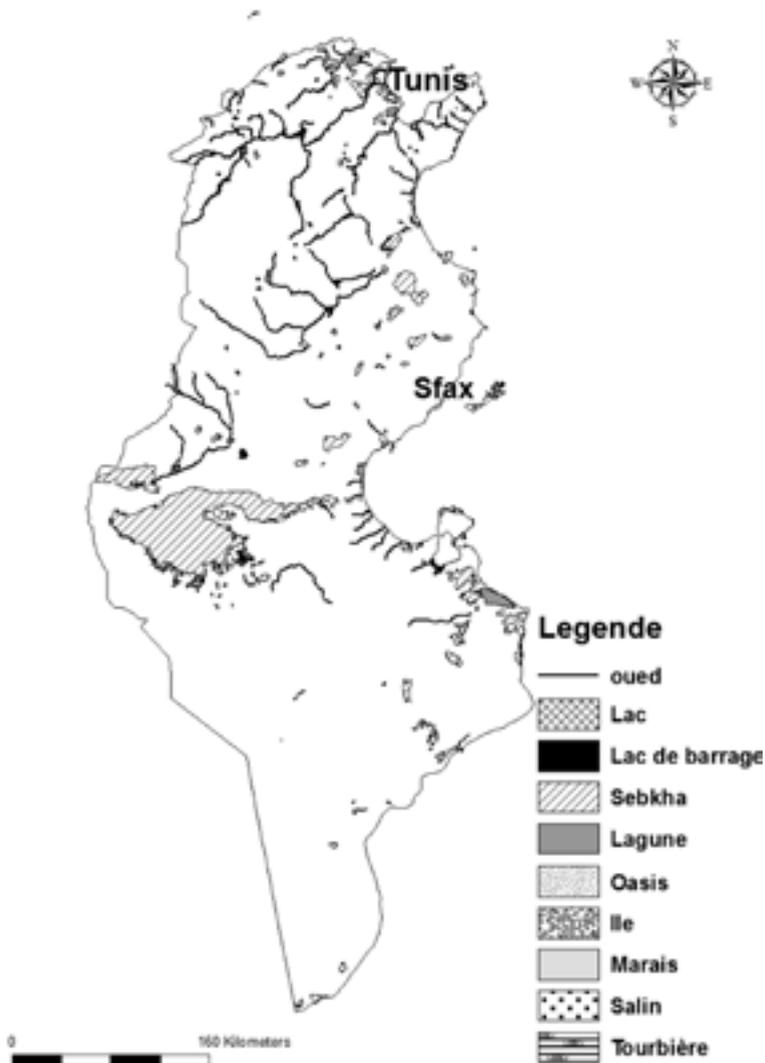


Figure 1. — Localisation des zones humides tunisiennes (Direction Générale des Forêts, 1996).

Le salin de Sfax d'une superficie de 1600 ha est situé dans la partie la plus nordique du golfe de Gabès. Il s'étend le long du littoral sur une longueur d'environ 15 km et une largeur variant d'une centaine de mètres à 2 km. Il est limité au nord par le centre ville et le port de Sfax et au sud par la commune de Thyna. L'embouchure de l'oued El Maou marque la délimitation de ces deux communes. Le salin est soumis à plusieurs pressions susceptibles d'affecter sa capacité d'accueil pour les oiseaux d'eau (Chokri *et al.*, 2006). Les promeneurs, les braconniers et les chiens errants sont fréquents dans le salin. D'un autre côté, les eaux usées de la SIAPE (Société industrielle des acides phosphoriques et des engrais), les eaux traitées de la station d'épuration de la ville et celles issues du lessivage de la décharge municipale traversent le salin par un canal qui se déverse non loin de la zone de pompage du salin.

Le salin de Sfax sera comparé à deux salins en France, trois en Italie et un en Espagne, ces six salins étant désignés comme des sites d'importance internationale dans le cadre de la Convention RAMSAR, de la Convention de Barcelone et de la Directive Oiseaux de l'Union Européenne (SPA ou Special Protected Area, équivalant des ZPS en France, Fig. 2, Tab. II).



Figure 2. — Localisation des salins méditerranéens étudiés.

RECENSEMENTS D'OISEAUX D'EAU HIVERNANT EN TUNISIE

Bien que les travaux sur l'avifaune tunisienne aient commencé au début du siècle dernier (Whitaker, 1905), les recensements nationaux ont longtemps été limités aux zones d'importance internationale comme l'Ichkeul (Berdin *et al.*, 1986 ; Hollis, 1986 ; Anstey, 1989). D'autres travaux sur les oiseaux du golfe de Gabès ont été menés par Dijk *et al.* (1986), Spiekman *et al.* (1993), Have *et al.* (1997), Bos *et al.* (2001). La Tunisie a participé aux comptages internationaux des oiseaux d'eau hivernants coordonnés par « Wetlands International » à partir de 1967 (Monval & Piro, 1987 ; Rose, 1995 ; Delany *et al.*, 1999 ; Gilissen *et al.*, 2002) mais ces comptages ne tiennent compte que des zones humides qui abritent des effectifs importants. Les premiers recensements menés en dehors des zones humides d'importance internationale ne datent que de 1986 (Gaultier, 1986). Toutefois les secteurs visités lors de ces comptages ne couvraient pas la totalité de la surface du pays. A partir de 2000, les ornithologues de l'Association des Amis des Oiseaux se sont progressivement investis sur le reste des zones humides, parvenant à des recensements sur une trentaine de zones humides en 2002 et sur 89 en 2003. L'intérêt de ce dernier recensement tient à ce qu'il couvre l'ensemble des zones humides d'importance pour les oiseaux d'eau. Ceux de 1986 et 2002 ont au contraire l'inconvénient de ne pas tenir compte de quelques grands sites d'hivernage (îles Kneiss, lagune de Soliman, sebkhas Kelbia, Ariana et Halk Elmenzel par exemple). C'est pourquoi nous n'avons retenu que l'année de recensement la plus exhaustive, c'est-à-dire 2003, afin d'évaluer la distribution et les effectifs des oiseaux d'eau hivernant en Tunisie (Azafzaf & Fletrup-Azafzaf, 2004).

TABLEAU II

Superficie, latitude, désignation au terme des conventions internationales et source des données de recensements d'oiseaux d'eau utilisés des 7 salins étudiés

Salin	Désignation	Superficie (ha)	Latitude	Sources
Sfax, Tunisie	ZICO	16 00	34,70° N	1, 2
Margherita di Savoia, Apulie (Italie)	Ramsar- SPA- ZICO	4 000	41,40°N	3
Macchiareddu, Sardaigne, (Italie)	Ramsar- SPA- ZICO	2 500	39,20°N	4
Quartu, Sardaigne (Italie)	Ramsar- SPA- ZICO	800	39,20°N	4
Salin de Giraud, Camargue (France)	Ramsar- SPA- ZICO	12 000	43,40°N	5
Aigues-Mortes, Camargue (France)	Ramsar- SPA- ZICO	9 000	43,50°N	5
Trinitat, delta de l'Ebre (Espagne)	Ramsar- SPA- ZICO	1 000	40,60°N	6

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (Directive Européenne Oiseaux) ; SPA : aire spécialement protégée (Convention de Barcelone 1982, 1996), Ramsar : zones humides d'importance internationale (Convention de RAMSAR) Sources : (1) Association des Amis des Oiseaux, Section de Sfax (effectifs hivernants), (2) Présent travail (effectifs reproducteurs), (3) Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (Marco Zenatello et Nicola Baccetti), (4) Sergio Nissardi et Carla Zucca (5) Station Biologique de la Tour du Valat, Yves Kayser (effectifs hivernants), Nicolas Sadoul (effectifs reproducteurs), (6) Parc Naturel du Delta de l'Ebre (Francesc Vidal)

LES RECENSEMENTS D'OISEAUX D'EAU HIVERNANTS ET NICHEURS EN MÉDITERRANÉE

Les données de recensement sur les six salins méditerranéens considérés ont été choisies en fonction de leur disponibilité pour une même période récente. Plusieurs comptages sur des années successives permettent de diminuer l'effet des fluctuations interannuelles des effectifs. Ainsi les effectifs hivernants recensés de 2000 à 2003 et nicheurs de 2003 à 2005 ont été utilisés. Les décomptes hivernaux en Camargue et dans le salin de Trinitat ne tiennent pas compte des effectifs du Goéland leucopnée et de la Mouette rieuse. De ce fait, les effectifs de ces deux espèces sont exclus dans la comparaison entre les salins pour l'hivernage.

Pour les oiseaux nicheurs, seules les espèces coloniales ont été retenues. En effet, en relation avec les problèmes de détection des nids, l'estimation des effectifs des espèces solitaires dépend en général beaucoup de l'effort de prospection. Ces estimations sont très souvent biaisées et les méthodes de recensement ne sont pas homogènes entre les sites. Les espèces ainsi retenues sont le Héron cendré (*Ardea cinerea*), le Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*), l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), le Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*), l'Échasse blanche (*Himantopus himantopus*), l'Avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*), la Glaréole à collier (*Glareola pratincola*), la Sterne naine (*Sterna albifrons*), la Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), la Sterne hansel (*Sterna nilotica*), la Sterne caugek (*Sterna sandvicensis*), le Goéland railleur (*Larus genei*), le Goéland leucopnée (*Larus michahellis*), le Goéland d'Audouin (*Larus audouinii*), la Mouette mélanocéphale (*Larus melanocephalus*) et la Mouette rieuse (*Larus ridibundus*).

ANALYSES DE DONNÉES

Pour mesurer la diversité spécifique, nous avons utilisé l'indice de diversité de Shannon (H') qui tient compte de la richesse spécifique (S) et de la dominance des espèces en donnant un poids important à la présence d'espèces rares (Magurran, 1988). Il est ainsi défini :

$$H' = -\sum (p_i \ln(p_i)) \text{ avec } p_i = N_i/N_{\text{total}}$$

N_i étant le nombre d'individus d'une espèce donnée et N_{total} le nombre total d'individus toutes espèces confondues. H' varie théoriquement de 0 à ± 5 .

La richesse spécifique est variable dans les zones humides tunisiennes et en Méditerranée d'un salin à l'autre ; de ce fait H' et S , c'est à dire le nombre d'espèces observées dans chaque site ou habitat, ont été utilisés pour comparer les peuplements d'oiseaux d'eau sur les différents sites.

Nous avons ensuite utilisé l'analyse des correspondances (Lebart *et al.*, 1977) afin de dégager les patrons de répartition des familles dans les différentes catégories de zones humides en Tunisie et, dans une seconde analyse, dans les différents salins de Méditerranée. Chaque espèce d'oiseau d'eau a été rattachée à sa famille et caractérisée par son effectif dans chaque localité. La famille des Rallidés n'a pas été prise en compte parce que ses effectifs, principalement concentrés sur quelques lacs de barrage, lui donnaient une position très excentrée, tendant à empêcher la discrimination du reste des familles.

Les différents salins méditerranéens retenus dans ce travail présentent une forte variabilité de leur superficie (Tab. II). Par conséquent, nous avons préféré utiliser la densité plutôt que l'effectif dans l'analyse des correspondances entre salins. Par contre, l'analyse portant sur les zones humides tunisiennes a été réalisée sur l'effectif plutôt que sur la densité, en raison de l'absence de données sur la superficie des différentes localités.

Nous avons également utilisé des tests non paramétriques (ANOVA de Kruskal-Wallis et test U de Mann-Whitney) afin de comparer la densité d'oiseaux hivernants et de couples nicheurs entre les différents salins.

Toutes les analyses ont été menées avec le logiciel STATISTICA 6.0 (Statsoft, 2004).

IMPORTANCE NATIONALE ET INTERNATIONALE DU SALIN DE SFAX POUR LES OISEAUX D'EAU

Actuellement le salin de Sfax ne bénéficie que du label ZICO de Birdlife International. En nous basant sur le critère de désignation d'un site RAMSAR qui prend en compte, pour une espèce, la présence d'au moins 1 % de l'effectif d'une ou plusieurs métapopulations, nous avons évalué l'importance internationale du salin de Sfax pour chaque espèce d'oiseaux d'eau par rapport aux effectifs des populations définies par Delany & Scott (2006). L'importance nationale est estimée par rapport aux effectifs de la population tunisienne, selon Isenmann *et al.* (2005) pour les oiseaux reproducteurs, et selon l'estimation des effectifs nationaux des recensements de 2003 (Azafza & Fletrup-Azafza, 2004) pour les hivernants.

RÉSULTATS

LES OISEAUX D'EAU HIVERNANT EN TUNISIE

Au total 220 895 oiseaux d'eau hivernants appartenant à 76 espèces différentes ont été dénombrés sur les 89 sites visités en janvier 2003 (Tab. III & Annexe I). La majeure partie de cet effectif (72,3 %) était présente dans des milieux d'eau saumâtre à salée. Ce sont les salins, les îles, les lagunes et les sebkhas représentés par 24 sites (Tab. III). 52,2 % des effectifs ont été recensés sur seulement 3 sites : les îles Kneiss, le salin de Sfax et les îles Kerkennah. Les deux premiers sites abritent les plus importants effectifs de l'ensemble des zones humides tunisiennes avec 70 346 individus pour le premier et 37 079 pour le deuxième.

TABLEAU III

Répartition des effectifs et nombre des espèces des oiseaux d'eau dans les différents types de zone humide en Tunisie en janvier 2003

Type de zone humide	Nombre de sites	Effectifs d'oiseaux d'eau	Richesse spécifique	Pourcentage d'effectif abrité
Lac	6	19 003	34	8,7
Lac de barrage	39	17 602	35	8,0
Oasis	11	5 199	25	2,4
Oued	2	13 437	23	6,1
Plage	7	3 504	35	0,9
Lagune	7	25 237	62	11,3
Sebkha	14	22 275	52	10,1
Île	2	78 198	40	35,5
Salin	1	37 079	50	16,8
Total	89	220 895	76	100

Les lagunes et les sebkhas sont des milieux relativement importants pour les oiseaux d'eau, ces deux habitats occupant la troisième et la quatrième position après les îles et les salins en termes d'effectifs. Finalement, bien que les zones humides d'eau douce représentent près des deux tiers des zones humides recensées, elles n'accueillent qu'environ 25 % des effectifs d'oiseaux hivernants. Parmi elles, le lac Ichkeul occupe le troisième rang des zones humides tunisiennes pour l'accueil des oiseaux d'eau avec 17 399 hivernants.

Avec 62 % des effectifs et 8 espèces, la famille des Scolopacidés est la plus représentée sur les îles Kneiss. Trois familles regroupent la majeure partie des oiseaux du salin de Sfax : les Scolopacidés (36,3 % et 14 espèces), les Laridés (22,6 % et 8 espèces), et les Phoenicoptéridés (22,6 % et une seule espèce, le Flamant rose). Pour les lagunes, la sebkha Halk Elmenzel est le site le plus important. Elle accueille près de 7700 individus de 32 espèces avec une forte abondance d'Avocette élégante (42,3 % de l'effectif hivernant tunisien de cette espèce). Avec près de 6000 individus et 26 espèces présentes, Séjourni est la sebkha la plus importante pour les oiseaux d'eau. Elle se caractérise surtout par des effectifs élevés d'Échasse blanche (67,5 % de l'effectif hivernant tunisien de cette espèce). Enfin les plages abritent moins de 1 % des effectifs hivernant en Tunisie. Environ 75 % des oiseaux fréquentant cet habitat sont recensés dans le golfe de Gabès. Le lac Ichkeul est quant à lui le site le plus important pour l'hivernage des Anatidés qui représentent 63,9 % des oiseaux d'eau de cette localité et 30 % des Anatidés de Tunisie. Ainsi 95,6 % des Oies cendrées (*Anser anser*) sont recensées sur ce site. L'effectif total des oiseaux d'eaux fréquentant les oasis est faible et marqué par la présence des Anatidés (42,3 % des effectifs) avec la prépondérance du Tadorne casarca (*Tadorna ferruginea*) (94 % de l'effectif de l'espèce est recensé sur cet habitat). L'oasis de Machouiha de la région de Douz au sud du Chott Eljerid est, parmi elles, le site le plus important et abrite 99,9 % de l'effectif des Sarcelles marbrées (*Marmaronetta angustirostris*) de Tunisie. Les oueds sont représentés par deux sites dont l'oued Akarit qui abrite à lui seul 97,9 % des effectifs de cet habitat.

Les lagunes, les sebkhas et le salin de Sfax avec respectivement 62, 52 et 50 espèces sont les milieux les plus riches en oiseaux hivernants de Tunisie (Tab. III), les îles Kneiss, les îles Kerkennah et la lagune de Soliman occupant le deuxième rang des sites, après le salin de Sfax, avec 34 espèces. La richesse spécifique des milieux d'eau douce est relativement faible (Tab. III). Parmi les lacs et marais, un seul site, le lac d'Ichkeul accueille plus de 10 espèces. Ce seuil n'est dépassé que sur 10 lacs de barrage sur 39, celui de Lebna étant le plus remarquable avec 32 espèces. C'est le cas aussi des oasis dont la richesse spécifique dépasse 10 espèces sur seulement trois sites, le maximum étant enregistré à l'oasis de Ghidma avec 14 espèces. Avec un indice de Shannon égal à 2,62, le salin de Sfax présente la diversité la plus élevée de Tunisie (Annexe I). La diversité des îles est plus faible, l'indice de Shannon y étant de 2,2. Pour les autres habitats, la diversité varie dans la majorité des cas de 0,1 à 2.

Les deux premiers axes de l'analyse des correspondances permettent de retenir 82,6 % de l'information ($\chi^2 = 196\ 795,4$; $ddl = 96$; $P < 0,0001$). Le premier axe discrimine les milieux en fonction de la salinité (Fig. 3). Ainsi les milieux d'eau douce, les lacs, oasis et lacs de barrage sont principalement caractérisés par les Anatidés (67 % des effectifs de canards y sont recensés). La position des oueds semble influencée par l'oued Akarit localisé près du golfe de Gabès donnant à cet habitat un caractère particulier. Il attire logiquement les canards qui représentent 29,8 % des effectifs de ce site mais on y retrouve également une forte présence de limicoles (50,8 % des effectifs sont des Scolopacidés et 14,9 % des Charadriidés). Il constitue un milieu de transition entre les zones d'eau douce d'une part et les milieux d'eau saumâtre ou salée d'autre part. La diversité en espèces et familles d'oiseaux d'eau augmente avec le gradient de salinité. Les milieux d'eau saumâtre, les lagunes et les sebkhas, qui occupent une position intermédiaire entre les milieux d'eau douce et les milieux d'eau salée, sont caractérisés par la présence des Récurvirostridés (Échasse blanche et Avocette élégante), des Podicipédidés (grèbes), et des Flamants roses. Respectivement 70, 51,5, et 19,2 % des effectifs tunisiens de ces familles hivernent dans ces deux habitats. Les îles, milieux marins situés dans le golfe de Gabès caractérisés par une zone de marnage importante, accueillent de forts effectifs d'oiseaux qui y exploitent les vasières. C'est ainsi que 94,2 % des Haematopodidés, 69 % des Threskiornithidés et 62 % des Scolopacidés, la famille la plus importante en Tunisie, et 40,7 % des flamants se retrouvent dans cet habitat.

Le deuxième axe de l'analyse sépare les îles et les salins (Fig. 3). La majorité des familles présentes sur les îles le sont encore bien sur les salins où il faut ajouter les Laridés et les Récurvirostridés (Avocette et Échasse).

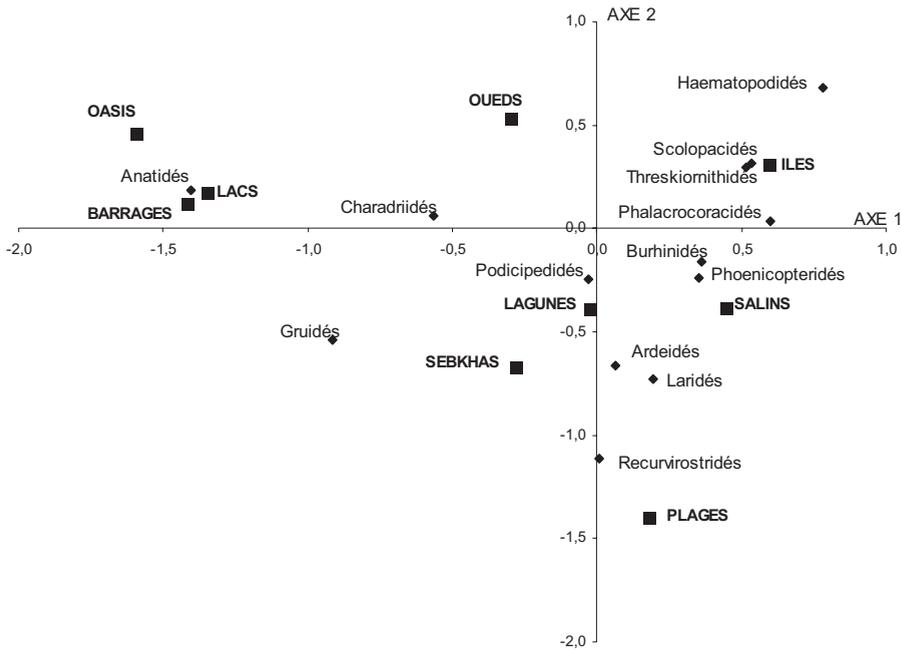


Figure 3.— Projection sur les deux premiers axes de l'analyse des correspondances des habitats et des familles d'oiseaux d'eau hivernants en Tunisie.

LES OISEAUX D'EAU HIVERNANT DANS LES SALINS EN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

Les effectifs d'oiseaux d'eau hivernants les plus importants sont enregistrés dans les salins de Sfax, de la Trinitat et de Margherita di Savoia avec en moyenne près de 30 000 oiseaux (Tab. IV). Les densités apparaissent très différentes entre salins ($H_{6,28} = 25,59$; $P < 0.001$). Elles sont similaires ($U = 7$; $Z = 0,57$; $P = 0,56$) et largement plus élevées dans les deux premiers, les autres montrant des densités significativement très inférieures. Les effectifs hivernants ne semblent donc pas être en relation avec la superficie des salins.

Le salin de Sfax présente la plus forte richesse spécifique avec environ cinquante espèces recensées chaque année. Les salins de Margherita di Savoia et de Macchiareddu arrivent en seconde position (de 34 à 50 espèces) suivis des autres salins qui présentent des richesses spécifiques comparables (de 16 à 30 espèces). Le salin de Sfax montre aussi le meilleur équilibre dans la distribution des effectifs des différentes espèces de son peuplement d'oiseaux d'eau hivernants, équilibre illustré par la plus forte diversité (indice de Shannon de 2,5 à 2,8 ; Tab. IV). Les salins de Margherita di Savoia et de Macchiareddu arrivent juste derrière. Les salins de Camargue et le salin de Quartu présentent, quant à eux, une diversité similaire tandis qu'elle est la plus faible dans le salin de la Trinitat, signe d'un plus fort déséquilibre dans la répartition des effectifs entre espèces.

Les deux premiers axes de l'analyse des correspondances permettent de retenir 96,5 % de l'information ($\chi^2 = 138,5$; $ddl = 66$; $P < 0.0001$) (Fig. 4). Les peuplements d'oiseaux hivernants des salins diffèrent et ne semblent pas répondre à leur localisation géographique, que ce soit sur un gradient nord-sud ou longitudinal. Ainsi, les salins de Camargue, les plus nordiques, se situent dans l'analyse entre le salin de Sfax, le plus au sud, et ceux de la Trinitat en Espagne et de Margherita di Savoia en Italie continentale. Ces deux derniers salins à l'extrême droite sur l'axe I montrent un peuplement largement dominé par les Anatidés (respectivement 75 et 58 % en moyenne des effectifs hivernants sur ces sites). Il s'agit principalement du Canard colvert

TABLEAU IV

Effectifs, densité (individus/hectare), richesse spécifique et diversité (indice de Shannon H') des oiseaux d'eau hivernants dans les salins méditerranéens de 2000 à 2003

	Année	Sfax	Trinitat	Macchiarreddu	Quartu	Margherita di Savoia	Salin de Giraud	Aigues-Mortes
Effectif	2000	35 734	37 945	13 678	384	29 456	12 991	9330
	2001	32 734	19 958	13 056	1 629	22 902	8 864	13 767
	2002	19 190	38 105	6 172	695	21 407	9 990	9 350
	2003	33 800	20 202	14 820	3 002	40 554	7 521	10 598
	Moy.	30 365	29 053	13 912	1 428	28 580	9 842	10 761
Densité	2000	22,33	37,94	5,47	0,48	7,34	1,08	1,03
	2001	20,45	19,95	5,22	2,03	5,72	0,73	1,53
	2002	12,00	38,1	5,92	0,86	5,35	0,83	1,04
	2003	21,12	20,2	5,63	3,75	10,13	0,62	1,17
	Moy.	19,00	29,05	5,56	1,78	7,14	0,82	1,20
Richesse	2000	52	23	35	26	36	30	30
	2001	51	24	34	16	36	23	19
	2002	52	27	38	19	35	19	27
	2003	49	28	42	19	50	19	28
Diversité H'	2000	2,70	1,07	1,87	2,76	2,02	1,91	1,83
	2001	2,81	1,36	2,19	1,80	2,28	1,45	1,57
	2002	2,71	1,2	2,29	1,88	1,99	1,6	1,83
	2003	2,50	1,47	2,39	1,37	1,99	1,86	1,68

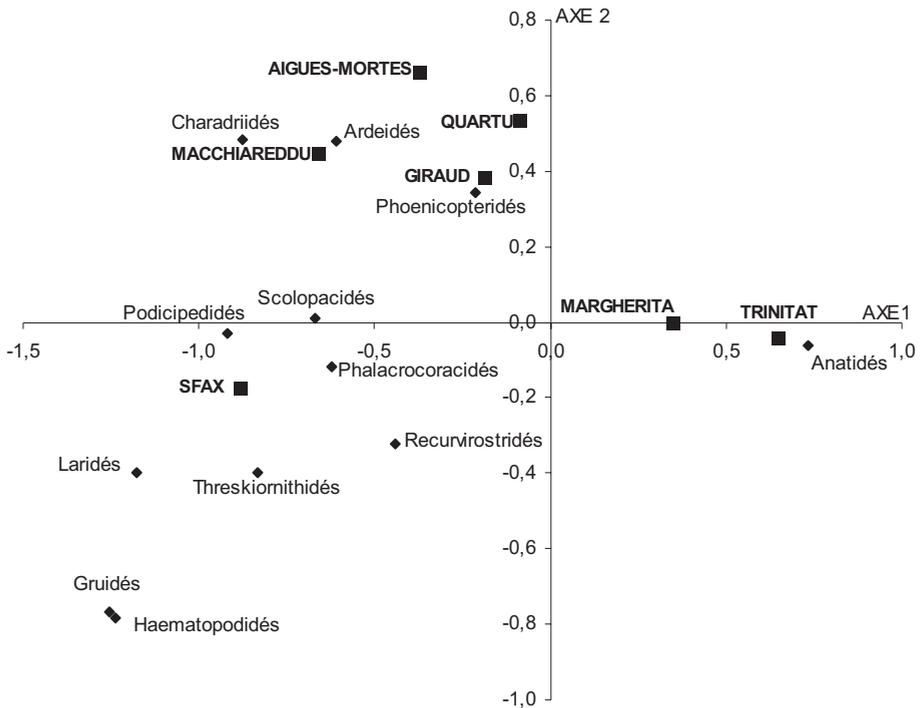


Figure 4. — Projection sur les deux premiers axes de l'analyse des correspondances des salins méditerranéens et des familles d'oiseaux d'eau y hivernant.

(*Anas platyrhynchos*) pour le premier et du Canard siffleur (*Anas penelope*) et du Tadorne de Belon (*Tadorna tadorna*) pour le second. Les salins camarguais et sardes affichent une forte représentation des Flamants roses (de 24 à 41 % du peuplement), des Scolopacidés (de 10 à 40 % du peuplement) et, dans une moindre mesure, des Charadriidés (de 3 à 6 %). Le salin de Sfax est caractérisé par le peuplement le plus équilibré. Si les Scolopacidés y représentent 36 % des effectifs, suivis par les flamants et les Laridés avec chacun environ 18 % des effectifs, c'est l'unique salin où toutes les familles sont représentées. On y observe les plus fortes densités pour 11 des 12 familles représentées dans l'analyse.

Le deuxième axe complète la distinction du peuplement d'oiseaux hivernants entre salins en fonction de l'importance des effectifs et des densités. Les salins de Sfax, de la Trinitat et de Margherita de Savoia, où les effectifs sont les plus importants, sont ainsi clairement séparés des autres salins où les effectifs sont beaucoup plus faibles (Tab. IV). La superficie n'explique pas les différences de composition spécifique entre salins, les plus grands (camarguais) occupant une position similaire aux sardes sur les deux axes de l'analyse. La composition des peuplements d'oiseaux hivernants semble par conséquent répondre à des caractéristiques propres à chaque site, en relation avec le salin lui-même et/ou les habitats environnants.

LES OISEAUX D'EAU COLONIAUX NICHEURS DANS LES SALINS EN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

Avec des effectifs dépassant le plus souvent plusieurs milliers de couples, les salins sont des sites de grande importance pour la reproduction des oiseaux d'eau coloniaux (Tab. V). Avec 12 espèces sur les 16 observées, le groupe des laro-limicoles représente la grande majorité des oiseaux d'eau coloniaux qui y nichent. Quatre espèces sont communes à tous les salins : le Goéland leucopnée, les Sternes pierregarin et naine, et l'Avocette élégante. Comme pour l'hivernage, la latitude des salins n'a d'effet ni sur les effectifs, ni sur la densité, ni sur la richesse spécifique du peuplement. Si la superficie ne permet pas d'expliquer non plus la variation des effectifs et des richesses spécifiques dans ces salins, elle présente cependant une relation inversement proportionnelle avec les densités. Ainsi les quatre plus petits salins, le salin de la Trinitat, le salin de Sfax, le salin de Quartu et le salin de Macchiareddu, présentent les densités les plus fortes. Les deux premiers salins présentent les plus fortes valeurs et le

TABLEAU V

Effectifs, densité (individus/hectare), richesse spécifique et diversité (indice de Shannon H') des oiseaux d'eau coloniaux nicheurs dans les salins méditerranéens de 2003 à 2005

	Année	Sfax	Trinitat	Macchiareddu	Quartu	Margherita di Savoia	Salin de Giraud	Aigues-Mortes
Effectifs	2003	8655	11585	5610	1801	3763	15510	2023
	2004	8285	11807	7277	3305	2210	16782	2000
	2005	9624	12396	8722	445	3003	12820	2000
	Moy.	8855	11929	7203	1850	2992	15037	2008
Densité	2003	5,41	11,85	2,24	2,25	0,94	1,29	0,27
	2004	5,20	11,80	2,91	4,13	0,55	1,39	0,27
	2005	6,01	12,39	3,48	0,55	0,75	1,06	0,22
	Moy.	5,53	12,01	2,88	2,31	0,74	1,25	0,22
Richesse	2003	9	8	7	7	9	6	6
	2004	9	8	7	6	9	7	4
	2005	9	5	7	6	9	8	4
Diversité H'	2003	1,06	1,01	0,60	0,79	1,50	0,55	0,67
	2004	1,16	1,29	0,49	1,12	1,57	0,61	0,62
	2005	0,86	0,50	0,39	1,17	1,86	0,87	0,26

salin d'Aigues mortes et le salin de Margherita di Savoia les plus faibles. La comparaison des densités entre tous les salins montre qu'elles diffèrent significativement ($H_{6,21} = 18,19$; $P = 0,005$). Le salin de Sfax et le salin de Margherita di Savoia présentent les richesses les plus importantes avec 9 espèces reproductrices alors que la richesse la plus faible (4 à 6 espèces) est à Aigues-Mortes. La diversité la plus importante est enregistrée dans le salin de Margherita di Savoia.

Les deux premiers axes de l'analyse des correspondances permettent de retenir 77,8 % de l'information ($\chi^2 = 122,3$; $ddl = 90$; $P < 0,013$; Fig. 5). De façon encore plus prononcée que pour les oiseaux hivernants, ces axes discriminent les salins selon la composition spécifique de leur peuplement. Aucun effet de la latitude, de la superficie ou de la densité ne peut être détecté. Ainsi le salin de Trinitat se démarque essentiellement par la présence du Goéland d'Audouin en forte densité. Le salin d'Aigues-Mortes se caractérise par son peuplement original en hérons arboricoles et une forte densité du Goéland leucophée. Le salin de Giraud et le salin de Macchiareddu sont déterminés par de fortes densités de Flamants roses et partagent, avec les deux précédents, des effectifs importants de Goéland leucophée. Le salin de Quartu et celui de Margherita di Savoia occupent une position intermédiaire entre les précédents, avec leur colonie de Flamant rose, et le suivant, celui de Sfax, avec celles de Goéland railleur. Le salin de Sfax est enfin le seul salin où niche la Glaréole à collier et présente les plus fortes densités de Goéland railleur, de Sterne hansel, d'Avocette élégante et de Sterne naine.

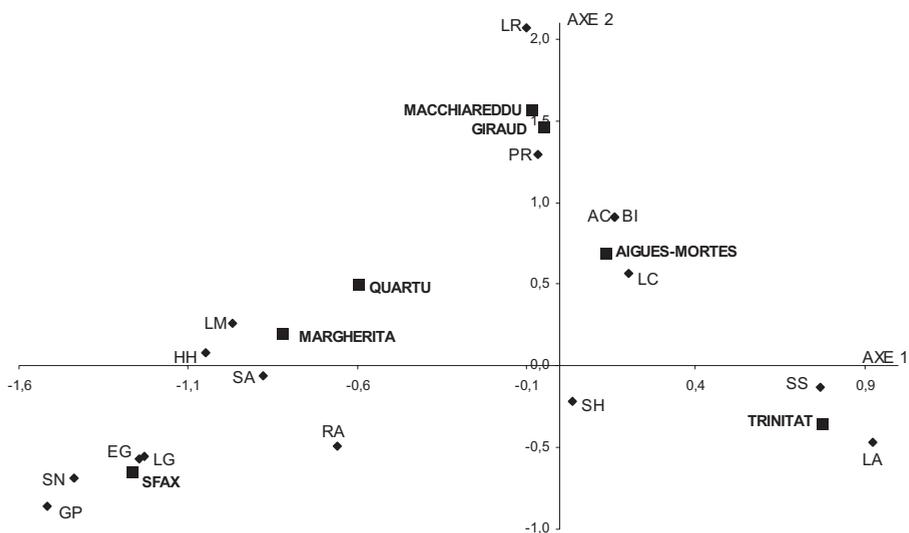


Figure 5. — Représentation graphique de l'analyse des correspondances entre les salins méditerranéens et les espèces nicheuses d'oiseaux d'eau coloniale sur le plan formé par les deux premiers axes (EG : Aigrette garzette, AC : Héron cendré, BI : Héron garde-bœuf, HH : Échasse blanche, RA : Avocette élégante, SA : Sterne naine, SH : Sterne pierregarin, SN : Sterne hansel, SS : Sterne caugek, LR : Mouette rieuse, LM : Mouette mélanocéphale, LA : Goéland d'Audouin, LG : Goéland railleur, LC : Goéland leucophée, GP : Glaréole à collier).

IMPORTANCE NATIONALE ET INTERNATIONALE DES EFFECTIFS D'OISEAUX D'EAU DANS LE SALIN DE SFAX

Parmi les 52 espèces hivernant dans le salin de Sfax, 43 présentent un effectif dépassant le seuil de 1 % de la population dénombrée au niveau national et 14 dépassent un seuil de 30 % (Annexe II). Le salin apparaît comme un site d'importance internationale pour cinq espèces : le Flamant rose, le Goéland railleur, le Bécasseau minute, l'Avocette élégante et la Spatule blanche.

Toutes les espèces reproductrices pour lesquelles nous avons des informations sur les effectifs tunisiens présentent des effectifs supérieurs au seuil de 1 % par rapport aux effectifs nationaux (Annexe II). Avec un effectif supérieur ou égal à 1 % de l'effectif biogéographique, le salin de Sfax revêt une importance internationale pour cinq espèces : le Goéland railleur, la Sterne hansel, l'Avocette élégante, les Sternes naine et pierregarin

DISCUSSION

La reconnaissance de la Tunisie pour l'hivernage des oiseaux d'eau s'est longtemps focalisée sur ses habitats d'eau douce parmi lesquels le lac Ichkeul occupe une place primordiale pour l'hivernage des Anatidés de l'ouest paléarctique (Tamisier *et al.*, 1987, Tamisier & Boudouresque, 1994) et ce malgré les bouleversements hydrologiques après la construction des barrages sur les oueds qui l'alimentent (Tamisier, 2001). Si ces habitats restent prédominants pour cette famille, les zones humides d'eau saumâtre et salée présentent les effectifs, la richesse spécifique et la diversité des oiseaux d'eau hivernants les plus importants de Tunisie. Cette richesse avifaunistique des zones humides aux eaux saumâtres et salées est, pour les îles, les lagunes et le salin, renforcée par la localisation littorale. Parmi ceux-ci, les îles Kneiss et le salin de Sfax présentent les effectifs et la richesse spécifique les plus forts du pays. L'importance du salin de Sfax est d'autant plus remarquable que sa superficie de 1 600 ha est très nettement inférieure aux 15 250 ha des îles Kneiss à marée basse.

L'attrait de ces zones humides côtières peut être expliqué en partie par la présence du golfe de Gabès dont la localisation au sud du bassin méditerranéen et son fonctionnement intertidal en font la zone d'hivernage la plus importante de Méditerranée pour les limicoles (Dijk *et al.*, 1986 ; Smit & Piersma, 1989) et les oiseaux d'eau en général (Spiekman *et al.*, 1993 ; Have *et al.*, 1997 ; Bos *et al.*, 2001). Avec le port de Sfax qui couvre environ 30 % de la production halieutique nationale (Breadai *et al.*, 1995), la richesse halieutique du golfe de Gabès profite aussi aux espèces piscivores et complète sa richesse biologique.

Il est à remarquer cependant que la localisation des salins de Giraud, d'Aigues-Mortes et de Trinitat au sein de complexes deltaïques connus pour la richesse de leur peuplement avifaunistique (delta du Rhône pour les deux premiers et delta de l'Èbre pour le dernier) n'engendre pas de peuplements plus riches et abondants, comparativement aux salins dont les milieux environnants ne présentent pas de richesse particulière. Par conséquent, la productivité biologique des milieux environnants n'apparaît pas comme un facteur explicatif suffisant.

En plus de la proximité du golfe de Gabès, l'attrait du salin de Sfax pour les oiseaux d'eau peut être attribué à des facteurs plus locaux. Un gradient croissant de la salinité dans les bassins favorise la présence d'un peuplement varié de zooplancton et de benthos (Elloumi, 2002 ; Toumi *et al.*, 2005 ; Elloumi *et al.*, 2006). Ceci donne naissance à une mosaïque d'écosystèmes dans un espace réduit qui offre une alimentation variée aux oiseaux d'eau (Sadoul *et al.*, 1998) et explique la forte richesse spécifique du salin de Sfax. Avec une salinité proche de celle de la mer, les premiers bassins sont riches en poissons, comme le prouve l'activité de pêche artisanale qui y est pratiquée. Les grèbes, les cormorans, les hérons et les sternes s'y alimentent jusqu'à des salinités supérieures à 70 g/l où se maintient *Aphanius fasciatus*, de petite taille (Boumeiza, 1979). Si la richesse spécifique en invertébrés décroît avec la salinité, la biomasse augmente (Britton & Johnson, 1987) et profite à une large gamme d'oiseaux d'eau. Enfin, à la périphérie immédiate du salin, l'activité de pêche favorise l'alimentation commensale de quelques espèces comme le Goéland railleur tandis que la présence de la décharge municipale à ciel ouvert offre une bonne opportunité pour s'alimenter aux mouettes et goélands.

Si ces caractéristiques sont généralement partagées par l'ensemble des salins, les conditions climatiques locales pourraient avoir un rôle non négligeable sur la richesse du salin de Sfax comparativement aux autres. La température moyenne hivernale dans ce salin, situé le plus au sud, ne descend pas en dessous de 10 °C. L'évaporation reste élevée et la vitesse de mobilité des saumures entre les bassins y est certainement plus rapide. Ceci pourrait être à l'origine d'une productivité plus importante des peuplements planctoniques et benthiques, de

la même façon que la température de l'eau influence les densités de crustacés (Barata *et al.*, 1995 ; Thierry & Puente, 2002). Le bilan évaporatoire positif sur l'ensemble de l'année permet une activité du salin ininterrompue tandis que les salins plus nordiques interrompent la circulation des eaux en automne et hiver. La densité en invertébrés dans le salin de Sfax est ainsi quasi constante jusqu'à une salinité de 170g/l tout au long de l'année (Elloumi, 2002 ; Toumi *et al.*, 2005 ; Elloumi *et al.*, 2006). Une richesse trophique plus importante pourrait donc également participer à expliquer la richesse, la densité et les effectifs importants du peuplement d'oiseaux d'eau du salin de Sfax par rapport aux autres salins.

Cependant aucun effet de la latitude n'a été détecté sur la composition du peuplement d'oiseaux d'eau des salins, même si l'absence de quelques espèces peut s'expliquer par des raisons biogéographiques, telle l'absence durant la reproduction de la Mouette rieuse, de la Mouette mélanocéphale ou de la Sterne caugék au sud de la Méditerranée (Cramp & Simmons, 1983 ; del Hoyo *et al.*, 1996). De même, le caractère insulaire des salins sardes ne tend pas à des effectifs ou à une richesse spécifique comparativement inférieurs aux autres salins. Il est vrai que l'isolement de la Sardaigne par rapport au continent apparaît comme peu limitant pour les capacités de dispersion des oiseaux d'eau. Enfin la superficie, autre paramètre généralement connu pour influencer la richesse et les effectifs d'un peuplement (MacArthur & Wilson, 1967), ne semble jouer ici aucun rôle. Cette répétition de résultats nuls vis-à-vis de plusieurs facteurs explicatifs classiquement invoqués suggère que le peuplement de chaque salin dépend d'une combinaison de facteurs locaux et historiques liés aux salins eux-mêmes ou à leur périphérie qui se prêtent mal aux analyses statistiques.

Ainsi le salin d'Aigues-Mortes a la particularité de présenter des boisements de pins importants qui expliquent la présence de ses hérons arboricoles nicheurs, elle-même favorisée par la richesse du delta camarguais en Ardéidés (Tourenq *et al.*, 2000). La présence de la colonie de Flamant rose dans le salin de Giraud est due en grande partie aux efforts de conservation consentis depuis 1974 à la restauration, l'entretien régulier et la protection de leur îlot de nidification (Rendon-Martos & Johnson, 1996). Longtemps unique colonie permanente du bassin méditerranéen, la reproduction régulière sur ce site a sans doute contribué au rétablissement de l'espèce dans cette même région et à l'apparition récente de nouvelles colonies dans les autres salins (Johnson, 1997). La dispersion et le fonctionnement en métapopulation des oiseaux d'eau sont des éléments essentiels à prendre en compte pour appréhender leur présence et la composition de leurs communautés. Il en est de même avec la colonisation récente du delta de l'Èbre par le Goéland d'Audouin. Sa formidable croissance à partir d'un flux immigrant ne fait pas de doute mais les conditions locales fournies par cet isthme de sable que constitue la Punta de la Banya où se trouve le salin de Trinitat et la protection de ses colonies ont sans doute contribué à son maintien (Oro & Ruxton, 2001).

Ainsi la composante historique apparaît aussi comme un paramètre déterminant pour comprendre la structuration des peuplements (Wiens *et al.*, 1986 ; Wiens, 1989). Les populations reproductrices d'oiseaux d'eau coloniaux des salins de Giraud, si l'on enlève les 12 000 couples en moyenne de flamants, et d'Aigues-Mortes apparaissent bien pauvres vis-à-vis des autres salins. Mais la situation était tout autre par le passé. Le premier accueillait cependant de 4500 à 8300 couples des huit espèces de laro-limicoles coloniaux entre 1970 et 1982 et le second de 3500 à 6000 couples de 1985 à 1999 (Sadoul *et al.*, 1996 ; Kayser *et al.*, 2003). L'effondrement de leurs effectifs respectifs a été expliqué par la compétition pour les îlots de nidification avec le Goéland leucophée (Sadoul, 2004). Juste avant la période considérée dans ce travail, le salin d'Aigues-Mortes était encore la principale zone de reproduction des laro-limicoles en Camargue.

En se focalisant sur quelques espèces bien connues, ces exemples illustrent l'impact que peuvent avoir des histoires particulières sur leur présence et leurs effectifs. Nos résultats suggèrent donc une grande prudence dans toute tentative d'analyse destinée à identifier les facteurs environnementaux responsables de la structuration des communautés, et ce d'autant plus que ces facteurs subissent une influence anthropique prononcée. En effet la multiplicité des paramètres et leurs interactions à différentes échelles spatiales rendraient les analyses malaisées et

pourraient conduire à des erreurs d'interprétation. En l'absence de longues séries temporelles, il semble qu'un tel objectif soit illusoire.

Ainsi, bien que les recensements des oiseaux d'eau dans les zones humides tunisiennes de l'année 2003 aient été quasi exhaustifs, un comptage d'une année reste insuffisant pour démontrer l'importance des différents habitats pour l'hivernage des oiseaux d'eau. Plus encore qu'au nord de la Méditerranée, la pluviométrie est ainsi déterminante pour les zones humides, et principalement les zones humides intérieures. Une étude basée sur les recensements de plusieurs années successives permettrait de mieux prendre en compte les variations interannuelles des effectifs et par la suite l'importance relative de chaque zone humide.

CONCLUSION

Ce travail met en évidence l'importance nationale et internationale des effectifs hivernants et nicheurs d'oiseaux d'eau dans le salin de Sfax. Nous proposons que cette richesse exceptionnelle s'explique, pour les oiseaux hivernants comme pour les oiseaux nicheurs, par (1) la permanence de l'activité salinière tout au long de l'année procurant ainsi 12 mois par an une ressource en eau et en nourriture abondante et prévisible, (2) par la proximité du golfe de Gabès dont l'estran constitue un site d'hivernage de toute première importance pour les limicoles et (3) une part de contingence historique non négligeable.

En plus de représenter une part significative des oiseaux hivernants ou nicheurs de Tunisie pour un grand nombre d'espèces, les effectifs du salin de Sfax répondent aux critères requis pour la désignation RAMSAR pour cinq espèces d'oiseaux d'eau hivernants et nicheurs. Pourtant ce site ne bénéficie que du label ZICO qui n'a aucune valeur réglementaire. Les autres salins, avec des effectifs, des richesses et des diversités plus faibles, bénéficient de labels de désignation de conservation plus importants (SPA : aire spécialement protégée, Convention de Barcelone 1982, 1996 ; RAMSAR). Nous recommandons donc la désignation du salin de Sfax comme zone humide RAMSAR afin de favoriser sa protection et d'encourager le lancement de programmes de sensibilisation régionale, nationale et internationale à l'importance de cette zone humide pour les oiseaux d'eau.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à l'Association des Amis des Oiseaux (Tunisie), à Marco Zenatello et Nicola Baccetti de l'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (Italie), à Sergio Nissardi et Carla Zucca de l'association Anthus (Sardaigne) et à Francesc Vidal du Parc Naturel du Delta de l'Èbre (Espagne) qui nous ont fourni leurs données de recensements de l'avifaune nicheuse et/ou hivernante.

RÉFÉRENCES

- A.A.O. (ASSOCIATION DES AMIS DES OISEAUX) (2000). — *Protection des colonies. Avifaunes nicheuses des salines de Thyna-Sfax : diagnostic et plan d'action*. Projet effectué en coopération avec le F.E.M. (Fond Mondial de l'Environnement), Tunis.
- AMARI, M. & AZAFZAF, H. (2000). — *Zones d'importance pour la conservation des oiseaux en Tunisie (ZICO) – critères, sélection – mise à jour 2000*. AAO (Association des Amis des oiseaux), Tunis.
- ANSTEY, S. (1989). — The status and conservation of the white-headed duck *Oxyura leucocephala*. A report on a joint study carried out by the international and wetlands research bureau and wildfowl and wetlands trust. *IWRB*, 10 : 95-109.
- A.P.N.E.S. (ASSOCIATION DE PROTECTION DE LA NATURE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE SFAX) (1995a). — *Projet de parc national de Thyna, phase I : le périmètre d'intervention*. Projet effectué en coopération avec le Fond Mondial de l'Environnement (F.E.M.), Tunis.
- A.P.N.E.S. (ASSOCIATION DE PROTECTION DE LA NATURE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE SFAX) (1995b). — *Projet de parc national de Thyna, phase II : l'aménagement de la zone*. En coopération avec le Fond Mondial de l'Environnement (F.E.M.), Tunis.
- AZAFZAF, H. & FLETRUP-AZAFZAF, C. (2004). — *Dénombrements des oiseaux d'eaux en Tunisie, janvier 2003*. Groupe Tunisien d'Ornithologie, Association des Amis des Oiseaux, Tunis.

- BARATA, C., HONTORIA, F. & AMAT, F. (1995). — Life history, resting egg formation, and hatching may explain temporal-geographical distribution of *Artemia* strains in the Mediterranean basin. *Hydrobiologia*, 298 : 295-305.
- BERDIN, D., SKINNER, J. & TAMISIER, A. (1986). — Distribution spatio-temporelle et activités des anatiés et foulques sur l'Ichkeul, grand quartier d'hiver tunisien. *Acta Oecol.*, 7 : 55-73.
- BOS, J.F.F.P., GEEST, G.M.V., GLISSEN, N.L.M., RAHLPLATZ, R., ESSETTI, I. & AYACHE, F. (2001). — *Waterbirds in the Gulf of Gabès and other wetlands in Tunisia, autumn 1999*. WIWO report N°74.
- BOUMEIZA, M. (1979). — *Étude d'Aphianus fasciatus Nardo, 1827 (Poisson Cyprinodontidae) de Tunisie : morphologie, biologie et écologie*. Thèse de spécialité en biologie marine de l'Université de Tunis.
- BREADAI, M.N., HAMZA, A., GHORBAL, M., JARBOUTI, O., ABDELMOULEH, A. & WANNES-GENESBOL, B. (1995). — *Caractérisation écologique de la zone marine de Thyna, faune, flore et pêche*. Rapport réalisé dans le cadre du programme d'aménagement côtier de la zone de Sfax. Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer, Sfax, Tunisie.
- BRITTON, R.H. & JOHNSON, A.R. (1987). — An ecological account of a Mediterranean salina : The Salin de Giraud, Camargue (S. France). *Biol. Cons.*, 42 : 185-230.
- CHOKRI, M.A. (2002). — *Mise en place d'un SIG (système d'information géographique) pour la gestion de la zone humide de Thyna, Sfax, Tunisie*. Rapport de Diplôme d'Études Approfondies, Faculté des Sciences de Bizerte.
- CHOKRI, M.A., SERBAJI, M.M., SANDOZ, A., SADOU, N. & MEDHIOUB, K. (2006). — *L'apport des SIG pour une meilleure gestion des zones humides péri-urbaines : le salin de Thyna, Sfax, Tunisie*. SIG 2006 : 10^{ème} Conférence francophone ESRI, 11 & 12 octobre 2006, Issy les Moulineaux, Paris, France.
- CRAMP, S. & SIMMONS, K.E.L. (1983). — *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa : the birds of the Western Palearctic*. Oxford University Press, Oxford.
- DELANY, S. & SCOTT, D. (2006). — *Waterbird population estimates*. Fourth edition. Wetlands International.
- DELANY, S., REYES, C., HUBERT, E., PIHL, S., REES, E., HAANTRA, E. & STRIEN, A.V. (1999). — *Results from the international waterbird census in Western Palearctic and Southern Asia, 1995 and 1996*. Wetlands international Publication N°54, NL-Wageningen.
- DEL HOYO, J., ELLIOTT, A., & SARGATAL, J. (eds) (1996). — *Handbook of the birds of the world. Vol. 3. Hoatzin to Auks*. Lynx Edicions, Barcelona.
- DIJK, A.J.V., DIJK, K. V., DIJKSEN, L.J., SPANJE, T.M.V. & WYMENGA, E. (1986). — *Wintering waders and waterfowl in the Gulf of Gabès, Tunisia, January-March 1984*. WIWO report N°11.
- ELLOUMI, J. (2002). — *Contribution à l'étude de la matière organique particulaire (phytobenthos) et de la matière organique dissoute de la saline de Sfax*. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies, Faculté des Sciences de Sfax.
- ELLOUMI, J., CARRIAS, J.F., AYADI, H., SIME-NGANDO, T., BOUKHRIS, M. & BOUAIN, A. (2006). — Composition and distribution of planktonic ciliates from ponds of different salinity in solar saltwork of Sfax, Tunisia. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, 67 : 21-29.
- GAULTIER, T. (1986). — *Recensement des oiseaux d'eau en Tunisie en janvier 1986*. Rapport INRST, Tunis.
- GLISSEN, N., HAANSTRA, L., DELANY, S., BOERE, G. & HAGEMEIJER, W. (2002). — *Number and distribution of wintering waterbirds in the Western Palearctic and Southwest Asia in 1997, 1998 and 1999*. Wetlands International Global Series N°11.
- HAVE, T.M.V., BACCETTI, N., HEIL, G.O. & ZENATELLO, M. (1997). — *Waterbirds in Kneiss, Tunisia, February 1994*. WIWO report N° 54.
- HOLLIS, G.E. (1986). — *Modelling and management of the internationally important wetland at Garaet El Ichkeul, Tunisia*. IWRB (SP) N°4.
- HUGUES, J.M.R., AYACHE, F., HOLLIS, G.E., MAMOURI, F., AVIS, C., GIANSTANTE, C. & THOMPSON, J. (1997). — *Inventaire préliminaire des zones humides tunisiennes*. Document pour la CEF (DG XII), Bureau de Ramsar et US Fish and Wildlife Service. Unité de recherche sur les zones humides, Département de Géographie, University College London.
- ISENMANN, P., THIERRY, G., HILI, A., AZAFZAF, H., DLENSI, H. & SMART, M. (2005). — *Oiseaux de Tunisie – Birds of Tunisia*. Société d'Études Ornithologiques de France, Paris.
- JOHNSON, A.R. (1997). — Long term studies and conservation of Greater Flamingos in the Camargue and Mediterranean. *Colonial Waterbirds*, 20 : 306-315.
- KAYSER, Y., GIRARD, C., MASSEZ, G., CHÉRAIN, Y., COHEZ, D., HAFNER, H., JOHNSON, A., SADOU, N., TAMISIER, A. & ISENMANN, P. (2003). — Compte rendu ornithologique camarguais pour les années 1995-2000. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 58 : 5-76.
- LEBART, L., MORINEAU, A. & TABARD, N. (1977). — Techniques de la description statistique, méthodes et logiciels pour des grands tableaux. Dunod, Bordas, Paris.
- MAAMOURI, F. & HUGUES, J. (1992). — *Prospects for wetlands and waterfowl in Tunisia*. Pp 24-63 In : M. Finlayson, T. Hollis & T. Davis (eds), *Managing Mediterranean wetlands and their birds, Grado 1991*. IWRB, 20, special number.
- MACARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. (1967). — *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MAGURRAN, A.E. (1988). — *Ecological diversity and its measurement*. Chapman and Hall, London.

- MONVAL, J.Y. & PIROT, J.Y. (1987). — *Recensements d'anatidés et foulques hivernants en Afrique du Nord et de l'Ouest (Janvier 1984, 1985, et 1986)*. Bureau International de Recherches sur les Oiseaux d'Eau, Slimbridge, GB.
- MORGAN, N.C. (1982). — An ecological survey of standing waters in North-West Africa : II. Sites descriptions for Tunisia and Algeria. *Biol. Cons.*, 24 : 83-113.
- MORGAN, N.C. & BOY, V. (1982). — An ecological survey of standing waters in North West Africa : I. Rapid survey and classification. *Biol. Cons.*, 24 : 5-44.
- ORO, D. & RUXTON, G.D. (2001). — The formation and growth of seabird colonies : Audouin's Gull as a case study. *J. Anim. Ecol.*, 70 : 527-535.
- PEARCE, F. & CRIVELLI, A. (1994). — Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. *Conservation des zones humides méditerranéennes*. Vol. 1. Publication MedWet / Tour du Valat.
- RENDON-MARTOS, M. & JOHNSON, A.R. (1996). — Management of nesting sites for Greater Flamingos. *Colonial Waterbirds*, 19 (SP) : 167-183.
- ROSE, P.M. (1995). — *Western Palearctic and South-West Asia waterfowl census 1994*. IWRB N°35 (SP).
- SADOUL, N. (2004). — Évolution du peuplement des laro-limicoles de Camargue, depuis 1956. Pp 207-232 In : P. Isenmann (ed.), *Les oiseaux de Camargue et leurs habitats. Une histoire de cinquante ans 1954-2004*. Buchet & Chastel, Paris.
- SADOUL, N., JOHNSON, A.R., WALMSLEY, J.G. & LÉVÊQUE, R. (1996). — Changes in the numbers and the distribution of colonial Charadriiformes breeding in the Camargue, southern France. *Colonial Waterbirds*, 19 (SP) : 46-58.
- SADOUL, N., WALMSLEY, J. & CHARPENTIER, B. (1998). — Les salins entre terre et mer. *Conservation des zones humides méditerranéennes*. Vol. 9. Publication MedWet / Tour du Valat.
- SKINNER, J. & ZALEWSKI, S. (1995). — Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. 78 pages. In : J. Skinner & A.J. Crivelli (eds), *Conservation des zones humides méditerranéennes*. Vol. 2. Publication MedWet / Tour du Valat.
- SMIT, C.J. & PIERSMA, T. (1989). — Numbers, midwinter distribution and migration of wader populations using the East Atlantic flyway. Pp 24-63 In : H. Boyd & J.Y. Pirot (eds.), *Flyways and reserve networks for waterbirds*. IWRB, 9 (SP).
- SPIEKMAN, H.W., KEIJL, G.O. & RUITERS, P.S. (1993). — *Waterbirds in the Kneiss area and other wetlands, Tunisia. Eastern Mediterranean wader Project, spring 1990*. WIWO report N° 38.
- STATSOFT INC. (2004). — *Statistica, Prise en main*. Statsoft Inc., Tulsa, USA.
- TAMISIER, A., BONNET, P., BREDIN, D., DERVIEUX, A., REHFISH, M., ROCAMORA, G. & SKINNER, J. (1987). — L'Ichkeul (Tunisie), quartier d'hiver exceptionnel d'Anatidés et de foulques. Importance, fonctionnement et originalité. *L'Oiseau et R.F.O.*, 57 : 297-306.
- TAMISIER, A. & BOUDOURESQUE, C. (1994). — Aquatic bird populations as a possible indicator of seasonal nutrient flow at Ichkeul lake, Tunisia. *Hydrobiologia*, 279/280 : 149-156.
- TAMISIER, A. (2001). — Ichkeul, Tunisie : grandeur et décadence d'une zone humide hautement protégée. *Zones humides info*, 32 : 16-18.
- THIERY, A. & PUENTE, L. (2002). — Crustacean assemblage and environmental characteristics of a man-made solar saltwork in southern France, with emphasis on anostracan (Branchiopoda) population dynamics. *Hydrobiologia*, 486 : 191-200.
- TOUMI, N., AYADI, H., ABID, O., CARRIAS, J.F., SIME-NGANDO, T., BOUKHRIS, M. & BOUAIN, A. (2005). — Zooplankton distribution in four ponds of different salinity : a seasonal study in a solar salterns of Sfax (Tunisia). *Hydrobiologia*, 534 : 1-9.
- TOURENQ, C., BENNETTS, R., SADOUL, N., MESLÉARD, F., KAYSER, Y. & HAFNER, H. (2000). — Long-term population and colony patterns of four species of tree-nesting herons in the Camargue, South of France. *Colonial Waterbirds*, 23 : 236-245.
- WHITAKER, J.I.S. (1905). — *Birds of Tunisia*. vol. 1 & 2. Porter, London.
- WIENS, J. A. (1989). — *The ecology of bird communities*. Vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- WIENS, J.A., ADDICOTT, J.F., CASE, T.J. & DIAMOND, J. (1986). — Overview : the importance of spatial and temporal scale in ecological investigations. Pp 145-153 In : J. Diamond & T.J. Case (eds), *Community ecology*. New York : Harper & Row.

ANNEXE I

Effectifs, richesse spécifique (S) et indice de diversité (indice de Shannon) des oiseaux d'eau hivernant dans les zones humides tunisiennes en 2003 (l'effectif total d'oiseaux et la richesse spécifique de chaque type de zone humide sont reportés en gras)

Nom de zone humide	Type de zone humide	Effectif	S	Indice de Shannon (H')
Bar Oued Rmal	BAR	2625	19	1,45
Bar Oued Lekbir	BAR	6	2	0,63
Bar Elouglâ	BAR	29	4	1,20
Bar Sahel	BAR	144	6	1,35
Bar Masri	BAR	70	8	1,42
Bar Saheb Ouediane	BAR	21	4	1,14
Bar Sidi Jdidi	BAR	189	12	2,04
Bar Mousa Chami	BAR	37	3	0,78
Bar Chiba	BAR	906	16	2,01
Bar Sidi Abdelmonem	BAR	226	11	1,72
Bar Mlaâbi	BAR	1944	9	1,46
Bar Oued Lahjaar	BAR	3103	17	1,81
Bar Mornaguia	BAR	1180	10	1,11
Bar Bir Mchargua	BAR	420	18	2,40
Bar Bezikh	BAR	67	7	1,20
Bar Lebna	BAR	4123	32	2,21
Bar Oued Rmil	BAR	271	7	0,72
Bar Oued Elmorra	BAR	97	7	1,48
Bar El Khmas	BAR	219	11	1,64
Bar Seliana	BAR	270	8	1,25
Bar Ain Zrig	BAR	155	5	0,66
Bar Bou Nouba	BAR	5	1	0
Bar Bouhertma	BAR	36	5	1,25
Bar Bni Mtir	BAR	1	1	0
Bar Bakbaka	BAR	4	1	0
Bar Oued Elksab	BAR	20	4	1,22
Bar El Agili	BAR	2	1	0
Bar Oued Ellagui	BAR	3	1	0
Bar Oued Gasroun	BAR	27	7	1,77
Bar Chrichira	BAR	75	4	0,91
Bar Houareb	BAR	473	14	2,15
Bar Moussa	BAR	161	8	1,24
Bar Khairat	BAR	568	8	0,89
Bar Sidi Saâd	BAR	62	5	0,81
Lac collinaire Oued Elbatta	BAR	31	4	1,12
Lac collinaire Essaboun	BAR	2	1	0
Lac collinaire Ezzitouana	BAR	6	3	1,01
Lac collinaire Hammem Bourguiba	BAR	14	1	0
Lac collinaire Kef Lahmare	BAR	10	3	1,02
Total lacs de barrage		17602	35	
Garaet El Hammada	LAC	45	2	0,63
Garaet Lekbira	LAC	10	2	0,32
Garaet Haouaria	LAC	1	1	0
Lac Ichkeul	LAC	17399	31	2,07
Lac Oued Laya	LAC	1244	4	0,02

Sebkha Metbasta	LAC	304	10	1,70
Total lacs		19003	48	
Zarzaara (Douz)	OASIS	79	8	1,03
Douz Lalla (Douz)	OASIS	61	6	1,34
Jemna (Kebili)	OASIS	1131	12	1,50
Machouiha (Douz)	OASIS	2572	13	0,92
Blidette (Kebili)	OASIS	38	4	0,70
Nouaeil (Douz)	OASIS	58	7	1,29
Zlalla (Douz)	OASIS	91	2	0,27
Ghidma (Douz)	OASIS	884	14	0,50
ZH Rgim Maâtoug & Darjin	OASIS	13	3	0,68
ZH Rgim Maâtoug	OASIS	169	4	0,85
ZH Tombar (Douz)	OASIS	103	2	0,13
Total oasis		5199	25	
Sebkha Kelbia	SEBKHA	1767	11	1,70
Sebkha Boujmal	SEBKHA	372	1	0
Sebkha Noual	SEBKHA	482	5	0,70
Sebkha Ariana	SEBKHA	3633	13	1,46
Sebkha Hammem Ghzez	SEBKHA	404	6	1,38
Sebkha Chatt Ezzouhour	SEBKHA	109	8	1,30
Sebkha Lebna	SEBKHA	59	8	1,84
Sebkha Tazerka	SEBKHA	191	8	1,66
Sebkha Maâmoura	SEBKHA	1076	13	1,57
Sebkha Kourzia	SEBKHA	2748	9	1,75
Sebkha Séjoui	SEBKHA	5978	26	2,31
Lagune Elkantra	SEBKHA	1532	19	1,97
Garaet Boucha	SEBKHA	1103	13	1,94
Salin de Monastir	SEBKHA	2820	17	2,14
Total sebkhas		22274	58	
Salin de Sfax	SALIN	37079	50	2,62
Oued Essed	OUED	283	8	1,72
Oued Akarit	OUED	13154	19	1,85
Total oueds		13437	23	
Carrière à sable Rades	PLAGE	92	7	1,23
ZH royale golfe de Tabarka	PLAGE	99	5	1,18
Mahres (plage)	PLAGE	1107	9	1,06
Entrée Tabarka (plage)	PLAGE	297	3	0,15
Port de Skhira	PLAGE	265	13	1,77
Sidi Ahmed (golfe de Gabès)	PLAGE	67	12	2,10
Total plages		1927	35	
Îles Kneiss	ILES	70346	34	2,14
Îles Kerkennah	ILES	7841	34	2,23
Total îles		78187	40	
Sebkha Dreïa	LAG	5675	22	1,76
Lac Tunis-Rades	LAG	1799	32	2,48
Lagune Korba	LAG	2739	19	1,37
Sebkha Halk Elmenzel	LAG	7714	31	2,19
Sebkha Assa Djiriba	LAG	19	4	0,31
Sebkha Sidi Khelifa	LAG	173	5	1,16
Lagune Soliman	LAG	6790	34	2,10
Lagunes		24909	44	
Sortie Enfidha	Autre	1280	5	0,18

ANNEXE II

Pourcentage des effectifs hivernants et nicheurs du salin de Sfax (espèces importantes en gras) par rapport aux effectifs nationaux et internationaux.

Espèce	Oiseaux hivernants		Oiseaux nicheurs	
	% Effectif National	% Effectif international	% Effectif national	% Effectif international
<i>Podiceps nigricollis</i>	32			
<i>Podiceps cristatus</i>	36			
<i>Phalacrocorax carbo</i>	33			
<i>Ardea cinerea</i>	13			
<i>Egretta garzetta</i>	23			
<i>Egretta alba</i>	13		15-18	
<i>Ixobrychus minutus</i>	100			
<i>Platalea leucorodia</i>	8	1,5		
<i>Phoenicopterus ruber</i>	28	6		
<i>Anas strepera</i>	2			
<i>Anas platyrhynchos</i>	3		8-20	< 1
<i>Anas acuta</i>	5			
<i>Anas clypeata</i>	5			
<i>Marmaronetta angustirostris</i>			1-10	< 1
<i>Tadorna tadorna</i>	5		25-50	< 1
<i>Grus grus</i>	2			
<i>Rallus aquaticus</i>	86			
<i>Gallinula chloropus</i>	51			
<i>Haematopus ostralegus</i>	1			
<i>Charadrius alexandrinus</i>	9		3-5	< 1
<i>Charadrius hiaticula</i>	15			
<i>Phuvialis squatarola</i>	8			
<i>Arenaria interpres</i>	31			
<i>Numenius arquata</i>	9			
<i>Tringa nebularia</i>	35			
<i>Tringa erythropus</i>	78			
<i>Philomachus pugnax</i>	2			
<i>Tringa totanus</i>	12		5-15	< 1
<i>Actitis hypoleucos</i>	36			
<i>Tringa stagnatilis</i>	17			
<i>Calidris ferruginea</i>	18			
<i>Calidris minuta</i>	22	2,1		
<i>Calidris alba</i>	9			
<i>Calidris alpina</i>	15			
<i>Recurvirostra avosetta</i>	29	1,7	34-60	3,4
<i>Himantopus himantopus</i>	20		11-17	< 1
<i>Phalaropus lobatus</i>	100			
<i>Glareola pratincola</i>			60-90	< 1
<i>Larus fuscus</i>	65			
<i>Larus michahellis</i>	27		3-5	< 1
<i>Larus genei</i>	54	2,4	70-80	11,3
<i>Larus melanocephalus</i>	36			
<i>Larus ridibundus</i>	11			
<i>Sterna caspia</i>	12			
<i>Sterna sandvicensis</i>	8			
<i>Sterna nilotica</i>			41-56	4
<i>Sterna albifrons</i>			30-65	2
<i>Sterna hirundo</i>			21-48	1

