

## **Conservation**

# **IMPORTANCE ÉCOLOGIQUE ET RÔLE DES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES DU NORD DE LA TUNISIE DANS LA CONSERVATION DES OISEAUX D'EAU EN HIVERNAGE**

par

Bechir AFDHAL<sup>1</sup>, Nabil HAMDI<sup>1</sup>,

Faouzia CHARFI-CHEIKHROUHA<sup>1</sup> et Aïssa MOALI<sup>2</sup>

Des recensements ornithologiques effectués dans 28 zones humides artificielles (ZHA), grands barrages, barrages collinaires et lacs collinaires du nord de la Tunisie ont été effectués au cours des périodes de stabilité hivernale 2004/2005 et 2005/2006. Ils ont montré l'importance écologique que jouent ces milieux aquatiques pour la conservation de la faune avienne hivernante en Tunisie. En utilisant la méthode de comptage direct des oiseaux d'eau, 36 espèces et 25170 individus représentant 6 ordres, 10 familles et trois guildes ont été identifiés. L'analyse statistique des données par l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a révélé que la répartition des espèces inventoriées est régie par plusieurs facteurs écologiques, essentiellement la disponibilité des ressources trophiques, le degré de productivité du milieu et la distribution spatiale de ces ressources. Ces milieux aquatiques, caractérisés par une richesse et une diversité aviaires exceptionnelles, dévoilent une capacité d'accueil considérable servant à la conservation des oiseaux d'eau au cours de la période hivernale, en leur offrant des milieux favorables pour satisfaire leurs besoins alimentaires avant la migration pré-nuptiale.

**Mots-clefs** : oiseaux d'eau, ZHA, hivernage, recensement, conservation, AFC.

## **Ecological significance and role of Northern Tunisia artificial wetlands in the conservation of wintering waterbirds**

Ornithological censuses in 28 Northern Tunisia man-made wetlands, large dams, hill dams and hill lakes were performed during the 2004/2005 and 2005/2006 stable wintering periods. They showed the ecological significance of these waterbodies for the conservation of wintering waterbirds in Tunisia. Besides relatively disturbed natural wetlands,

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (1-3)

these artificial wetlands have constitute foraging and resting refuges for numerous water-bird species.

Using the direct counting method for waterbirds, 36 species and 25170 individuals, representing 6 orders, 10 families and 3 guilds (Ducks and Coots, Grebe and Cormorants, and waders), were identified.

Population structure analysis showed an absolute dominance of ducks and coots with 98% of the total number observed. This guild was represented by 13 species. The most frequently encountered species within the investigated sites are *Fulica atra* and *Aythya ferina*, forming 64.8% and 16% of the whole population size, respectively.

The total abundance survey within the investigated waterbodies showed fluctuation of population sizes and richness, from thousands to a few individuals and from one to 25 populations, respectively. Although the investigated sites represent only 3% of Tunisian artificial wetlands, the total number observed is approximately 5% of the whole estimated wintering waterbird population throughout all Tunisian wetlands.

Statistical analysis of data through Factorial Correspondence Analysis (FCA) revealed that the inventoried species distribution is governed by several ecological factors. The main ecological factors are the availability of trophic resources, the environmental productivity rate and the spatial distribution of these resources.

These aquatic environments, characterised by exceptional avian richness and diversity, reveal an important carrying capacity, favouring the conservation of wintering water-birds by offering them favourable environments to satisfy their feeding needs before the pre-mating migration.

**Key words:** Waterbirds, artificial wetlands, wintering, census, conservation, FCA.

### Introduction

Comparées aux zones humides naturelles de la Tunisie ayant fait l'objet de plusieurs études scientifiques et recensements ornithologiques ((HOLLIS, 1986 ; TAMISIER *et al.*, 1987 ; TAMISIER & BOUDOURESQUE, 1994 ; SCOTT & ROSE, 1996 et TAMISIER *et al.*, 2000), les zones humides artificielles (ZHA) n'ont fait l'objet d'aucune étude portant sur l'avifaune.

Les ZHA investiguées, s'intégrant de façon naturelle dans le paysage (MONTOROI *et al.*, 2001), ont été classées en trois catégories : les grands barrages, les barrages collinaires et les lacs collinaires. Actuellement, on compte en Tunisie plus de 26 grands barrages, 172 barrages collinaires et 732 lacs collinaires (LUCIA, 2003 et FARHAT & HAMDI, 2005). Leur captivité va respectivement de quelques dizaines de millions à quelques dizaines de milliers de mètres cubes d'eau recueillis sur des bassins versants de superficie variant de quelques centaines de kilomètres carrés à quelques hectares. La plupart de ces réservoirs se trouvent dans les parties nord et centrale de la Tunisie. Avec des apports saisonniers en eaux douces et en substances nutritives apportées par leurs affluents, ces constructions ont permis la mise en place d'importantes ressources trophiques au profit de l'avifaune hivernante.

La présente étude met l'accent sur l'importance écologique et le rôle de ces ZHA en tant que quartiers d'hiver pour plusieurs espèces d'oiseaux d'eau.

## Zones humides artificielles

### Matériels et méthodes

#### Zone d'étude

La zone d'étude concerne la région Nord de la Tunisie, de la frontière algérienne à l'Ouest au Cap Bon à l'Est (figure 1). L'échantillonnage, effectué au cours des périodes de stabilité hivernale 2004-2006, a concerné 28 ZHA : 12 grands barrages, 13 barrages collinaires et 3 lacs collinaires. Cette zone qui rassemble les principaux oueds de la Tunisie et qui reçoit les plus grandes quantités de précipitations (plus de 400 mm/an) englobe les bassins du Nord-Est (Cap Bon, Miliane et Ichkeul) et ceux du Nord-Ouest (Medjerda et extrême Nord).

#### Recensement des oiseaux

Le comptage des oiseaux a été effectué en utilisant la méthode de comptage direct qui consiste en un comptage individuel lorsque le groupe ne dépasse pas les 200 individus ou la subdivision du champ visuel en bandes égales et multiplier autant de fois que de champs lorsque le groupe est supérieur à 200 individus. Pour ce faire, une paire de jumelles et un télescope ont été utilisés. Selon l'étendue et le degré d'accessibilité de la retenue d'eau, 1 à 5 points d'observation ont été effectués. Les étendues d'eau les plus éloignées et les plus inaccessibles ont été recensées en utilisant le même effort que celui alloué aux emplacements les plus accessibles (BIBBY *et al.*, 1992). Tous les recensements ont été effectués le matin. Les comptages affectés par mauvais temps ainsi que les paramètres abiotiques n'ont pas été retenus dans l'analyse.



**Figure 1**

Localisation des ZHA étudiées. GB : Grand Barrage, BC : Barrage Collinaire, LC : Lac Collinaire.  
*Man-made wetlands within the study area. GB: Large Dam, BC: Hill Dam, LC: Hill Lake.*

### Structure des peuplements

La structure des peuplements dans chaque ZHA a été appréciée en utilisant les paramètres écologiques suivants : l'abondance totale, la richesse spécifique, la diversité spécifique, la dominance spécifique et l'équitabilité. L'abondance totale a été définie comme étant la somme des individus recensés dans chaque site. La richesse spécifique est le nombre d'espèces identifiées dans chaque site. La diversité spécifique a été calculée par l'indice  $H'$  de Shannon-Wiener :  $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ , où  $S$  est le nombre d'espèces et  $p_i$  la fréquence de l'espèce  $i$  dans chaque site. Pour l'équitabilité, nous avons utilisé l'indice de Shannon  $J' = H'/\ln S$ . La dominance spécifique a été calculée par l'indice de McNaughton  $ID = (n_1 + n_2)/N$ , où  $n_1$  et  $n_2$  représentent les abondances des deux espèces les plus dominantes.

### Guildes

Les oiseaux d'eau recensés ont été subdivisés selon leur comportement alimentaire et l'utilisation du milieu aquatique en trois guildes : les Grèbes et Cormorans, les Canards et foulques et les Laro-limicoles.

### Analyse des correspondances

Pour l'analyse statistique des données, nous nous sommes appuyés sur les travaux de BENZECRI *et al.* (1973) ; DAZY & Le BARZIC (1996) ; DERVIN (1988) ; FRONTIER *et al.* (2001) et SOUTHWOOD & HENDERSON (2000) relatifs à l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Toute population dont la taille globale est inférieure à 10 individus a été exclue de l'AFC (MASAHIKO & KUNIHICO, 2001). Les axes des plans factoriels sont construits suite à l'opposition des effectifs des espèces ( $\ln(\text{effectif}+2)$ ) aux ZHA dans un tableau de contingences (28 ZHA x 23 espèces). La quantité d'informations portée par un axe est donnée par son inertie relative. Pour l'évaluation de l'homogénéité des données, on a utilisé le test  $\chi^2$ .

### Résultats

Trois guildes sont respectivement représentées par 5, 13 et 18 espèces (tableau 1). Le guildes le plus abondant est celui des Canards et Foulques avec environ 89 % des effectifs recensés. La dominance de ce groupe en termes d'effectif est le résultat de la présence de la Foulque macroule *Fulica atra* avec des effectifs relativement élevés dans la plupart des ZHA. Cette espèce, comptant à elle seule plus de la moitié de l'effectif total recensé, a été observée dans 18 ZHA.

Dans les 28 ZHA étudiées, 36 espèces ont été identifiées. L'étude de la structure des peuplements de la zone d'étude a montré une fluctuation en termes d'effectifs et de populations d'un site à un autre avec une répartition inéquitable des espèces dans la majorité des sites (tableau 2). La superficie des ZHA visitées semble être sans influence sur la capacité d'accueil de ces sites, puisque en termes de richesse spécifique que de taille des populations, plusieurs réservoirs à superficie relativement faible tels que BC1

## Zones humides artificielles

Tableau 1

Espèces d'oiseaux d'eau recensées : effectifs et abondances relatives  
dans les zones humides artificielles investiguées.

*Inventoried waterbirds: total numbers and relative abundances in surveyed artificial wetlands.*

Espèces	Guilde	Nbre ZHA /espèce	Effectif	Abondance relative (%)	%
<i>Podiceps cristatus</i> (GH)	Grèbes et cormorans	13	245	0,97	6,73
<i>Podiceps nigricollis</i> (GCN)		8	322	1,28	
<i>Tachybaptus ruficollis</i> (GC)		16	1010	4,01	
<i>Merops persicus</i> (MP)		2	3	0,01	
<i>Phalacrocorax carbo</i>		8	116	0,46	
<i>Anas platyrhynchos</i> (CC)	Canards et Foulques	8	327	1,30	88,94
<i>Anas strepera</i> (CCH)		2	32	0,13	
<i>Anas penelope</i> (CS)		6	350	1,39	
<i>Anas crecca</i> (SH)		4	977	3,88	
<i>Marmaronetta angustirostris</i> (SM)		1	2	0,01	
<i>Anas acuta</i> (CP)		2	42	0,17	
<i>Anas clypeata</i> (CSO)		4	142	0,56	
<i>Aythya fuligula</i> (FMO)		7	139	0,55	
<i>Aythya nyroca</i> (FNY)		3	40	0,16	
<i>Aythya ferina</i> (FMI)		10	4019	15,97	
<i>Oxyura leucocephala</i> (ETB)		2	2	0,01	
<i>Netta rufina</i> (NR)		1	3	0,01	
<i>Fulica atra</i> (FM)		18	16310	64,80	
<i>Gallinula chloropus</i> (PE)	Laro-limicoles	5	9	0,04	4,33
<i>Porphyrio porphyrio</i> (TS)		1	2	0,01	
<i>Phoenicopterus ruber</i> (FR)		1	65	0,26	
<i>Charadrius alexandrinus</i> (GCI)		2	21	0,08	
<i>Charadrius hiaticula</i> (CG)		2	3	0,01	
<i>Vanellus vanellus</i> (VH)		6	96	0,38	
<i>Actitis hypoleucos</i> (CGU)		3	8	0,03	
<i>Tringa glareola</i> (CSY)		1	1	0,00	
<i>Tringa nebularia</i> (CAB)		1	1	0,00	
<i>Ardea cinera</i> (HC)		9	26	0,10	
<i>Bubulcus ibid</i> (HGB)		1	9	0,04	
<i>Egretta garzetta</i> (AG)		7	28	0,11	
<i>Egretta alba</i> (GAI)		1	2	0,01	
<i>Limosa limosa</i> (BQN)		2	12	0,05	
<i>Himantopus himantopus</i> (EB)		1	4	0,02	
<i>Lymnecryptes minimus</i> (BS)		1	2	0,01	
<i>Larus ridibundus</i> (MR)		3	193	0,77	
<i>Larus michahellis</i> (GOL)		6	607	2,41	

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (1-3)

et BC4 ont montré aussi bien des effectifs élevés que des richesses spécifiques remarquables comparés aux grands barrages GB8, GB10 et GB12.

L'analyse des correspondances a dégagé plusieurs axes dont les trois premiers représentent environ 50 % de la variance totale expliquée (tableau 3).

L'examen de la séquence des valeurs propres montre une forme régulièrement dégressive, sans rupture brutale dans l'évolution des valeurs propres successives. Dans ce cas, on a considéré le sous-espace défini par les axes associés à ces valeurs propres et non les axes séparément. À cet effet, le facteur du milieu responsable de la matérialisation de l'axe de rang  $n+1$  est loin d'être négligeable devant celui construisant l'axe de rang  $n$ . Ceci explique le fait que la répartition des espèces inventoriées est régie par plusieurs facteurs écologiques. En dépit de cette réserve sur la position et la signification des axes dans le sous-espace propre, nous nous sommes contentés à explorer les plans factoriels  $1 \times 2$ ,  $1 \times 3$  et  $2 \times 3$ .

L'AFC (figure 2) a montré qu'en premier lieu les ZHA sont fréquentées selon la nature des ressources trophiques disponibles qui jouent un rôle primordial dans l'accueil des oiseaux d'eau pendant la période hivernale. En effet, l'axe 1, absorbant environ 20 % de l'information oppose les Canards de surface essentiellement phytophages, Canard colvert *Anas platyrhynchos* et Sarcelle d'hiver *Anas crecca*, aux Grèbes, Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* et Grèbe à cou noir *Podiceps nigricollis*, espèces plongeurs à régime alimentaire principalement piscivore et insectivore. La présence du guildes des Grèbes et Cormorans dans une ZHA nous renseigne alors sur la nature et l'abondance des ressources trophiques disponibles satisfaisant au mieux leurs exigences alimentaires.

L'axe 2 représente le degré de productivité du milieu aquatique. Il oppose des barrages de richesse spécifique comparable mais à effectifs différents (GB1, GB7 et BC1 contre GB4 et GB5).

Quant au troisième axe, il nous renseigne sur la répartition spatiale des ressources trophiques en liaison avec la distribution spatiale des oiseaux dans la plupart des ZHA étudiées.

Pour le guildes des laro-limicoles, l'AFC a montré que, malgré sa diversité (18 espèces identifiées et 8 espèces analysées), il n'a pas de poids, du moins vis-à-vis des trois premiers axes portant environ 50 % de l'information interprétable.

### Discussion et conclusion

Les 28 ZHA étudiées ont accueilli 36 espèces d'oiseaux d'eau hivernants parmi les 82 espèces hivernantes dans toutes les zones humides de la Tunisie (ISENMANN *et al.*, 2005). Excepté le lac Ichkeul (figure 1), quartier d'hiver le plus accueillant pour les canards et foulques et où 150 000 à 200 000 individus ont été recensés (BREDIN *et al.*, 1986 ; HOLLIS, 1986 et TAMISIER *et al.*, 2000), aucune autre zone humide naturelle de même importance, n'existe dans la zone d'étude. Le rôle joué alors jusqu'à peu par l'Ichkeul a été relayé par la création de plusieurs retenues d'eau, notamment au Cap Bon (QNINBA, 2001).

### Zones humides artificielles

**Tableau 2**

Structure des peuplements dans les différentes ZHA investiguées.  
*Population structure within artificial wetlands investigated.*

ZHA	Abondance totale	Richesse spécifique	Diversité spécifique	Indice de dominance	Indice d'équitabilité
Lebna (GB1)	2014	9	0,605	0,946	0,275
Bezirk (GB2)	154	8	0,938	0,896	0,451
Abid (GB3)	845	10	1,015	0,840	0,441
Chiba (GB4)	461	7	0,862	0,896	0,443
Hma (GB5)	419	9	0,834	0,885	0,380
Rmel (GB6)	5631	25	1,045	0,846	0,325
Barrak (GB7)	258	11	1,970	0,496	0,822
Bouhertma (GB8)	175	5	0,804	0,909	0,500
Kasseb (GB9)	123	4	1,036	0,797	0,747
Sejnène (GB10)	13	1	0		
Chezala (GB11)	59	6	1,548	0,492	0,864
Joumine (GB12)	53	2	0,679	1,000	0,979
Mornaguia (BC1)	6513	13	0,801	0,960	0,312
Ain EL Ward (BC2)	1511	8	0,057	0,995	0,027
Bakbaka (BC3)	34	5	1,462	0,559	0,908
Hjar (BC4)	4968	17	1,508	0,725	0,532
Abdelmonem (BC5)	303	5	0,412	0,947	0,256
Melloul (BC6)	14	1	0		
Hmila (BC7)	151	4	0,574	0,987	0,414
Tahouna (BC8)	555	3	0,244	0,996	0,222
Chok Felfel (BC9)	588	5	0,299	0,974	0,216
Chebat Edoud (BC10)	71	2	0,685	1,000	0,988
Kherba (BC11)	27	3	0,823	0,963	0,749
Beni Ata Soufli (BC12)	11	1	0		
Beni Ata Oulwi (BC13)	78	2	0,693	1,000	0,999
El Fertout (LC1)	60	2	0,691	1,000	0,997
Ain Safsaf (LC2)	40	2	0,662	1,000	0,954
El Koum (LC3)	38	2	0,624	1,000	0,900
<b>Total</b>	<b>25170</b>	<b>36</b>			

**Tableau 3**

Valeurs propres et inertie relative des trois premiers axes de l'AFC.  
*Eigen-values and relative inertia for the first three axis of the Correspondence Analysis.*

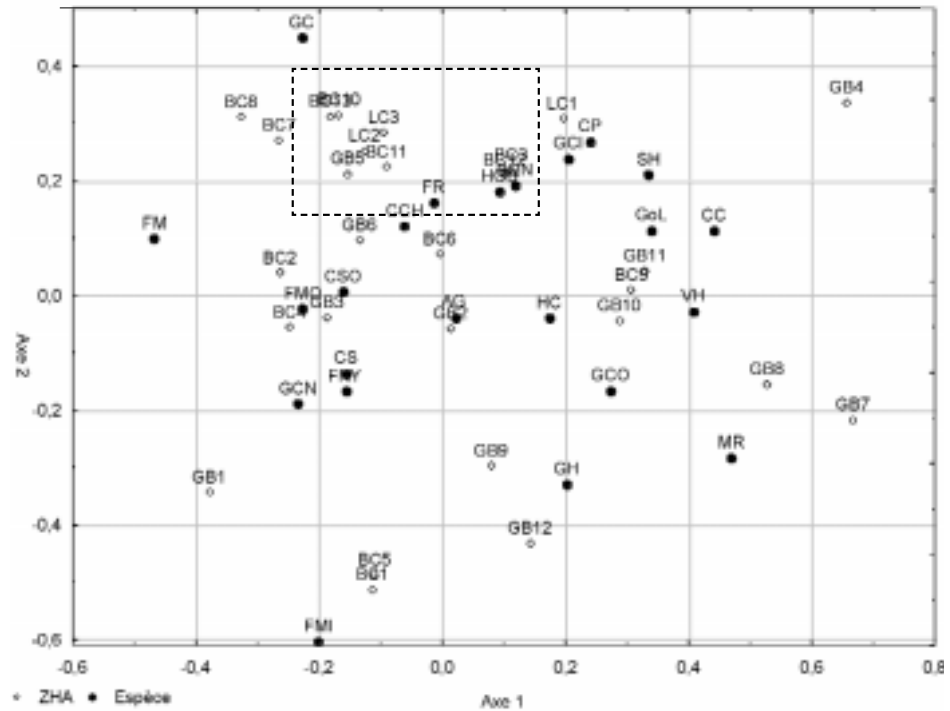
	Axe 1	Axe 2	Axe 3
<b>Valeurs propres</b>	0,084	0,067	0,059
<b>Inertie relative (%)</b>	20,1	16,1	14,1

Figure 2

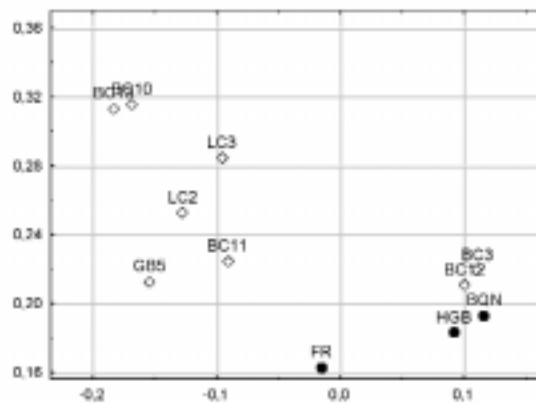
Plans factoriels (a) Axe 1 x Axe 2, (b) Axe 1 x Axe 3 et (c) Axe 2 x Axe 3 de l'Analyse Factorielle des correspondances, illustrant les principaux paramètres écologiques du milieu gouvernants la présence des différentes populations et guildes. Les zones d'encombrement, encadrées en pointillé, sont agrandies dans les plans factoriels (Za), (Zb) et (Zc) correspondants.

Factorial planes (a) Axis 1 x Axis 2, (b) Axis 1 x Axis 3 and (c) Axis 2 x Axis 3 of the Factorial Correspondence Analysis, which illustrate the main ecological parameters governing the presence of different populations and guilds.

(a)



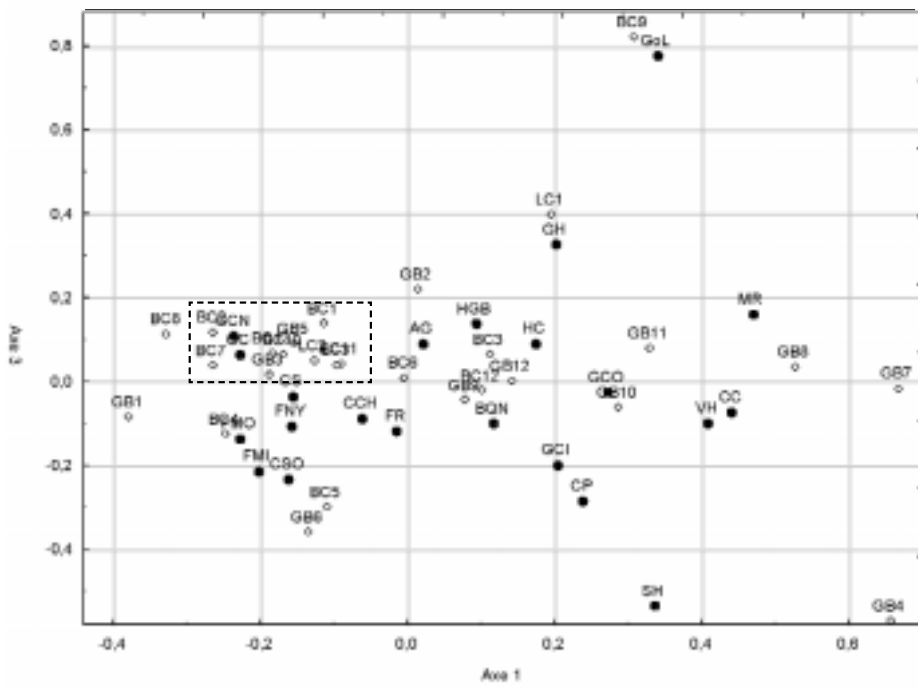
(Za)



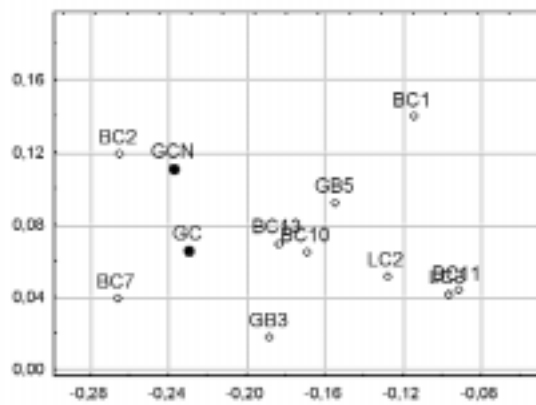


Zones humides artificielles

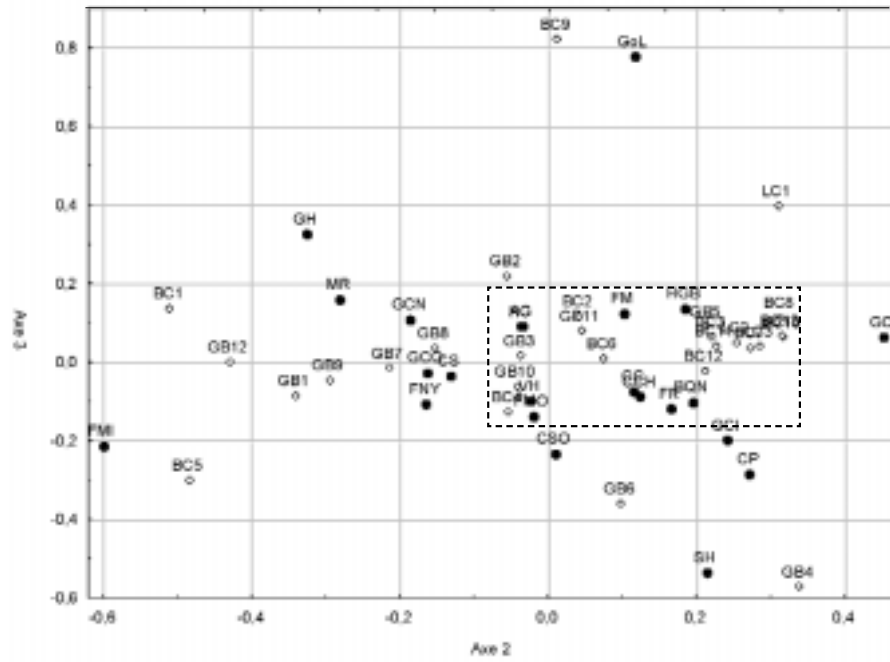
(b)



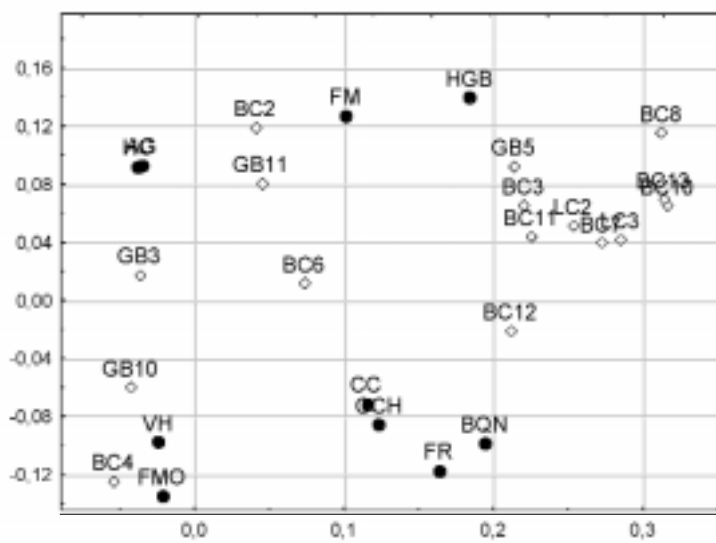
(Zb)



(c)



(Zc)



### Zones humides artificielles

La taille globale des peuplements des ZHA échantillonnées représente environ 5 % de l'effectif total estimé des oiseaux d'eau hivernant en Tunisie (HUGHES *et al.*, 1997), alors que ces ZHA ne représentent actuellement que moins de 3 % de l'ensemble des ZHA tunisiennes.

Le guildes des Grèbes et Cormorans est surtout observé dans les ZHA où ils peuvent collecter les poissons, les alevins, les insectes, les vers, les crustacés, les mollusques, etc. (MADSEN, 1957). Quant aux anatidés et foulques, majoritairement herbivores (Axe 1) mais pouvant compléter leurs régimes par des insectes, des mollusques, des crustacés et d'autres organismes aquatiques, ils ont été principalement observés dans des ZHA riches en végétation submergée. La plupart de ces espèces brouillent les plantes des rives et arrachent les herbes et les rhizomes submergés en plongeant la tête et le cou (DORST, 1971).

Le degré de productivité des ZHA (Axe 2) dépend avant tout de la quantité de substances nutritives minérales reçue par les eaux affluentes, mais aussi de la profondeur et des caractéristiques géomorphologiques du bassin (DUSSART, 1966).

Les retenues d'eau profondes, avec un rapport surface-masse totale des eaux relativement faible, sont oligotrophes. La productivité du plancton est faible et les bords de la retenue, abrupts et aux contours nets, cas des GB4 et GB5 et en partie GB7 où les faibles effectifs recensés peuvent en partie être expliqués par ces faits remarquables. Les facteurs susmentionnés ne permettent pas la colonisation de ces réservoirs par la végétation aquatique.

Les étendues d'eau peu profondes et recevant un apport important de substances minérales sont au contraire eutrophes, car la productivité du plancton y est élevée (DORST, 1971, TAMISIER & GRILLAS, 1994, DEHORTER & TAMISIER, 1996). Par ailleurs, les bords plats, peu profonds et marécageux sont riches en végétation submergée. Ce type de milieu a été bien visible à l'œil nu au cours des observations des ZHA. C'est le cas des BC1 et GB1 et en partie du GB7 au niveau de l'embouchure de son affluent principal. L'abondance des oiseaux est bien entendu liée à la productivité du milieu. Cette corrélation est également confortée par l'information fournie par l'Axe 3. En effet, la majorité des ZHA est caractérisée par une zonation concentrique tout autour de leurs berges, allant de la terre ferme à l'eau libre. La répartition des oiseaux suit, dans la plupart des cas, cette zonation en fonction de leurs exigences écologiques, en particulier l'abri et la nourriture. L'absence d'une de ces zones entraîne celle des espèces qui lui sont très étroitement inféodées. Ainsi, l'absence des zones littorales à végétation abondante a entraîné l'absence de la Foulque macroule *Fulica atra* dans 10 ZHA, malgré son large spectre de répartition dans les différentes ZHA du nord et du centre de la Tunisie (observation personnelle). Ce milieu est également le domaine préférentiel de nombreux Canards tels que le Canard colvert *Anas platyrhynchos* qui a été observé dans 8 ZHA uniquement, probablement à cause de son faible effectif hivernant comparé à celui de la foulque macroule. Au-delà de la zone des plantes littorales dont la majeure partie de l'appareil végétatif est aérienne se trouve généralement une zone de végétation submergée qui peut être formée de plusieurs ceintures successives. Ces plantes comprennent des espèces aux feuilles flottantes, et plus au large, des végétaux entièrement submergés. Les *Potamogetonaceae* sont souvent dominants, notamment les

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (1-3)

potamots et les *Ruppia* (TAMISIER & BOUDOURESQUE, 1994). À ce niveau, on rencontre les espèces qui se nourrissent des plantes elles-mêmes (Canard chipeau *Anas strepera*, Canard siffleur *Anas penelope*, Canard pilelet *Anas acuta*, etc.) ou celles qui se nourrissent de mollusques, crustacés et insectes inféodés au lacis végétal (Fuligule milouin *Aythya ferina*, Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis*, Grèbe à cou noir *Podiceps nigricollis* et Grèbe huppé *Podiceps cristatus*). Les eaux plus profondes, que l'on peut, à l'échelle d'un grand barrage ou de certains barrages collinaires, qualifier de pélagiques sont peu fréquentées par les oiseaux d'eau, malgré leur richesse en plancton (DUSSART, 1966). En effet, dans cette zone et au cours de nos observations, nous n'avons recensé dans quelques ZHA que quelques dizaines de Mouettes rieuses *Larus ridibundus* et Goélands leucophés *Larus michahellis* venant *a priori* se reposer.

Les faibles effectifs recensés dans certaines ZHA s'expliqueraient non seulement par le manque de ressources trophiques mais également par la prédation due aux rapaces diurnes que nous avons fréquemment observés, tels que le Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* et le Busard harpaye *Circus aeruginosus*, ainsi que le manque d'abri.

Aux points positifs des ZHA, répercutés directement et indirectement sur l'être humain par le maintien des populations en place en leur assurant des réelles possibilités de développement, la protection des infrastructures en aval contre les crues et contre l'érosion, la mise à disposition d'une ressource en eau de manière disséminée dans le paysage pouvant servir à l'alimentation humaine, à l'irrigation, à la recharge des nappes phréatiques, etc (MONTOROI *et al.*, 2001), s'ajoute un autre apport important, traduit par la conservation de la biodiversité (GROOM *et al.*, 2006), en offrant aux oiseaux d'eau des quartiers d'hiver propices.

1. Unité de recherche de Biologie animale et Systématique évolutive,  
Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, 2092 Tunis, El Manar, Tunisie.
2. Laboratoire d'Écologie et Environnement, Université Ali MIRA, Béjaia, Algérie.

### RÉFÉRENCES

- BENZECRI J.P. et coll. (1973).- *L'analyse des données. L'analyse des correspondances*, tome 2. Dunod, Paris, 619 p.
- BIBBY, J., BURGESS, D. & HILL, A. (1992).- *Bird Census Techniques*. Academic Press Limited, London, NW1 7DX, 257 p.
- BREDIN, D., SKINNER, J. & TAMISIER, A. (1986).- Distribution spatio-temporelle et activités des anatidés et foulques sur l'Ichkeul, grand quartier d'hiver tunisien. Étude préliminaire. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.*, **7** (1), 55-73.
- DAZY, F. & LE BARZIC, J.F. (1996).- *Analyse des données évolutives, méthodes et applications*. Éditions Technip., Paris, 227 p.
- DEHORTER, O. & TAMISIER, A. (1996).- Wetland habitat characteristics for waterfowl wintering in Camargue, Southern France : Implication for conservation. *Rev. Écol (Terre Vie)*, vol. **51**.
- DERVIN, C. (1988).- *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ?* Stat. ITCF, Paris, 72 p.
- DORST, J. (1971).- *Les oiseaux dans leur milieu*. Éditions Rencontre Lausanne 1971. Printed in Italy, 381 p.

### Zones humides artificielles

- DUSSART, B. (1966).- *Limnologie. L'étude des Eaux Continentales*. Gauthier-Villars, Paris, 736 p.
- FARHAT, H. & HAMDI, S. (2005).- *Les lacs collinaires : État d'avancement, Stockage et état de l'exploitation agricole jusqu'au Juin 2005* (rapport en arabe), Juillet 2005. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles.
- FRONTIER, S., DAVOULT, D., GENTIHOMME, V. & LAGADEUC, Y. (2001).- *Statistique pour les sciences de la vie et de l'environnement*. Dunod, Paris, 377 p.
- GROOM, J., MEFFE, K. & CARROL, C. (2006).- *Principles of Conservation Biology*, Third Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA 01375, USA, 793 p.
- HOLLIS, G. (1986).- *The modelling and management of the internationally important wetland at Garaet El Ichkeul, Tunisia*. IWRB Special Publication, n°4.
- HUGHES, J., MAAMOURI, F., AYACHE, F., HOLLIS, T., AVIS, C., GIANANTE, C. & THOMPSON, J. (1997).- *A preliminary inventory of Tunisian wetlands*. London, UK, University College London.
- ISENMANN, P., GAULTIER, T., EL HILI, A., AZAFZAF, H., DLENSI, H. & SMART, M. (2005).- *Oiseaux de Tunisie*. Société d'Études Ornithologiques de France, Muséum National d'Histoire Naturelle, 432 p.
- LUCIA DE STEFANO (2003).- *L'indice eaux douces et Zones humides du WWF, Résultats d'application en Tunisie*. WWF Mediterranean Programme Office, 16 p.
- MADSEN, F. (1957).- On the food habits of some fish-eating birds in Denmark. *Danish Review of Game Biology*, **3** (2), 19-83.
- MASAHIKO, K. & KUNIHICO, S. (2001).- A comparison of the diversity and structure of butterfly communities in semi-natural and human-modified grassland habitats at the foot of Mt. Fuji, central Japan. *Biodiversity and Conservation*, **10**, 331-351.
- MONTOROI J.P., GRÜNBERGER O. & NASRI, S. (2001).- Hydrochemical behavior of waters in a Tunisian hill reservoir watershed and reservoir impact on alluvial aquifer. *Recueil des résumés, Séminaire international « Les petits barrages dans le monde méditerranéen », Tunis, Tunisie, 28-31 mai 2001*.
- QNINBA, A. (2001).- *L'avifaune des zones humides du Cap Bon, Tunisie*. MedWetCoast. Conservation des Zones Humides littorales et des écosystèmes côtiers du Cap Bon. Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL), Tunisie.
- SCOTT, D. & ROSE, P. (1996).- Atlas of the Anatidae Populations in Africa and Western Eurasia. *Wetlands International Publication n°41*. Wageningen, 336 p.
- SOUTHWOOD, T. & HENDERSON, P. (2000).- *Ecological Methods*, Third Edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 575 p.
- TAMISIER, A., BONNET, P., BREDIN, D., DERVIEUX, A., REHFISCH, M., ROCAMORA, G. & SKINNER, J. (1987).- L'Ichkeul, quartier d'hiver exceptionnel d'Anatidés et de foulques. Importance, fonctionnement et originalité. *L'oiseau et RFO*, **57**, 296-306.
- TAMISIER, A. & BOUDOURESQUE, C. (1994).- Aquatic bird populations as possible indicators of seasonal nutrient flow at Ichkeul Lake, Tunisia. *Hydrobiologia*, **279/280**, 149-156.
- TAMISIER, A., DEHORTER, O., DEFOSSE, A., POYDENOT, F., GRAVEZ, V., & BOUDOURESQUE, C. (2000).- Modelling aquatic ecosystems : benefits, coasts and risks for a field biologist. Ichkeul, Tunisia, a case study. In : ISENMANN *et al.* (2005). Oiseaux de Tunisie. Société d'Études Ornithologiques de France, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- TAMISIER, A. & GRILLAS, P. (1994).- A review of habitat changes in the Camargue. An assessment of the effects of the loss of biological diversity on the wintering waterfowl community. *Biol. Conservation*, **70**, 39-47.

