REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L4ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE ET VEGETALE

THESE

Présentée par

M. MERZOUG Seyf Eddine

En vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR EN SCIENCES BIOLOGIQUES

THEME

Structure du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans les zones humides du littoral Est de l'Algérie : Statut et description des habitats.

Soutenue publiquement le :

Devant le jury composé de :

M.BOUKHEMZA Mohamed (prof.)	**Univ. de Tizi-Ouzou**	**(Président)**
M.HOUHAMDI Moussa (Prof.)	**Univ. de Guelma**	**(Directeur de thèse)**
M. BELHAMRA Mohamed (Prof.)	**Univ. de Biskra**	**(Co-Directeur de thèse)**
M.MOULAI Riad (Prof.)	**Univ. de Bejaia**	**(Examinateur)**
Melle. SETBEL Samira (M.C.A)	**Univ. de Tizi-Ouzou**	**(Examinatrice)**
Mme. BOUKHEMZA-ZEMMOURI Nabila (M.C.A)	**Univ. de Tizi-Ouzou**	**(Examinatrice)**

Remerciements

Tout d'abord je rends grâce à Dieu, pour la santé qu'il m'a accordée lors de ces années de travail et à mes parents pour les sacrifices auxquels ils ont consenti pour la poursuite de mes études.

J'adresse toute ma gratitude à **M. BOUKHEMZA Mohamed**, Professeur à l'Université de Tizi-Ouzou, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider mon jury de thèse.

J'exprime tous mes remerciements à **M. MOULAI Riad,** professeur à l'Université de Bejaia, **Melle SETBEL Samira** et **Mme BOUKHEMZA-ZEMMOURI Nabila,** Maîtres de conférences à l'Université de Tizi-Ouzou, de m'avoir accordé le privilège de participer à ce jury en qualité d'examinateurs, pour le temps consacré à la lecture de cette thèse, et pour les suggestions et les remarques judicieuses qu'ils m'ont indiqué.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à **M. HOUHAMDI Moussa,** professeur à l'Université de Guelma**,** qui fut pour moi un directeur de thèse attentif. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Ils ont été et resteront des moteurs de mon travail de chercheur.

Mes reconnaissances vont également à mon co-directeur de thèse, **M. BELHAMRA Mohamed,** professeur à l'Université de Biskra, pour son intérêt permanent à mon égard.

Ce travail n'aurais pu voir le jour sans la participation et le soutient de nombreuses personnes que je souhaite remercier aussi

A titre plus personnel, Je remercie chaleureusement **Melles : BOUGUENOUN Imene, ABDI Soumia, ABDELLIOUI Sana et MESSABHIA Sarah,** sans lesquelles ce travail n'aurait pu voir le jour

A tous mes sœurs, mes beaux-frères, oncles et cousins ainsi qu'à leurs conjoints respectifs.

A tous mes amis bien trop nombreux pour être cités nommément

Sommaire

Liste des abréviations
Liste des tableaux
Liste des figures

Introduction 1

Chapitre I : Description du site

1. Présentation générale du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja 4

1.1. Géologie, géomorphologie et type de sol 5

1.1.1. La plaine sableuse 6

1.1.2. La plaine argileuse 6

1.2. Hydrologie de la région 7

2. Description des principales zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja 7

2.1. Garaet Hadj Tahar (36°51'50'' N, 07°15'57' E) 8
2.2. Garaet Beni M'Hamed (36°57' N, 7°16' E) 9
2.3. Garaet Messaoussa (36°52'N ; 07°15'E) 10
2.4. Garaet Sidi Makhlouf (36°53'094 N, 7°18'248 E) 11
2.5. Garaet Chichaya (36°53'791 N, 7°18'230 E) 12
2.6. Garaet Sidi-Magroun (36°50'225 N, 7°16'943 E) 13
2.7. Garaet Boumaïza (36°49'155 N, 7°18'975 E) 14
2.8. Garaet Sidi Lakhdar (36°54'780 N, 7°12'055 E) 14
2.9. Garaet Haouas (36°58' N, 7°18' E) 15
2.10. Nechaa Demnat Ataoua (36°56' N, 7°14'780 E) 15
2.11. Nechaa Khellaba (36°5'516 N, 7°17'576 E) 16
2.12. Lac Sidi Fritis (36°53'975 N, 7°17'437 E) 16
2.13. Garaet Dissia (36°55'349N, 7°15'284E) 17
2.14. Oued Maboun (36°50'345N, 7°17'313E) 17
2.15. Garaetla Marsadelle (37°00'815N, 7°15'637E) 18
2.16. Garaet Bordj du Cantonnier (36°52'168N, 7°22'760 E 18
2.17. Garaet Tacha (36°51'979N, 7°23'587E) 18
2.18. Garaet El Loughat (36°50'N, 7°17'E) 19
2.19. Garaet Bechna (36°53'082N, 7°17'802 E) 19
2.20. Garaet aux Linaires (36°52'N, 7°18'E) 19
2.21. Garaet Bouina (36°53'490N, 7°17'574E) 19
2.22. Garaet Nouar Ezzouaoua (36°54'188N, 7°12'463 E) 20
2.23. Garaet Ain Nechma (36°48'837N, 7°16'728 E) 20
2.24. Garaet aux Oliviers (36°50'N, 7°18'E) 20
2.25. Lagune d'Oued El-Kebir (36°59'N, 7°16 E) 21
2.26. Les rives d'Oued El-Kebir 21
2.27. Garaet El Guelb (36°53' 206 N, 7°18'538 E) 21
2.28. Garaet Ouajaa (36° 53' 192 N, 7° 18' 963 E) 21
2.29. Garaet El Azla (36° 59' 477 N, 7° 19'541 E) 22

2.30. Garaet Emiflor (36° 54’ N, 7° 12’ E) 22

3. Etude climatique 22
3.1. La Température 23
3.2. La pluviométrie 23
3.3. L’humidité 23
3.4. Le vent 23

4. Synthèse climatique 23
4.1. Diagramme ombrothérmique de Bagnlous et Gaussen 23
4.2. Quotient pluviométrique d’Emberger 24

5. Cadre biotique 25
5.1. La flore 25
5.2. L’avifaune 26
5.3. L’entomofaune 26

6. Menaces agissant sur les caractéristiques écologiques de l’éco-complexe 27
6.1. Le pâturage 27
6.2. L’agriculture 28
6.3. La chasse 29

Chapitre II : Description de l’espèce

1. Description de l’espèce 30
1.1. Taxonomie et caractéristiques 31

2. Difficultés d’identification (similitudes) 32

3. Répartition géographique du Fuligule Nyroca 32
3.1. Au plan mondial 32
3.2. En Algérie 33

4. Habitat 34

5. Biologie et écologie 34
5.1. Alimentation 34
5.2. La reproduction 35
5.3. Comportement 35
5.4. Statut juridique de l’espèce 36
5.5. Etat des populations et tendances d’évolution des effectifs 36
5.6. La migration 36

Chapitre III : Caractérisation du biotope

1. Échantillonnage 38
1.1. Matériel d'échantillonnage 38
1.2. Mode de prélèvement 39
1.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons 39
1.4. Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse 39

2. Caractéristiques des points de prélèvement 39

3. Nature et période de prélèvement 40

4. Mesure *in situ* 41
4.1. La température 41
4.2. Le pH 41
4.3. La conductivité électrique 42
4.4. L'oxygène dissous 42

5. L'analyse bactériologique 42
5.1. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale 42
5.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux 43
5.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (*Enterococcus*) 45
5.1.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito- réductrices (*Clostridium*) 46

5.2. Recherche des germes pathogènes 47
5.2.1. Recherche de *Salmonella* 47
5.2.2. Recherche de *Shigella* 48
5.2.3. Recherche de *Vibrio cholérique* 49
5.2.4. Recherche des *Staphylococcus* à coagulase positive dans les eaux 50
5.2.5. Recherche des *Pseudomonas* 51
5.3. Tests complémentaires 52
- L'examen direct (Etat frais) 52
- Coloration de Gram 52
- Mise en évidence d'une catalase 53
- Recherche de l'oxydase 53
- Etude des produits terminaux de la glycolyse 53
- Utilisation de citrate 54
- Production de l'indole 54
- Mise en évidence de l'uréase 54
- Mode opératoire de l'APi 20E 55
- Etude de la mobilité 55
- Recherche de la B-galactosidase 55
- Le test de réduction du nitrate 56

Chapitre IV : Ecologie du nyroca

1. Matériel 57

2. Méthodologie 57

2.1. Dénombrements 57

- Dates et fréquences des dénombrements 57
- Choix des points d'observation 58
- Méthodologie 58

2.2. Modalité d'occupation spatiale 59

2.3. Etude des rythmes d'activité diurne 59

- Méthode *FOCUS* 59
- Méthode *SCAN* 60

2.4. Analyses statistiques des données 60

2.5. Méthode d'étude des différents paramètres reproducteurs 61

- Suivi des effectifs nicheurs 61
- Localisation des nids ou bien emplacement des nids 61

3. Ecologie de la reproduction du Fuligule nyroca 61

3.1. Dimensions des nids 61

3.2. Matériaux de construction des nids 61

4. Phénologie de la reproduction 62

4.1. Date de première ponte 62

4.2. La période de ponte 62

4.3. La taille ou grandeur de ponte 62

4.4. Mensuration des œufs 62

4.5. Nombre d'œufs éclos 63

4.6. Le succès à l'éclosion 63

4.7. Envol des jeunes 63

4.8. Le succès à l'envol 63

4.9. Succès de la reproduction 63

Chapitre V : Résultats et Discussion

Partie I : Caractérisation bu biotope

1. Les paramètres physico-chimiques *in situ* 64

1.1. La température 64

1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH) 65

1.3. Oxygène dissous 66

1.4. Conductivité électrique 76

2. Les paramètres bactériologiques 68

2.1. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale 69

2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux et streptocoques fécaux 69

2.1.2. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-reductrices (ASR) 72

2.2. Recherche des germes pathogènes 72

Partie 2 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca

1. Evolution des effectifs et distribution spatial du Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) dans le complexe des zones humides de Guerbes Sanhadja 76

1.1. Garaet Hadj Tahar 76

1.2. Garaet Beni M'Hamed 77

1.3. Garaet Sidi Makhlouf 78

1.4. Garaet Chichaya 79

1.5. Garaet Messaoussa 80

1.6. Garaet Sidi Magroun 81

Partie 3 : Etude des rythmes des activités diurnes

1. Rythme d'activité diurne 83
2. Traitement statistique multivariée 86

Partie 4 : Etude de la reproduction du Fuligule nyroca

1. L'emplacement des nids 89
3.2. Matériaux de constructions des nids 91
3.1. Dimensions des nids, distances inter-nids et densité des sites de nidification 92

2. Phénologie de la reproduction 93
2.1. Date de première ponte 93
2.2. La taille de la ponte 94
2.3. Mensuration des œufs 94
2.4. Le succès à l'éclosion 96
2.5. Succès à l'envole 99
2.6. Parasitisme interspécifique 99

Conclusion 100
Résumé
Abstract
ملخص
Références bibliographique
Annexes

A.ferina *: Aythya ferina*

A.fuligula : *Aythya fuligula*

ADE : Analysis of Environmental Data

ADH : Arginine Di Hydrolase

AEWA : The African-Eurasian Migratory Waterbird Agreement

AFC : Analyse factorielle des correspondances

ASR : Anaérobies sulfito-réductrices

BCPL : bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

BGN : Bacille a gram négatif

°C : degré Celsius

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

CF/ml : Coliformes fécaux par millilitre

CITES : Convention on International Trade of Endangered Species

Cm : Centimètre

Cm^3 : Centimètre cube

CT : Coliformes totaux

CT/ml : Coliformes totaux par millilitre

D/C : Double concentration

DES : Direction de l'environnement de Skikda

DGF : Direction générale de forets

E : Est

E. coli : *Escherichia coli*

EPA : Eau peptonée alcaline

Ex : exemple

g : gramme

GNAB : Gélose nutritive alcaline de billé

h : heure

H_2S : Hydrogène sulfuré

ha : hectare

HCEFLCD : Haut-Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification

Km : Kilomètre

LDC : Lysine Décarboxylase

m : mètre

m/s : mètre par seconde

m^2 : mètre carré

Max : maximum

mg/l : milligramme par litre

min : minute

Min : minimum

ml : millilitre

mm : millimètre

Moy : moyenne

N : Nord

N_2 : Azote

NO_2^- : Nitrite

NO_3^- : Nitrate

NPP : Nombre plus probable

O_2 dissous : Oxygène dissous

ODC : Ornithine Décarboxylase

ONPG : Ortho-intro phényle B-D- Galactosidase

pH : Potentiel d'hydrogène

Rothe S/C : Bouillon à l'azide de sodium simple concentration

Rothe D/C : Bouillon à l'azide de sodium double concentration

S : Station

S.epidermidis : *Staphylococcus epidermidis*

S.saprophyticus : *Staphylococcus saprophyticus*

S/C : Simple concentration

SF/ml : Streptocoques fécaux par millilitre

sp : espèce

SS : *salmonella-shigella*

T : Température

Tab : Tableau

TDA : Tryptophane Décarboxylase

TSI : Triple Sugar Iron

U.R.S.S : Union des républiques socialistes soviétiques

µ : microne

µS/cm : micro simens par centimètre

- : négatif

% : pourcentage

+ : positif

< : Inférieur

> : Supérieur

± : plus ou moins

° : Degré

N°	Intitulé	Page
1	Données climatiques de la wilaya de Skikda (1997- 2013)	22
2	Check-list des espèces Odonates de Garaet Hadj Tahar.	27
3	Caractéristiques des points de prélèvement.	40
4	Nature et période du prélèvement.	40
5	Classifications des eaux d'après leur pH.	41
6	Caractères d'identification biochimique de *Shigella*	49
7	Différences majeures entre les *Vibrio*, *Pleisiomonas* et *Aeromonas*	50
8	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	65
9	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.	68
10	Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-reductrices (ASR/20 ml).	72
11	Résultats du profil biochimique des *Staphylococcus* isolés.	73
12	Les espèces identifiées par la galerie biochimique classique.	73
13	Les espèces identifiées par l'API 20 E et l'API 20 NE.	74
14	Répartition des espèces bactériennes isolées entres les différentes stations.	75
15	Coordonnées géographiques des nids de Fuligule nyroca dans Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.	90
16	Caractéristiques des nids du Fuligule nyroca dans Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.	93
17	Estimations des Dates de ponte, Période de ponte et Dates d'incubation et chez le Fuligule nyroca à Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.	93
18	Mensuration moyenne des œufs du Fuligule nyroca à Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.	95
19	Comparaison des dimensions moyennes des œufs des Fuligules Nyroca *Aythya nyroca* dans Gareat Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014 avec les données fournies par la littérature.	96
20	Nombre d'œufs éclos ainsi que le taux d'éclosion chez le Fuligule nyroca à Gareat Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.	97

N°	Intitulé	Page
1	Le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja (Skikda –Nord-Est Algérien).	8
2	Garaet Hadj Tahar.	9
3	Garaet Beni M'Hamed.	10
4	Garaet Massaoussa.	11
5	Garaet Sidi Makhlouf.	12
6	Garaet Chichaya.	13
7	Garaet Sidi Magroun.	14
8	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.	24
9	Climagramme d'Emberger de la Wilaya de Skikda (1997-2013).	25
10	Illustration de l'impact du pâturage.	28
11	L'agriculture dans le Complexe de Guerbes-Sanhadja.	28
12	Fuligule nyroca à Garaet Hadj Tahar	30
13	Photo descriptive du Fuligule nyroca *Aythya nyroca*	31
14	Répartition géographique du Fuligule nyroca	33
15	Les voies de migration du Fuligule nyroca	37
16	L'évolution spatio-temporelle de la température des eaux de nos sites d'étude.	64
17	L'évolution spatio-temporelle du pH des eaux de nos sites d'étude.	65
18	L'évolution spatio-temporelle de l'oxygène dissous des eaux de nos sites d'étude.	67
19	L'évolution spatio-temporelle de la conductivité électrique des eaux de nos sites d'études.	68
20	L'évolution spatio-temporelle des coliformes totaux des eaux de nos sites d'études.	69
21	L'évolution spatio-temporelle des coliformes fécaux des eaux de nos sites d'études.	70
22	L'évolution spatio-temporelle des streptocoques fécaux des eaux de nos sites d'études.	71
23	Résultats de quelques galeries biochimiques classiques.	74
24	Profil biochimique de la souche *Serratiae odorifera 2.*	74
25	Profil biochimique de la souche *Vibrio vulnificus*.	75
26	Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Hadj Taher (2011-2012/2012-2013).	76
27	Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Hadj Taher (Skikda, Algérie)	77
28	Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Beni M'Hamed (2012-2013).	77
29	Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Beni M'Hamed (Skikda, Algérie).	78
30	Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Sidi Makhlouf (2012-2013).	78
31	Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Sidi	79

	Makhlouf (Skikda, Algérie).	
32	Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Chichaya (2012-2013).	79
33	Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Chichaya (Skikda, Algérie).	80
34	Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Messaoussa (2012-2013).	80
35	Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Messaoussa (Skikda, Algérie).	81
36	Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Sidi Magroun (2012-2013).	82
37	Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Sidi Magroun (Skikda, Algérie).	82
38	Bilan du budget temps diurne des Fuligules nyroca *Aythya nyroca* hivernant au niveau de la Garaet Hadj Tahar (2011-2012).	83
39	Evolution des activités au cours de l'année (2011-2012) des Fuligules nyroca *Aythya nyroca* hivernant à la Garaet Hadj Tahar.	84
40	Evolution des rythmes d'activités diurnes des Fuligules nyroca *Aythya nyroca* hivernant à Garaet Hadj Tahar (2011-2012). (a) le sommeil, (b) la nage, (c) l'alimentation, (d) le toilettage, (e) le vol, (f) la parade.	85
41	Plan factoriel 1x2 de l'AFC appliqué aux données des rythmes d'activités diurnes des Fuligules nyroca (*Aythya nyroca*) hivernant au niveau de la Garaet Hadj Tahar. Axes d'inertie : 0.37, 0.32, 0.16 et 0.08.	88
42	Carte de l'emplacement des nids repérés à Garaet Hadj Tahar	90
43	Ilot partagé par le Fuligule nyroca et le Canard Colvert	90
44	Nids contenant 12 œufs du Fuligule nyroca dans Gareat Hadj Tahar	91
45	Localisation des nids de Fuligule nyroca au sein de végétation dense	92
46	Prédation des œufs du Fuligule nyroca dans Gareat Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014	98
47	Nid du Fuligule nyroca endommagé par le passage des animaux d'élevage	98
48	Un nid de Foulque macroule *Fulica atra* contenait 5 œufs de Foulque macroule et 1 œuf de Fuligule nyroca *Aythya nyroca*	99

Introduction

La convention de Ramsar, relative aux zones humides d'importance internationale pour la conservation des oiseaux d'eaux, définit les zones humides comme « *des étendues de marais, de fagnes de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur ne dépasse pas les six mètres* » **(Convention Ramsar *in* Zitouni, 2014).**

La situation géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse de zones humides d'importance internationale. Actuellement, 51 sites dans 21 wilayas sont inscrits sur la liste de Ramsar. Ils couvrent près de 3,5 millions d'hectares, ce qui fait de l'Algérie le deuxième pays africain en ex-æquo avec la Tanzanie et le septième au monde selon la superficie, classé Ramsar **(D.G.F, 2001).** Ces milieux, qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle, jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateurs.

Les Anatidés constituent l'une des plus remarquables composantes faunistiques des zones humides. La grande majorité des espèces de ce groupe fournit une belle illustration du phénomène de migration : chaque année, ces oiseaux procèdent à des déplacements périodiques plus ou moins longs (jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres) entre leurs quartiers de nidification et ceux d'hivernage, à la recherche de conditions climatiques et trophiques meilleures **(El Agbani, 1997).**

Le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* est une des espèces de la famille des Anatidés répandue en Europe, en Asie et en Afrique **(Robinson, 2003)**. Sa population a subi une forte régression et des changements dans la distribution au cours des dernières décennies **(Islam, 2003)**. Sa répartition géographique a considérablement fluctué depuis 150 ans et les populations ont décliné. Selon l'IUCN (International Union for Conservation of Nature) le Fuligule nyroca présente un statut d'espèce 'Quasi-Menacé' (NearThreatened) au niveau mondial et 'Vulnerable' en Europe **(BirdLife International, 2004).** La population mondiale est estimée à 163 000 - 257 000 individus, dont 2 400 – 2 600 en Afrique du Nord **(Birdlife International, 2012)**. L'espèce est régulièrement enregistrée dans 77 pays et dans au moins 22 autres comme une migratrice et elle se reproduit dans 42 pays. Son hivernage se déroule sur le pourtour méditerranéen et en Afrique tropicale à l'Ouest, et sur les grandes zones humides d'Asie occidentale et centrale à l'Est **(Robinson, 2003).**

En Afrique du Nord, une importante population niche dans le complexe de zones humides d'El Kala en Algérie **(Ledant *et al.*, 1981 ; in Isenmann et Moali, 2000)** et l'espèce est en expansion en Tunisie où environ 80 couples nichent régulièrement sur une dizaine de sites **(Isenmann *et al.*, 2005)**. Par contre au Maroc, le Fuligule nyroca est en danger ; il niche dans moins de quatre zones humides marocaines **(Thévenot *et al.*, 2003 ; El Agbani *et al.*, 2009)**. Les principales menaces connues qui pèsent sur cette espèce sont la dégradation et/ou la perte des habitats, le braconnage et la chasse. D'autres incluent la mortalité accidentelle, la pollution, les catastrophes naturelles (sécheresse), les changements dans la dynamique des espèces autochtones (compétition interspécifique), et les perturbations anthropiques **(Robinson, 2003).**

Le Fuligule nyroca figure parmi les espèces protégées en Algérie selon le décret n° 83-509 du 20 août 1983. Au XIXe siècle, l'espèce était connue sur trois sites : le Lac Fezzara où elle a niché en abondance, les marais de Zana et de Djendli **(in Isenmann et Moali, 2000)**. Ce canard plongeur est présent en tant que nicheur et hivernant dans les zones humides du littoral **(in Isenmann et Moali, 2000)** ainsi que dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja **(Metallaoui et Houhamdi, 2008).** Il a été signalé de manière irrégulière à l'Ouest et au Sud du pays, à Tamerna/Touggourt, à Ouargla et surtout à El Goléa où il niche avec de forts effectifs **(DGF, 2004 ; Boumezbeur *et al.*, 2005)**. Le Lac Tonga (Parc National d'El Kala) héberge les effectifs les plus élevés d'Algérie et d'Afrique du Nord avec plus de 700 couples en 2008 **(Lazli *et al.*, 2012)**. Parmi les plans d'eau du complexe de Guerbes-Sanhadja, Garaet Hadj-Tahar abritait 800 individus de Fuligule nyroca entre novembre et décembre 2006 **(Metallaoui et Houhamdi, 2010)**. Ce site joue un rôle majeur pour la reproduction et pour l'hivernage de cette espèce et aucune étude détaillée n'a y été menée.

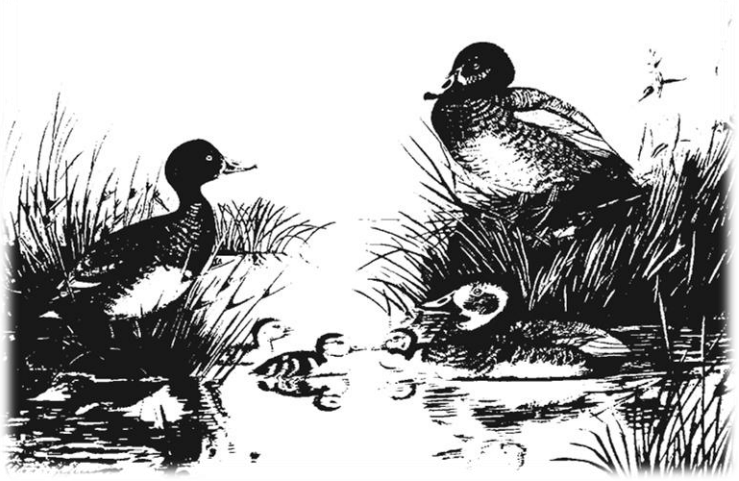
En Afrique du Nord, les travaux réalisés sur cette espèce sont ceux de **El Agbani (1997), El Agbani *et al.*, (2009), Rihane, (2012)** au Maroc ; **Azafzaf (2003)** en Tunisie et **Boumezbeur (1993), Houhamdi et Samraoui (2008) , Aissaoui *et al.* (2009, 2011), Lazli (2011), Lazli *et al.* (2012), Lardjane *et al.* (2013)** en Algérie.

Nous projetons dans la présente thèse d'étudier l'écologie du Fuligule nyroca qui hiverne et niche régulièrement dans le complexe de Guerbes-Sanhadja (Skikda) ainsi que la qualité de l'eau des principaux plans d'eau lacustres fréquentés, qui reçoivent en continu les eaux de ruissellement des pluies des monts de la Marssa, de Guerbes-Sanhadja et de Chetaïbi.

Dans ce contexte, le présent travail sera présenté en quatre chapitres. Le chapitre I rassemble des données bibliographiques sur les principales zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja. Le chapitre II décrit l'espèce. Le troisième chapitre donne un aperçu sur la caractérisation du biotope. Le chapitre IV décrit le matériel ainsi que les différentes méthodes utilisées pour la réalisation des dénombrements, l'étude du rythme des activités diurnes et de la reproduction du Fuligule nyroca. Un dernier chapitre illustre les résultats obtenus et leur discussion. Une conclusion générale clôture ce travail.

Chapitre 1

Description du site



1. Présentation générale du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja

La position géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse de zones humides **(Metallaoui, 2010).** La Numidie du Nord-Est algérien est divisée en deux grands complexes séparés par l'Oued Seybouse :

- La Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'El Kala, délimitée à l'Est par les frontières algéro-tunisiennes et par l'Oued Seybouse dans sa partie occidentale ayant comme limite septentrionale la Méditerranée et comme limite méridionale les collines de l'Atlas tellien **(Samraoui et De Belair, 1997)**. Cette région de l'Algérie renferme un grand nombre de sites humides exceptionnels possédant une grande diversité d'écosystèmes marins, lacustres et forestiers caractérisés par une richesse animale et végétale élevée. Ces zones humides s'étendent sur une superficie de 156 000 ha **(Houhamdi, 1998).**

- La Numidie occidentale représentée par le lac Fetzara et le complexe des zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja. Ce complexe est une grande plaine littorale d'une superficie de 42100 ha bordée à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaïbi. Le massif dunaire continental de la plaine de Gerbes-Sanhadja est le réservoir hydrique d'environ 40 hectomètres cubes, qui génère une multitude de dépressions et de vallées formant lacs et Garaet **(Joleaud, 1936)**, de quelques hectares de superficie à plusieurs dizaines d'hectares.

Le caractère remarquable de la flore et de la faune de cette région a pour origine la diversité géomorphologique et son emplacement en un carrefour bioclimatique, entrainant une richesse élevée de la biodiversité **(DGF, 2004).**

Dans le secteur Sud-Ouest, les altitudes sont les plus accentuées, la pente ne dépasse pas 25% sur les crêtes sommitales. Ce retombé jusqu'à la plaine de Guerbes présente des pentes moyennes et faibles qui s'annulent au niveau des vallées **(Metallaoui, 2010).**

Dans le secteur Sud-Est (région de Treat et Tobeïga), les altitudes ne dépassent pas 130 m en moyenne.

Au Nord-Est, les pentes demeurent toujours faibles (8% en moyenne) et le relief garde la même topographie avec des altitudes relativement modérées ne dépassant pas les 280m.

Les altitudes diminuent au fur et à mesure que l'on s'approche de la plaine de Guerbes et deviennent nulles au niveau des vallées d'Oued El-Kebir Ouest, Oued Magroun et les dépressions hydromorphes **(Metallaoui, 2010).**

Les monts de Sanhadja forment la terminaison orientale de Djebel Filfila et la limite Sud-Ouest du cordon dunaire. L'orientation de la ligne de crête est Nord-Ouest et Sud-Est. L'allure des courbes de niveaux sur les sommets est soit arrondie soit allongée (cas du Djebel Laharata 561m et koudiat Bourbis 312m) **(Metallaoui, 2010).**

Bien que ces montagnes ne soient pas trop élevées, le réseau hydrographique prend naissance au niveau des lignes de crêtes et profite des terrains tendres pour creuser de petits ravins et par conséquent, constitue des drains qui vont alimenter en aval les oueds et les dépressions. Les versants nord et Sud des monts de Sanhadja font leur jonction avec la plaine de Ben Azzouz en pente faible allant de 1 à 15% où s'établit graduellement un maquis relativement clair **(Metallaoui, 2010).**

Le cordon dunaire de Guerbes couvre la partie Ouest et constitue le siège d'une érosion éolienne intense. Du fait de sa situation entre les monts de Sanhadja au Sud-Ouest et les monts de Ras Lahdid au Nord-Est, cet ensemble prend une direction Nord-Est–Sud-Est **(Benderradji, 1988 ; 2000)**. L'altitude des sommets des dunes peut atteindre 104-105m entre Boukout Sisig et Merabet Ali. Les pentes varient entre 1 et 6 % sur l'ensemble dunaire. Le contact entre les dunes et la mer se fait par une rupture de pente moyenne au nord de Koudiat Safra et sur presque toute la frange du cordon dunaire de Guerbes. Les dunes situées plus à l'Est (dunes d'El Marsa) se raccordent en pentes très douces avec la mer. Dans le secteur Nord, les altitudes peuvent atteindre 110m avec des pentes abruptes, tandis qu'au Sud, le relief se singularise par sa douceur, son altitude ne dépasse pas 60m et les pentes sont faibles. Les dépressions situées au Nord (ex: Demnet Atoua) sont plus basses que celles situées au Sud (ex: Sidi Fritis) **(Metallaoui, 2010).**

Les points culminants de l'ensemble dunaire situés au Nord sont à des altitudes oscillant entre 50 et 110 m. Le contact dunes dépressions est vigoureux. L'aspect déprimé est apparent où s'installe Garaet Beni M'Hamed **(Metallaoui, 2010).**

1.1. Géologie, géomorphologie et type de sol

La plaine de Guerbes est formée de deux parties **(Benderradji, 2000)** l'une sableuse et l'autre argileuse.

1.1.1. La plaine sableuse

Elle est développée dans la partie Nord et Nord-Est et forme une barrière qui sépare les dunes de la vallée d'Oued El-Kebir à l'Ouest. Le revêtement demeure simple, puisque partout on distingue des dépôts superposés, de bas en haut. Des sables rouges peu argileux présentent des caractères d'hydro-morphologie fréquente, liés à la présence d'une couche d'argile qui empêche l'infiltration de l'eau et favorise ainsi une hydromorphie remontante **(*in* Metallaoui, 2010).**

1.1.2. La plaine argileuse

Allongée du Sud-Ouest au Sud-Est, la plaine argileuse de Ben Azzouz renferme une topographie plane, presque comme toutes les plaines côtières du bassin méditerranéen. Elle est drainée par l'Oued El-Kebir Ouest qui coule difficilement dans la vallée.

Les formations de la plaine sont composées essentiellement d'alluvions actuelles, à l'exception de la partie d'Ain Nechma où nous rencontrons des basses terrasses rharbiennes **(*in* Metallaoui, 2010).**

Les formations géologiques, essentiellement du Secondaire et du Tertiaire, caractérisent les montagnes, tandis que les vallées et les cordons dunaires sont surtout d'une formation superficielle du Quaternaire. Le Tell de la Kabylie prend fin à Annaba plus exactement avec le massif ancien de l'Edough. L'isolement de celui-ci semble lié à la flexure exprimant une faille probable de grande ampleur qui interrompt à l'Est les massifs de Filfila et Safia pour les remplacer par un ensellement où se sont accumulés les sables de Guerbes et les alluvions de l'Oued El-Kebir à l'Ouest. Nous trouvons dans ce massif tous les caractères des Kabylides : les vieux schistes, les roches éruptives, les grés éocènes et on ne trouve plus rien d'analogue, au-delà dans l'Est **(Joleaud, 1936)**.

Les travaux géologiques sur le Nord-Est algérien de Joleaud (1936), ainsi que la carte géologique de la Tunisie dressée en 1951 par Gastany affirment que les systèmes géologiques représentés dans l'extrême Nord-Est algérien sont constitués par des terrains du Secondaire (Crétacé), du Tertiaire (Nummulitique et Néogène) et le Quaternaire représenté par le Pliocène **(*in* Metallaoui, 2010).**

1.2. Hydrologie de la région

La région de Guerbes est caractérisée par un couvert végétal très dense. L'abondance des marécages et la nature géologique des formations lithostratigraphiques caractérisées par une forte perméabilité du sable font que cette région recèle un important gisement d'eau souterraine **(Metallaoui, 2010).**

Le système aquifère de Guerbes est la principale ressource pour la population de la région. Il est constitué de plusieurs nappes dont une nappe libre localisée au niveau des formations sableuses, surmontant une nappe profonde contenue dans les alluvions. Les deux nappes se confondent vers l'Ouest. Le principal réservoir se trouve dans les dunes qui reçoivent des précipitations très importantes. Les sources et la majorité des puits se trouvent à la périphérie. Ce massif dunaire est caractérisé par une forte infiltration qui atteint 300 mm par année **(Khemmar, 1981).** D'une manière générale, l'écoulement se répartit en trois zones principales :

- A l'Ouest, l'alimentation se fait à partir du massif de bordure (Djebel Safia et Sanhadja) et converge vers Garaet et Oued Dissia qui s'écoulent vers la mer au Nord.
- A l'Est, l'écoulement se fait au centre du massif dunaire de bordure vers Garaet Moussissi et l'Oued El-Kebir à l'Ouest.
- Dans la région de Dem El Begret l'écoulement se fait à partir du massif de bordure Djebel Safia vers Garaet Seberka.
- Dans la région de Ben Azzouz, les eaux viennent du massif de Boumaiza et du centre du massif dunaire et se dirige vers l'Oued El-Kebir.

2. Description des principales zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja

Le complexe de zones humides de Guebes-Sanhadja est situé entre une latitude de 36°45'-37°1' **N** et une longitude de 7°13'-7°30' **E** dans la partie Est de l'Algérie et renferme 31 sites humides **(Fig.1) (Samraoui et De Belair, 1997)** dont la plupart appartiennent à plusieurs catégories d'écosystèmes. Cependant, nous pouvons distinguer quatre types : les aulnaies ou nechâas, les étangs ou garaet, les lagunes et enfin les cours d'eau et les ripisylves. Les principaux seront décrits dans ce qui suit.

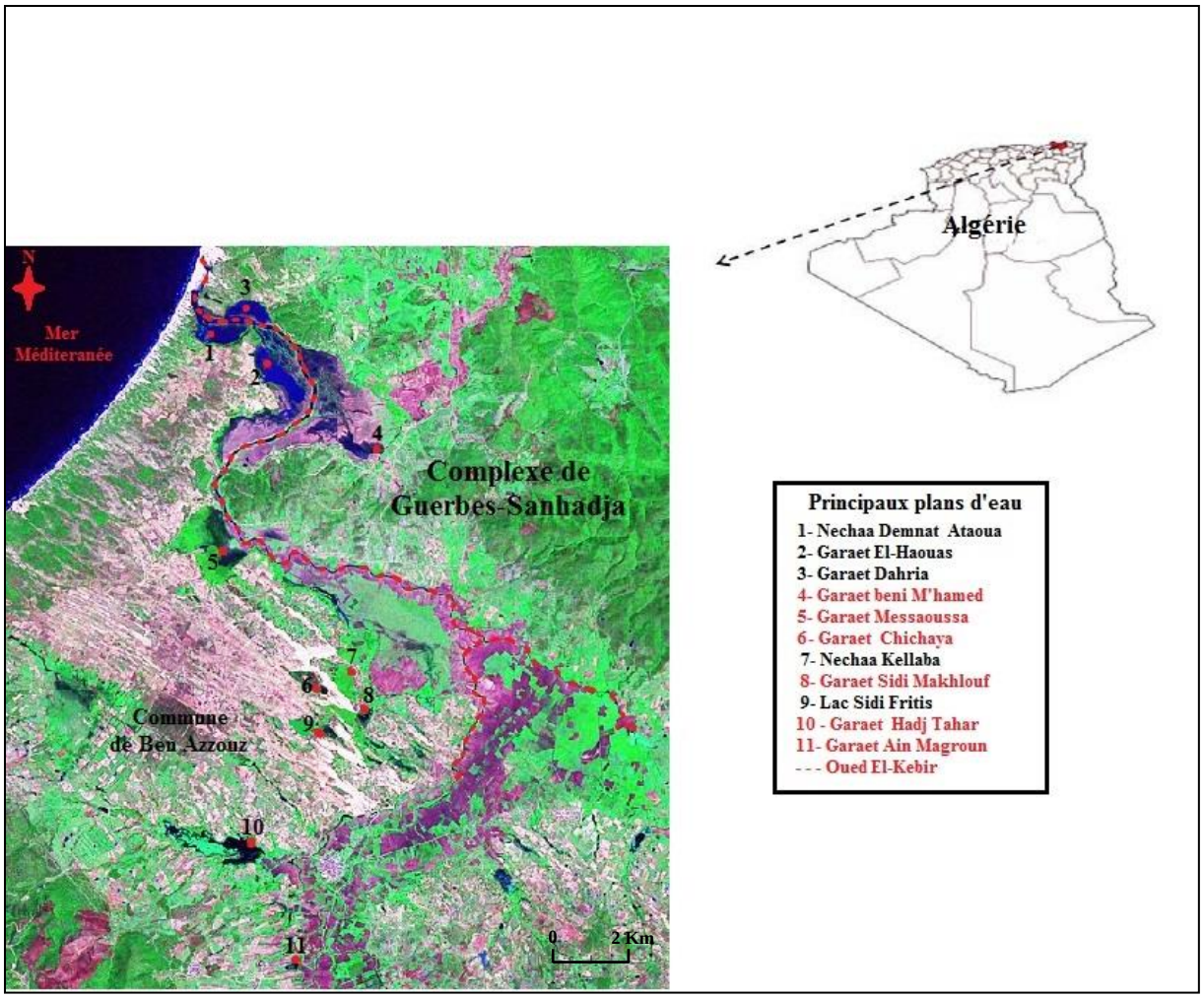


Figure 1 : Le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja (Skikda –Nord-Est Algérien).

2.1. Garaet Hadj Tahar (36°51'50'' N, 07°15'57' E)

Il s'agit d'un marais d'eau douce permanent qui couvre 112ha **(Fig.2) (Conservation des forêts de la wilaya de Skikda, 2004)**. Elle est située à une vingtaine de kilomètres de la Méditerranée et présente une forme ovale très allongée, entourée au Nord-Ouest par une colline d'argile et de grès, qui se lève graduellement à 200 m. A l'Est, on trouve les dunes et au Sud-Est la plaine alluviale de l'Oued El-Kebir. La dépression occupée par ce marais est orientée Nord-Ouest-Sud-Est. La plus grande partie est couverte d'eau durant la période pluvieuse. Elle peut rester ainsi tout au long de l'année malgré l'évaporation estivale et le pompage local intensif. Des travaux récents ont montré que Garaet Hadj Tahar et le Lac Tonga se singularisent en Numidie par leur abondance en ressources trophiques et plus particulièrement en gastéropodes (*Planorbis planorbis)*, ainsi que d'autres espèces **(Haouam,**

2003). Ces derniers jouent un rôle clé dans le succès de la reproduction des oiseaux d'eaux **(Perrins, 1974).**

Figure 2: Garaet Hadj Tahar (Photo prise par Merzoug SE.).

2.2 . Garaet Beni M'Hamed (36°57' N, 7°16' E)

Ce marais salé occupe une surface d'environ 380 ha **(Fig.3)** près de l'estuaire de l'Oued El-Kebir**.** Il est alimenté par l'inondation de cet Oued. Son sol est formé d'argile Numidienne. La végétation de la Garaet est peu diversifiée dans le plan d'eau où nous constatons des formations émergentes de *Chmaemelum praecox, Juncus acutus, Oenanthe fistulosa* dont le recouvrement peut atteindre 50%. La Garaet est entourée de *Tamarix gallica* et de forêts de Frênes *Fraxinus angustifolia* **(Samraoui et De Belair, 1997).** Les oiseaux d'eau qui fréquentent ce plan d'eau sont principalement le Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*), le Canard Siffleur (*Anas penelope),* le Canard Souchet *(Anas clypeata)* le Canard Pilet (*Anas acuta*), le Vanneau huppé (*Vanellus vanellus*), le Flamant rose (*Phoenicopterus* roseus), le Tadorne de Belon (*Tadorna tadorna),* la Spatule blanche (*Platalea leucorodia)* la Mouette rieuse (*Larus rudibundus)* et le Goéland leucophée (*Larus michahellis)* **(Metallaoui, 2010).**

Figure 3: Garaet Beni M'Hamed (Photo prise par Merzoug SE.).

2.3. Garaet Messaoussa (36°52'N ; 07°15'E)

Ce Lac d'eau douce **(Fig.4)** occupe une surface d'environ 300 ha et est entièrement boisé en aulnes glutineux bien portants, avec un sable mouvant et une présence d'eau en permanence. Le site est à quelques mètres de l'Oued El-Kebir et il est alimenté par ce dernier. Cette aulnaie est menacée par l'avancement des dunes de sable, dû au défrichement intense. Le Lac constitue un site de nidification des rapaces (buse variable, busard des roseaux, buse féroce) et des cigognes blanches **(DES, 2013).** Les oiseaux d'eau qui fréquentent ce plan d'eau sont principalement la Foulque macroule (*Fulica atra*), le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), le Canard sifleur (*Anas penelope*), le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*), le Héron cendré (*Ardea cinerea*), la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*), la Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*), l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*). **(Observations personnelles).**

Figure 4 : Garaet Massaoussa (Photo prise par Merzoug SE.).

2.4. Garaet Sidi Makhlouf (36°53'094 N, 7°18'248 E)

Elle occupe une superficie d'environ 50 ha **(Fig. 5).** Le substratum et la situation géomorphologique de la Garaet sont identiques à ceux de Garaet Chichaya. Toutes les deux constituent une unité simple, orientée du Nord-Ouest au Sud-Est vers la plaine alluviale. 102 espèces végétales sont dispersées entre les prairies humides, les prairies sèches, les marais et les sites à eau ouverte. Ce site accueille les mêmes espèces citées précédemment. Ses rivages évoluent vers une forêt de chêne liège. L'avifaune est remarquablement représentée par le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) qui se reproduit probablement quand le site ne s'assèche pas rapidement. La Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*) est une autre espèce qui se reproduit à Garaet Sidi Makhlouf. D'autres oiseaux aquatiques colonisent ce site dont le Fuligule milouin (*Aythya ferina*), la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*), la Cigogne blanche, le Busard des roseaux, la Foulque macroule, l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), le Héron garde-bœuf, le Héron cendré (*Ardea cinerea*), le Héron crabier (*Ardeola ralloides*) et le Grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*). Concernant la végétation, nous citons certains amphiphytes comme *Callitriche stagnalis, Lemna gibba, Lemna minor, Nymphea alba* recouvrant 25% de la superficie du plan d'eau, des renonculacées dont *Ranunculus baudotii, Ranunculus tricophyllus, Salvinia natans, Urticularia vulgaris, Wolffia arrhiza*. Le cortège floristique du site est constitué principalement d'*Alisma plantogo-aquatica, Apium nodiflorum, Iris pseudo-acorus*, de Juncacées, *Juncus capitatus, Juncus heterophyllus*, de Scirpes, *Scirpus cernuus* et

Scirpus lacustris. Une espèce rare de Neuroptera, *Lertha barbara* trouvée uniquement dans ce site de tout le complexe de Guerbes-Sanhadja **(Samraoui et De Belair, 1997).**

Figure 5 : Garaet Sidi Makhlouf (Photo prise par Merzoug SE.).

2.5. Garaet Chichaya (36°53'791 N, 7°18'230 E)

Ce marais occupe une surface d'environ 50 ha **(Fig.6)**, orienté Nord-Ouest-Sud-Est. Au Nord-Ouest, il est alimenté par les eaux dunaires souterraines et les dépressions ouvertes vers le Sud-Est, près de la plaine alluviale d'Oued El-Kebir. Il y a une continuité avec Garaet Sidi Makhlouf. Le substratum est constitué, en Nord-Ouest par le sable dunaire mélangé avec la tourbe. Ce sol est remplacé en Sud-Est par une boue argileuse de la plaine. Le Nord-Ouest est entièrement occupé par l'Aulne, et est plus ou moins fixé en dune. Au Sud-Est, le marais suit une petite pente vers l'eau libre, temporaire ou non, selon la pluviosité annuelle et la pression du pompage de l'eau. Plus de 50 espèces végétales ont été recensées, parmi lesquelles nous trouvons des hydrophytes comme *Ceratophyllum demersum, Lemna gibba, Myriophyllum spicatum, Polygonum senegalense, Potamogeton lucens* occupant plus de 75% du plan d'eau, une ptéridophyte rare, *Salvinia natans, Utricularia vulgaris* et *Wolffia arrhiza*. Parmi les hygrophytes, nous avons des Cyperacées *Cyperus longus,* des Juncacées, *Juncus acutus* et *Juncus subulatus.* Nous constatons d'autres émergences de *Galium palustre, Glyceria fluitans, Iris pseudoacorus,* de phragmites *Phragmites australis,* des Scirpes *Scirpus lacustris* et *Scirpus maritimus* et des Typhas *Typha angustifolia.* Des forêts d'Aulne glutineux recouvrent le sol à 50%. Nous rencontrons aussi des *Fraxinus angustifolia, Populus alba, Rubus ulmifolius,* et du *Tamarix gallica* **(Samraoui et De Belair, 1997).** Du point de vue

avifaunistique, ce site est principalement fréquenté par la Cigogne blanche, la Poule d'eau, le Busard des roseaux et la Foulque macroule.

Figure 6 : Garaet Chichaya (Photo prise par Merzoug SE.).

2.6. Garaet Sidi-Magroun (36°50'225 N, 7°16'943 E)

Ce site s'étend sur une surface d'environ 9 ha **(Fig.7).** Il appartient à une série de dépressions marécageuses qui disparaissent couramment, à l'exception de celle de Garaet Hadj Tahar. La Garaet est orientée Sud-Est–Nord-Ouest. Originellement, ces dépressions ont l'habitude de former une seule unité. Ce marais occupe une dépression au Sud d'un petit mont de 21 m d'altitude couvert de plantations d'oliviers. La végétation submergée est représentée par *Ranunculus baudotii.* Parmi les amphipytes, nous rencontrons les Alismacées comme *Alisma plontago aquatica, Alopercus bulbosus,* des Cypéracées représentées par *Cyperus longus, Oenanthefis tulosa, Polygonum lapathifolium, Rumex algeriensis, Rumex conglomeratus* et des Typhacées comme *Typha angustifolia* dont le recouvrement peut atteindre les 60%. Parmi les oiseaux d'eau présents dans la Garaet nous avons la Poule d'eau (*Gallinula chloropus),* la Foulque macroule (*Fulica atra*). Elle est aussi un site de reproduction pour le Canard Colvert (*Anas platyrhnchos)* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

Figure 7: Garaet Sidi Magroun (Photo prise par Merzoug SE.).

2.7. Garaet Boumaïza (36°49'155 N, 7°18’975 E)

C’est un marais temporaire, qui s’étend sur une surface d’environ 70 ha, maintenu par la pluviosité, les cours d’eau et les infiltrations des montagnes de Boumaïza, situées à la partie Nord–Nord-Est. La plaine occupée par ce marais est franchie par une dépression Sud-Est–Nord-Est vers Oued El-Kebir. Cette dépression était probablement tributaire d’un lit d’Oued. Le marais présente une végétation diversifiée. Les hydrophytes, recouvrant 50% du plan d’eau, sont représentées par *Callitriche stagnalis, Ceratophyllum demersum, Lemna minor,* des Renonculacées *(Ranunculus baudotii, Ranunculus trichophyllus,* des potamogeton (*Potamogeton nodosus, Potamogeton pectinatus*). Les amphipytes sont principalement représentées par *Alisma plantago aquatica* dont le recouvrement est de 50%, des Juncacées (*Juncus subnodulosus, Juncus subulatus),* des Cypéracées (*Cyperus longus),* des Scirpes (*Scirpus lacustrus, Scirpus maritimus)* des Typhacées (*Typha angustifolia*). Les oiseaux d’eau qui fréquentent le marais sont *Bubulcus ibis, Ciconia ciconia* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.8. Garaet Sidi Lakhdar (36°54’780 N, 7°12’055 E)

Ce site occupe une superficie d’environ 25 ha et est situé dans la prolongation des marais mentionnés plus haut (incluant Garaet Nouar Ezzouaoua) au Nord-Ouest, dans une dépression avec le même substrat. Bien que les eaux de Garaet Hadj Tahar coulent vers Oued El-Kebir, les eaux de ce site coulent vers la mer. Il est dominé au Sud-Ouest par Djebel El Foul, et à l’Ouest par Djebel Filfila, et au Nord-Ouest par des dunes dont l’altitude moyenne

est de 50 m. Parmi la végétation, nous rencontrons des hydrophytes comme *Callitriche stagnalis, Ceratophyllum demersum, Lemna minor, Lemna gibba, Potamogeton crispus.* Autour de la Garaet, nous avons des Alismacées (*Alisma plontago aquatica), Carex muricata, Cyperus longus).* Les Juncacées sont représentées par *Juncus conglomeratus* et *Juncus heterophyllus* dont le recouvrement peut aller jusqu'à 60%. Du point de vue avifaunistique, la Garaet de Sidi Lakhdar est fréquentée par les Hérons garde-bœufs (*Bubulcus ibis),* la Gallinule poule d'eau *(Gallinula chloropus)* et le Martin pêcheur (*Alcedo atthis)* **(Metallaoui, 2010).** Nous notons également la présence de Copépodes (*Copidodiaptomus numidicus, Macrocyclops albidus, Eucyclops serrulatus),* des Cladocères. Les poissons sont représentés par *Phoxinellus punicus* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.9. Garaet Haouas (36°58' N, 7°18' E)

Ce site occupe une surface d'environ 260 ha. Il est situé sur la rive gauche de l'Oued El-Kebir. Il s'étend entre les dunes de Guerbes du côté Ouest et les rives de Oued El-Kebir du côté Est. Le substratum est formé par le sédiment et le sable dunaire. La végétation submergée est dominée par (*Callitriche stagnalis, Potamogeton trichoïdes).* Les Alismacées sont représentées par (*Alisma plontago-aquatica)* dont le recouvrement total ne dépasse pas les 25%. Les amphiphytes sont représentées également par *Carex divisa, Iris pseudoacorus, Cyperus longus, Juncus tenageia, lejuncus bulbosus,* des Scirpes (*Scirpus lacustris, Scirpus maritimus)* et des Typhas (*Typha angustifolia)* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.10. Nechaa Demnat Ataoua (36°56' N, 7°14'780 E)

Ce site est remarquable pour ses aulnes et ses marais. Il occupe une surface d'environ 280 ha et est localisé à l'Ouest du mont de l'Edough du côté gauche d'Oued El-Kebir. Thomas (1975) est le seul scientifique qui a donné une petite description du site. L'aulnaie de Demnat Ataoua et le marais de Garaet Messaoussa adoptent en général la direction Nord-Ouest–Sud-Est. Demnat Ataoua est localisée sur des cours d'eau de la dépression dunaire. Le marais constitue une zone particulière d'aulnaie dans la plaine alluviale d'Oued El-Kebir. La texture du sol est sableuse dans le Nord-Ouest en raison des dépôts dunaire, et devient graduellement argileuse dans le Sud-Est à cause des dépôts alluviaux d'Oued El-Kebir. Ce marais alimenté par deux Oueds (Oued Ras El Ma et Oued El-Kebir) qui trouvent leurs sources à la base des dunes. Cinq espèces d'hydrophytes recouvrent le plan d'eau dont les plus importantes du point de vue recouvrement sont les *Callitriche stagnatile, Lemna minor, Potamogeton trichoïdes,* 38 espèces d'hydrophytes sont dominées par la famille des

Juncacées dont, *Juncus acutus, Juncus anceps, Juncus bufonius, Juncus bulbosus, Juncus conglomeratus, Juncus heterophyllus, Juncus maritimus, Juncus pygmaeus, Juncus subnodulous* et *Juncus* tenageia ainsi que des Typhas (*Typha angustifolia*) et des Scirpes (*Scirpus maritimus).* La végétation qui entoure la Nechaa est diversifiée, nous rencontrons le *Rubus ulmifolius, Alnus glutinosa* Le Busard des roseaux *(Circus aeruginosus)* est l'unique représentant de l'avifaune aquatique dans ce site **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.11. Nechaa Khellaba (36°5'516 N, 7°17'576 E)

Ce site s'étend sur une surface d'environ 75 ha. Il est presque constitué d'aulnes. Il est ouvert vers la plaine alluviale d'Oued El-Kebir. La Nechaa présente une largeur de 200 à 300 mètres et une longueur de 3 à 4 km. Ces aulnes sont alimentés par les petits courants d'eau d'Oued El-Kebir. Ce plan d'eau est pauvre en végétation aquatique qui se limite à *Callitriche stagnalis* dont le recouvrement varie de 0% à 60%. Par contre les amphiphytes sont mieux représentées et 16 espèces sont recensées parmi lesquelles, nous notons le *Lycopus europaeus, Lythrum junceum, Nasturium officinale, Polygunum lapathifolium, Ranunculus sceleratus, Rumex conglomeratus* et *Veronica anagallis aquatica.* Le climat et le substratum tourbeux de la plaine ont favorisé la formation de forêts d'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*). Le cortège floristique entourant ce site est formé également d*'Arum italicum, Rubia peregrina, Rubus ulmifolius* et de *Mentha suaveolens*. Trois espèces d'Ostracodes sont présentes dans ce plan d'eau à savoir *Candonopsis cf. kingsley*, *Cypria ophtalmica* et *Cypris bispinosa* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.12. Lac Sidi Fritis (36°53'975 N, 7°17'437 E)

Ce Lac occupe une surface d'environ 40 ha. Il est localisé dans une dépression inter-dunaire, orientée du Nord-Ouest au Sud-Est et est alimenté par les eaux souterraines dunaires au Nord-Ouest, et par plusieurs sources dunaires à l'Ouest et à l'Est. Il est composé de deux unités : une broussaille marécageuse d'environ 26 ha, située au Nord-Ouest et un petit Lac de 13 ha situé dans le Sud-Est. Il est souvent sec en été, à cause du pompage d'eau pour l'irrigation. Sa profondeur n'excède pas 1,5m. À l'Ouest, il est délimité par une dune dont la hauteur est de 57m et à l'Est par un pré sec localisé au pied d'une autre dune de 28 m de hauteur. Cette étendue d'eau présente une végétation très diversifiée recouvrant plus de 90% du Lac. Le cortège floristique du site est constitué principalement de *Callitriche stagnalis, Callitriche truncata, Ceratophyllum submersum, Chara sp, Myriophyllum alterniflorum, Nymphea alba, Ranunculus baudotii* et *Ranunculus hederaceus.* Dans le plan d'eau, nous

constatons des formations émergentes de *Cyperus flavescens, Cyperus fuscus, Cyperus longus, Iris pseudo-acorus,* des Juncacées comme *Juncus anceps, Juncus bufonius, Juncus bulbosus, Juncus heterophyllus Juncus maritimus, Juncus subnodulosus, Juncus subulatus et Juncus tenageia,* des phragmites *Phragmites australis,* des Renonculacées dont *Ranunculus flammula* et *Ranunculus ophioglossifolius,* des Scirpes représentées par *Scirpus cernuus.* La ceinture végétale qui entoure le Lac est formée principalement d'*Alnus glutinosa, Fraxinus angustifolia, Rubus ulmifolius, Salix alba,* et *Salix pedicillata* **(Samraoui et De Belair, 1997).** Du point de vue avifaunistique, nous notons la fréquentation de ce Lac par le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*), le Grèbe castagneux *(Tachybaptus ruficollis),* la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia)* et le Goéland leucophée (*Larus michahellis*) **(Metallaoui, 2010).**

2.13. Garaet Dissia (36°55'349N, 7°15'284E)

Ce marais de 1,5 hectares est situé à proximité de quelques étangs dispersés et utilisés pour l'irrigation. Ces mares se trouvaient à la base de l'ancienne dépression inter-dunaire et formaient un marais de plusieurs hectares dispersés. Les restes de ce marais sont caractérisés par des bosquets de Saules et des prairies de Bruyère. Le substratum est exclusivement sablonneux. Les dunes humides entourant l'eau sont composées de nombreuses Papilionacées et Graminées (38 espèces). Ce marais est utilisé par plusieurs espèces de Libellules *Orthetrum cancellatum* et *Orthetrum trinacria* qui fuient les habitats à végétation dense **(Menaï, 1993).** La végétation caractéristique de ce marais est illustrée par la présence de *Callitriche stagnalis, Myriophyllum alterniflorum, Nitella sp, Ranunculus baudotii, Cyperus longus, Juncus tenageia, Scirpus cernuus* et *Scirpus lacustris* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.14. Oued Maboun (36°50'345N, 7°17'313E)

Ce cours d'eau intermittent s'assèche de juillet jusqu'aux pluies automnales de septembre. De petits barrages utilisés pour l'irrigation ont conduit à la formation de mares temporaires durant l'hiver. Cet Oued est d'une orientation Nord-Sud et coule dans Oued El-Kebir au Nord-Est de Ben Azzouz. Le sol est par conséquent alluvial et héberge au total 57 espèces végétales dont *Callitriche stagnalis, Chara sp, Ranunculus baudotii, Alisma plantago aquatica, Carx divisa* et *Cyperus longus…*Six espèces de Libellules sont présentes parmi lesquelles *Ischnura graellsii, Orthetrum cancellatum* et *Crocothemis eryhtraea* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.15. Garaet la Marsadelle (37°00'815N, 7°15'637E)

Cette dépression inter-dunaire s'ouvre vers la mer. Elle a été précédemment visitée par Thomas (1975). Elle a une superficie de 10 hectares et est localisée au Sud de la Marsa. Elle fait partie du plus profond et de la plus grande partie de la rigole. Son exutoire vers la mer a été formé par des dépôts éoliens. Ce Lac est maintenu par les eaux souterraines et les cours d'eau. Elle est généralement drainée en août. Vingt-deux espèces végétales ont été recensées dans l'eau et les prairies humides dont *Ceratophyllum demersum, Lemna minor, Nymphea alba, Ranunculus baudotii, Cyperus longus* et *Scirpus lacustris* et *Juncus maritimus*. L'avifaune colonisant le plan d'eau se limite aux Grèbes castagneux, Hérons garde-bœufs et Aigrettes garzettes **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.16. Garaet Bordj du Cantonnier (36°52'168N, 7°22'760 E)

Bien que l'eau ouverte couvre le site durant l'hiver, le pompage d'eau a actuellement réduit son extension et la superficie totale ne dépasse pas 2 hectares. Nous rencontrons quelques hygrophytes et la richesse spécifique se limite à 21 espèces dont *Callitriche stagnalis, Myriophyllum verticillatum, Potamogeton nodosus, Ranunculus baudotii, Alisma plantago aquatica, Alopecurus bulbosus, Carex divisa, Cyperus longus, Glyceria fluitans, Juncus acutus, Juncus bufonius, Oenanthe fustilosa, Rumex conglomeratus, Scirpus lacustris, Bellis repens et Cotula coronopifolia.* Les oiseaux d'eau qui fréquentent ce site ne sont que quelques espèces tel le Grèbe castagneux et la Cigogne blanche **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.17. Garaet Tacha (36°51'979N, 7°23'587E)

Il s'agit d'un marais étroit de 0,5 hectares situé dans une petite vallée, alimenté par un ruisselet qui s'ouvre par intermittence vers l'Oued El Aneb. La sous-strate est constituée de schiste argileux comme les collines du Sud-Est. La Garaet est orientée Sud-Est-Nord-Ouest. Malgré sa petite superficie, le nombre d'espèces végétales recensées est de 33 espèces comme *Callitriche stagnalis, Ranunculus baudotii, Alisma plantago aquatica, Cyperus longus, Eleocharis palustris, Glyceria fluitans, Juncus anceps, Juncus tenageia, Scirpus lacustris* et *Scirpus maritimus.* Concernant l'avifaune aquatique, nous notons la présence du Héron cendré et de la Cigogne blanche **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.18. Garaet El Loughat (36°50'N, 7°17'E)

La Garaet couvre 38 hectares et est située dans une dépression, au pied d'une colline à schiste argileux et son orientation est Sud-Nord,. Elle est alimentée par un ruisselet qui coule dans la même direction. 35 espèces végétales ont été recensées dans la Garaet et aux alentours dans les prairies humides. On y trouve *Callitriche stagnalis, Lythrum hydropiper, Ranunculus baudotii, Agrostis semi-verticillata, Alopercus bulbosus, Apium nodiflorum, Carex divisa, Glyceria fliutans, Juncus bufonius, Rumex conglomeratus, Scirpus lacustris, Bellis annua, Bellis repens, Cotula coronopifolia, Medicago littoralis* et *Plantago coronopus.* Le dénombrement avifaunistique a révélé que ce site héberge une importante colonie de Cigogne blanche (13 nids) **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.19. Garaet Bechna (36°53'082N, 7°17'802 E)

Ce marais de 2 hectares dont le substratum est argilo-sablonneux, s'étend vers le Nord de Garaet Sidi Makhlouf dans une dépression dunaire. Sa végétation est dominée par *Isoetes velata* en plus de 20 autres espèces végétales comme *Eryngium barrelieri, Mentha pulegium, Panicum repens, Ranunculus sardous, Trifolium filiforme* et *Sherardia arvensis.* Du point de vue avifaunistique nous notons uniquement la présence de la Cigogne blanche **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.20. Garaet aux Linaires (36°52'N, 7°18'E)

Il s'agit d'un marais de 0,5 hectares localisé au Nord-Est à la base des dunes qui entourent Garaet Sidi Makhlouf. Ce site subit un pompage d'eau par les agriculteurs. Il est dominé par *Isoetes velata* ainsi que d'autres espèces telles que *Chara sp.*et *Echinodorus ranuculoides* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.21. Garaet Bouina (36°53'490N, 7°17'574E)

Ce site de 25 hectares est orienté Nord-Ouest-Sud-Est et est situé dans une dépression dunaire. Il a probablement été dans le passé en contact avec la plaque alluviale localisée au Nord-Ouest de Garaet Chichaya. La sous strate est formée de sable et de tourbe au Sud-Est et d'argile au Nord-Ouest. 72 espèces végétales ont été recensées dans le marais ainsi que les prairies humides qui l'entourent. Nous notons à titre d'exemple *Nymphea alba, Alisma plantago-aquatica, Apium crassipes, Carex divisa, Carex muricata, Juncus acutus, Juncus bufonius, Juncus Juncus effusus, Juncus maritimus, Juncus tenageia, Scirpus lacustris, Typha*

angustifolia, Fraxinus angustifolia, Pistacia lentiscus et *Rubus ulmifolius.* Le Héron garde bœuf, le Canard Souchet (*Anas clypeata*), le Fuligule nyroca (*Aythyanyroca*) et le Canard Colvert (*Anas platyrhnchos*) se reproduisent sur ce site **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.22. Garaet Nouar Ezzouaoua (36°54'188N, 7°12'463 E)

Ce plan d'eau de 13 hectares est situé au Sud-Est de Garaet Sidi Lakhdar dans la même dépression Numidienne. Ce marais est réduit à 3 mares (trous) artificielles utilisées pour l'irrigation et une comme cours d'eau. Ces mares et les prairies humides qui l'entourent hébergent 21 espèces végétales dont *Callitriche stagnalis, Ranunculus baudotii, Alisma plantago aquatica, Alopercus bulbosus, Carex divisa, Juncus maritimus, Oenanthe fistulosa, Crataegus oxyacantha Pistacia lentiscus* dont le recouvrement peut atteindre 75% et *Mentha pulegium* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.23. Garaet Ain Nechma (36°48'837N, 7°16'728 E)

Garaet Ain Nechma est un ensemble de mares et de marais dont la superficie atteint 18 hectares. Dans le passé, elle était tributaire de l'Oued Maboun, située dans la plaine alluviale au Sud de Ben Azzouz. Elle est alimentée par de nombreux ruisselets ainsi que par les débordements de l'Oued. Le plan d'eau et les prairies humides abritent en totalité 35 espèces végétales nous citons *Callitriche stagnalis, Alisma plantago aquatica, Alopercus bulbosus, Carex divisa, Cyperus longus, Eleocharis palustris, Glyceria fluitans, Juncus acuta, Scirpus lacustris, Scirpus maritimus, Pistacia lentiscus, Populus alba* et *Tamarix gallica* **(Samraoui et De Belair, 1997).** L'avifaune aquatique est représentée par le Busard des roseaux, la Foulque macroule, le Grèbe castagneux, le Héron garde bœuf et le Fuligule nyroca **(Metallaoui, 2010).**

2.24. Garaet aux Oliviers (36°50'N, 7°18'E)

Il s'agit d'un marais de 2 hectares localisé à l'Est de Garaet Hadj Tahar. Ce plan d'eau en faisait partie avant la construction de la route qui relie Ben Azzouz à Azzaba. Le substratum est formé d'alluvions. 23 espèces végétales ont été inventoriées telles que : *Callitriche stagnalis, Ranunculus baudotii* **(Metallaoui, 2010)**, *Ricciocarpus natans, Alisma plantago aquatica, Alopercus bulbosus, Apium nodiflorum, Carex flacca, Cyperus longus, Glyceria fluitans, Ranunculus ophiglossifolius, Rumex conglomeratus, Ranunculus macrophyllus* et *Ranunculus sardous* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.25. Lagune d'Oued El-Kebir (36°59'N, 7°16 E)

Cette lagune de 1 ha occupe le site d'un ancien méandre d'Oued El-Kebir. L'alcalinité du sol limite le nombre d'espèces végétales à 10 dont les principales sont *Juncus acutus, Juncus maritimus, Phragmites australis,* et *Paspalum distichum* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.26. Les rives de l'Oued El-Kebir

L'Oued El-Kebir s'étend dans de nombreux méandres. Il coule sur plus de 20 km pour couvrir une distance réelle de 12 km dans la direction Sud-Est-Nord-Ouest entre Ben Azzouz et la mer. Cela permet le développement de forêts riveraines qui peuvent être denses. 52 espèces végétales ont été recensées. *Myriophyllum verticillatum, Nitella sp, Potamogeton lucens, Ranunculus baudotii, Alisma plantago aquatica, Carex divisa, Cyperus longus, Eleocharis palustris, Juncus acutus, Juncus bufonius Lycopus europaeus* et *Rumex conglomeratus.* Parmi l'avifaune aquatique qui fréquente ce site, figurent le Grèbe castagneux et l'Aigrette garzette **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.27. Garaet El Guelb (36°53' 206 N, 7°18'538 E)

C'est une dépression marécageuse de 15 hectares dans la vallée d'Oued Esseghir. Nous notons la présence de quelques espèces végétales comme *Callitriche stagnalis, Alisma plantago aquatica, Alopercus bulbosus, Anagallis crassifolia* et C*yperus longus* mais le site est dominé par le *Scirpus lacustris*. Sur le plan avifaunistique, nous trouvons le Grèbe castagneux, le Héron cendré, le Héron garde-bœuf, la Cigogne blanche et la Foulque macroule. Cette Garaet est un site de reproduction pour plusieurs espèces d'oiseaux **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.28. Garaet Ouajaa (36° 53' 192 N, 7° 18' 963 E)

Il s'agit d'une autre dépression marécageuse située dans le Nord-Ouest de Oued Esseghir. Dans le plan d'eau, nous notons un recouvrement avec *Callitriche stagnalis, Potamogeton lucens, Salvinia natans,* et *Nymphaea alba.* L'avifaune aquatique comprend le Grèbe castagneux, le Héron cendré, le Héron garde-bœuf. C'est un site de reproduction du Fuligule nyroca et de la Poule sultane **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.29. Garaet El Azla (36° 59’ 477 N, 7° 19’541 E)

C’est une mare temporaire de 0,5 hectares située dans le lac de la Marsadelle, remarquable par la présence d’une espèce endémique de poisson *Phoxinellus punicus.* Le couvert végétal d’amphiphytes est dominé par *Callitriche stagnalis, Lemna gibba* et *Ranunculus baudotii*. Les oiseaux d’eau qui fréquentent ce site sont le Grèbe castagneux et le Héron garde bœuf **(Samraoui et De Belair, 1997).**

2.30. Garaet Emiflor (36° 54’ N, 7° 12’ E)

C’est une mare artificielle de 0,01 hectares qui a progressivement été colonisée par une végétation aquatique. Nous notons la présence de *Glyceria fluitans, Schoenus nigricans, Carex vulpina* et *Poa trivialis* **(Samraoui et De Belair, 1997).**

3. Etude climatique

Le climat est sans doute le facteur du milieu le plus important qui a une influence directe sur le régime des cours d’eau **(Soltner, 1999)** et sur les populations animales **(Thomas, 1976)** et végétales **(Samraoui et De Belair, 1997).**

Les données climatiques de la région de Skikda **(Tab.1)** sont recueillies auprès de la station météorologique de Skikda et s’étalent sur seize ans (1997 à 2013).

Tableau 1 : Données climatiques de la wilaya de Skikda (1997- 2013)

	Température (°C)			Précipitation (mm)	Humidité (%)	Vitesse du vent Moy
	T° Min	T° Max	T° Moy			
Janvier	8,91	16,92	12,70	119	71,8	3,4
Février	9,50	16,76	13,69	96,7	68,8	3,5
Mars	11,11	18,41	15,35	65,3	67,7	3,5
Avril	12	21,57	17,35	52,2	68,3	3,1
Mai	16,68	24,07	20,63	46,3	69,7	2,8
Juin	19,32	26,83	23,36	13,01	68,1	2,9
Juillet	21,72	27,34	24,62	1,1	68,2	3,1
Aout	22,11	29,36	25,72	9,4	67,4	2,9
Septembre	20,09	26,74	23,1	52	69,3	2,9
Octobre	17,10	25,06	20,99	63,7	67,7	3,2
Novembre	12,74	20,62	16,48	103,8	69,6	3,7
Décembre	10,07	16,58	14,08	119,5	69,07	4,1

3.1. La Température

Elle constitue un facteur essentiel ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est fonction de l'altitude, de la distance de la mer, des saisons **(Ozenda, 1982)** et de la topographie **(Toubal, 1986).**

A partir des données du tableau I, nous constatons que le mois le plus froid est le mois de janvier avec une température minimale 8,91 °C et le mois le plus chaud est le mois d'août avec une température maximale 29,36 °C.

3.2. La pluviométrie

C'est un facteur climatique essentiel conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau **(Bedouh, 2014).** Selon Seltzer (1946), les pluies qui tombent en Algérie sont pour la plupart influencées par le relief. La tranche annuelle augmente dans une région donnée avec l'altitude.

D'après ces données, les précipitations annuelles dans la région de Skikda sont de 742,35 mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec 119,5 mm et le mois le plus sec c'est le mois de juillet avec des précipitations qui ne dépassent pas 1,1 mm.

3.3. L'humidité

L'humidité est élevée et pratiquement constante tout au long de l'année. Elle atteint son maximum au cours du mois de janvier (71,8%) et son minimum avec 67,4% pendant le mois d'août. Ceci est probablement dû aux formations marécageuses et lacustres de la région, sa proximité de la mer et à sa couverture forestière importante.

3.4. Le vent

La région de Skikda est très exposée aux vents. La vitesse maximale moyenne des vents qui y soufflent est enregistrée durant le mois de décembre avec une valeur de 4,1 m/s.

4. Synthèse climatique

4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnlous et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnlous et Gaussen **(Fig. 8)** permet de mettre en évidence la période sèche de la zone d'étude. Il est tracé avec deux axes d'ordonnées où les

valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures **(Bagnouls et Gaussen, 1957).**

La Numidie Occidentale est connue pour sa saison humide avec une pluviosité abondante durant l'hiver et une sécheresse durant l'été. La saison sèche s'étend sur cinq mois (mai à septembre).

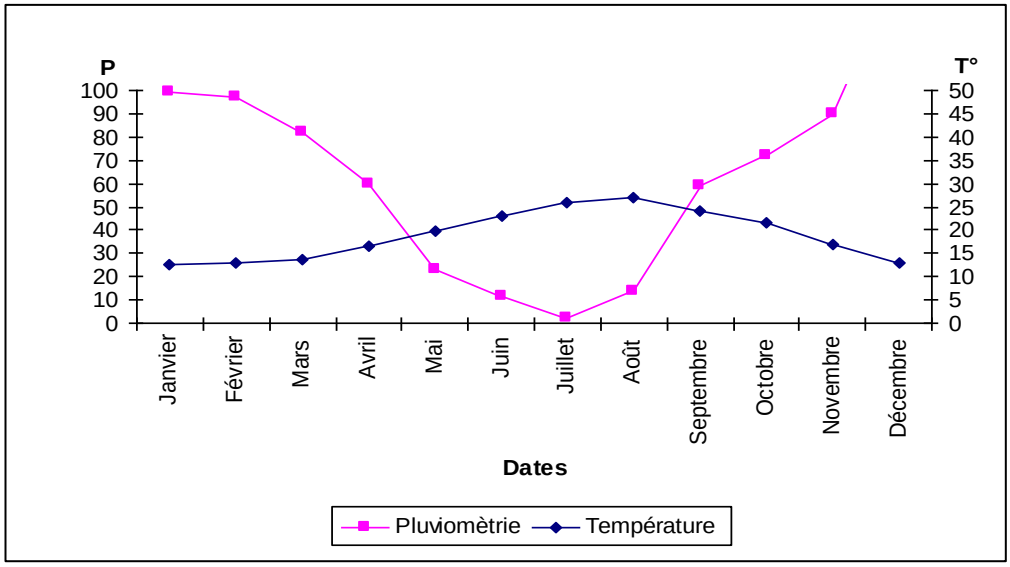


Figure 8 : Diagramme pluviométrique de Bagnlous et Gaussen.

4.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne **(Emberger, 1955).** Il se base sur le régime des précipitations et des températures et s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1\,000\ P}{\frac{M + m}{2}\ (M - m)}$$

- **Q** : quotient pluviométrique d'Emberger
- **P** = Précipitations annuelles moyennes (mm)
- **M** = Températures des maxima du mois le plus chaud (°K).
- **m** = Températures des minima du mois le plus froid (°K).

Les températures sont exprimées en degrés absolus [T°K = T°C + 273.2]

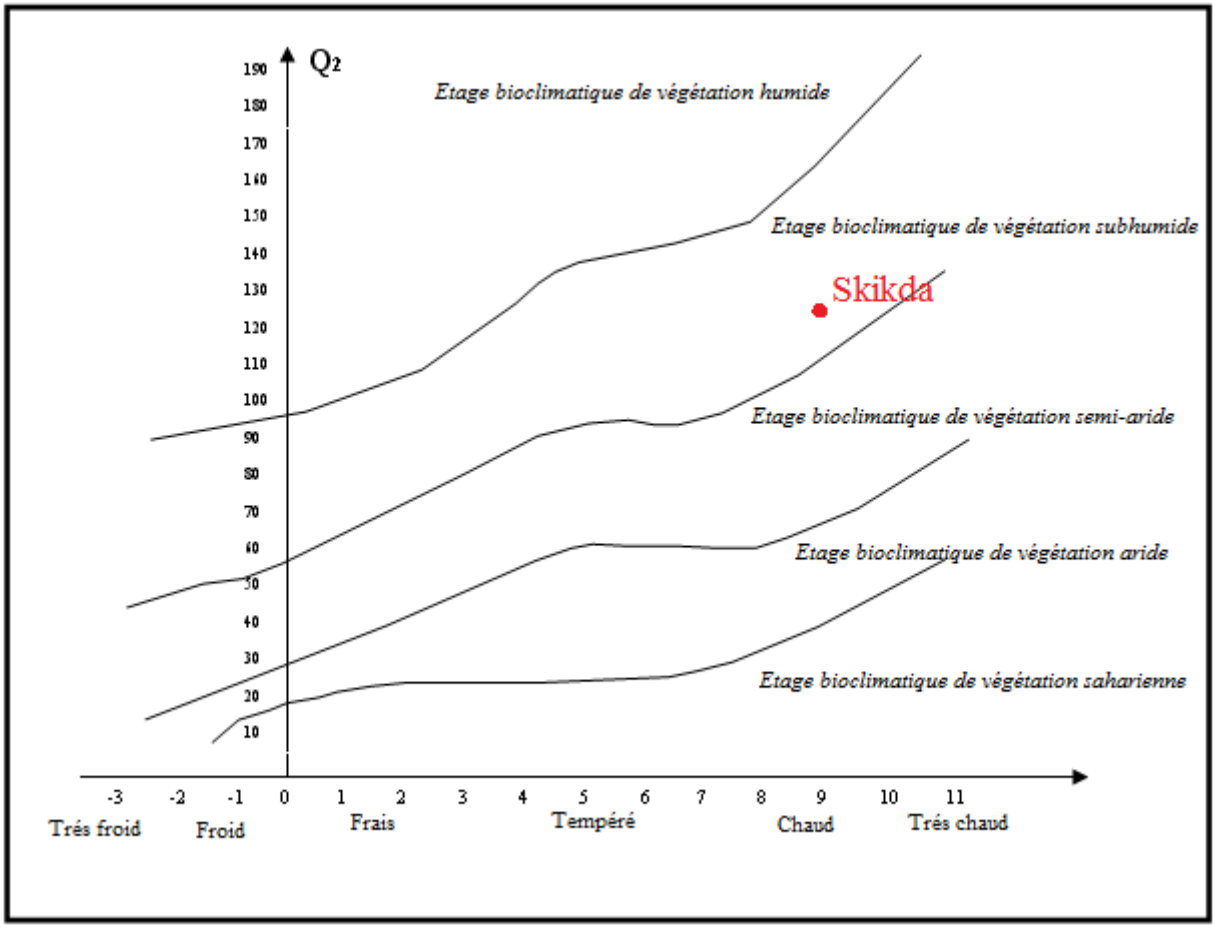


Figure 9 : Climagramme d'Emberger de la wilaya de Skikda (1997-2013).

Le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger donne la valeur 124,17 ce qui indique que le complexe de Guerbes-Sanhadja appartient à l'étage bioclimatique de végétation subhumide et à hiver chaud **(Fig.9).**

5. Cadre biotique

5.1. La flore

La biodiversité du complexe de Guerbes –Sanhadja se caractérise par une très grande richesse floristique, qui est estimée à 89 espèces appartenant à 43 familles **(Samraoui et De Belair, 1997).**

Les familles les plus représentées sont les Poacées, les Cyperacées, les Apiacées et les Renonculacées. Trois espèces sont considérées comme rares : *Salvinia natans*, *Alternanthera sessilis* et *Lippia nodiflora*.

5.2. L'avifaune

Le diagnostic écologique d'une zone humide passe nécessairement par celui de son avifaune, un des critères qui a permis le classement du complexe de Guerbes-Sanhadja en zone humide d'importance internationale sur la Liste Ramsar. L'avifaune de Guerbès est composée de 186 espèces réparties dans 40 familles : 27 familles de non Passériformes et 13 familles de Passériformes. Ce nombre représente presque la moitié de la richesse totale de l'Algérie (408 espèces) en oiseaux. Parmi les 186 espèces, 58 sont sédentaires et peuvent donc se rencontrer au cours des différentes saisons dans les habitats auxquels elles sont habituellement attachées. 101 espèces se reproduisent dans la région de Guerbes-Sanhadja, 90 sont hivernantes et 88 empruntent les milieux de cette vaste plaine au cours de leurs passages et haltes migratoires **(Atoussi, 2014).**

Quant à la richesse avifaunistique au niveau de Garaet Hadj Tahar, elle est estimée à 52 espèces appartenant à 15 familles **(Metallaoui et Houhamdi, 2008) (Annexe 1).** Il est important de signaler que de nouvelles espèces sont observées dans la Gareat Hadj Tahar pour la première fois comme le Fuligule milouinan *Aythya marila* **(Metallaoui et Houhamdi, 2008)**, la Nette rousse *Netta rufina* **(Metallaoui et Merzoug, 2009).**

Ce complexe est un lieu de nidification d'espèces rares comme le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* **(Metallaoui *et al.*, 2009)** et la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*.

5.3. L'entomofaune

Aucune étude n'a été faite sur l'entomofaune du complexe de Guerbes-Sanhadja mise à part les inventaires effectués dans Gareat Hadj Tahar en 1997 par Samraoui et De Bélair et en 2008 par Baaloudj qui ont montré que le site abrite 19 espèces d'Odonates **(Tab.2)** appartenant à quatre familles : les Lestidae, les Coenagrionidae, les Libellulidae et les Aeshnidae.

Tableau 2 : Checklist des espèces Odonates de Garaet Hadj Tahar (Baaloudj, 2008)

Famille des Lestidae	**Famille des Coenagrionidae**
Lestes barbarus *Lestes virens* *Lestes viridis*	*Coenagrion scitulum* *Ischnura graellsii*
Famille des Libellulidae	**Famille des Aeshnidae**
Acisoma panorpoides *Brachythemis leucosticta* *Crocothemis erythraea* *Diplacodes lefebverii* *Orthetrum anceps* *Sympetrum meridionale* *Sympetrum sanguineum* *Sympetrum striolatum* *Trithemis annulata* *Trithemis arteriosa*	*Aeshna affinis* *Aeshna mixta* *Anax imperator* *Anax parthenope*

6. Menaces agissant sur les caractéristiques écologiques de l'éco-complexe

6.1. Le pâturage

La région d'étude est très connue comme une zone d'élevage particulièrement pour les ovins et bovins qui pâturent la végétation autour des berges des Lacs. Les troupeaux pénètrent aussi à l'intérieur des plans d'eau ayant pour effet un grand dérangement des populations d'oiseaux d'eau et causent surtout la destruction des nids **(Fig. 10).**

De plus, ces zones humides favorisent, en hiver et en printemps, l'érosion éolienne (plus de 49 000 bovins et ovins en pâturage extensif) pouvant affecter 42% de la zone **(DGF, 2002).**

Figure 10 : Passage d'un troupeau de bovins (Photo prise par Merzoug SE.)

6.2. L'agriculture

Les terrains agricoles qui entourent les Lacs sont utilisés pour la culture maraichère qui est très réputée dans la région dès le mois d'avril. Ces cultures nécessitent beaucoup d'eau, ce qui impose l'installation de pompes pour les irriguer **(Fig. 11).** Le bruit causé par ces moteurs dérange les espèces nicheuses surtout le Fuligule nyroca et l'Erismature à tête blanche. De plus, la période d'irrigation correspond à la saison sèche ce qui abaisse le niveau d'eau dans les Garaets.

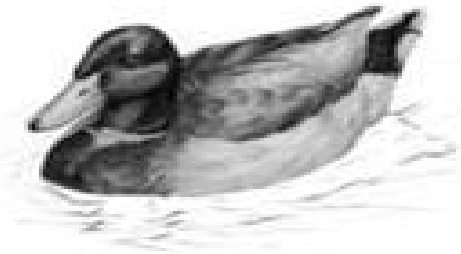
Figure 11 : L'agriculture dans le complexe de Guerbes-Sanhadja (Photo prise par Merzoug SE.)

6.3. La chasse

La diversité avifaunestique des différentes zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja attire de nombreux chasseurs et braconniers pendant et hors saison de chasse, particulièrement, Garaet Beni M'Hamed, Hadj Tahar et Messaoussa. Ainsi, des coups de fusils ont été entendus durant nos sorties principalement pendant les week-ends. Le Colvert et la Foulque sont les espèces les plus concernées par la chasse mais les dommages peuvent affecter le Fuligule nyroca et l'Erismature à tête blanche, espèces protégées quoique la chasse en Algérie soit réglementée par la loi 83-10.

Chapitre II

Biologie de nyroca



1. Description de l'espèce

Le Fuligule nyroca est un canard plongeur de couleur générale brun acajou, bien que le dos soit de teinte plus sombre **(Fig.12)**. La femelle adulte est plus brune et plus terne que le mâle qui est brun chaud avec des reflets roussâtres. Les deux sexes ont le ventre blanc. De blanc chez cette espèce, on note également les sous-caudales qui se détachent bien du reste du corps à distance, mais aussi les barres alaires larges, bien visibles quand l'espèce est en vol. La zone blanche est alors à peu près identique en surface au brun de l'aile. Le mâle adulte possède un œil blanc (iris) ; celui de la femelle est brun noir. Le bec plutôt fin et droit est de couleur grise, avec un court onglet noir à son extrémité **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

Les jeunes de première année sont semblables à la femelle, bien que plus ternes encore. Le blanc des sous-caudales et du ventre est aussi moins pur, plus « sale ». La proportion de blanc sur l'aile est identique à celle des oiseaux adultes **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

La mue postnuptiale des adultes est complète, celle des femelles étant un peu plus tardive que celle des mâles. Les adultes effectuent également une mue partielle prénuptiale. Les jeunes ont une mue post-juvénile, mais, comme beaucoup de canards, d'importance et de durée très variables **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

Les vocalisations du Fuligule nyroca sont limitées, Les femelles font entendre un « kèrr-kèrr-kèrr ;… » sec, roulé, bourdonnant et résonnant de façon caractéristique, les mâles émettant « vih-viu » pendant la parade nuptiale et un cri rude et nasillard en staccato « tik-tik-tik,… » **(Mullarney *et al.*, 2007).**

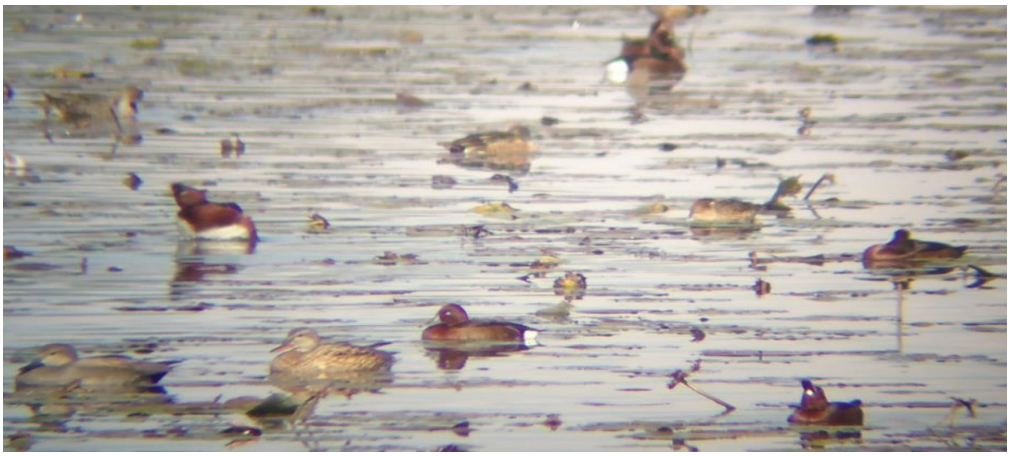


Figure 12 : Fuligule nyroca à Garaet Hadj Tahar (Photo prise par Merzoug SE.)

1.1. Taxonomie et caractéristiques

Prenant comme nom scientifique « *Aythya nyroca* » (Güldenstädt, 1770), ce canard plongeur appartient à :

- **Ordre** : *Ansériformes*
- **Famille** : *Anatidae*
- **Genre** : *Aythya*
- **Espèce** : *nyroca*

Le Fuligule nyroca se caractérise par ce qui suit **(Fig.13) (Potiez, 2004)** :

Longueur : 38 à 42 cm

Envergure : 63 à 67 cm

Poids : 670 à 800g selon le sexe.

Maturité sexuelle : 1 an

Longévité maximale : 8 ans

Période de reproduction : mi- mars

Taille du territoire : sociable, quelque m^2

Nombre de pontes : 1

Nombre d'œufs par ponte : 7 et 10 œufs

Incubation : 25-28 jours

Séjour au nid : nidifuge

Emancipation : 55 jours à l'envol

Régime alimentaire : Graines des plantes aquatiques, crustacés, mollusques.

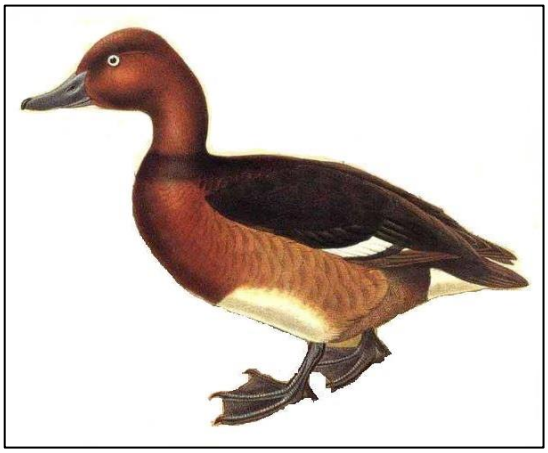


Figure 13 : Photo descriptive du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* (Collin et Le - Dantec, 2002).

2. Difficultés d'identification (similitudes)

Le Fuligule nyroca, et notablement les femelles et les jeunes oiseaux, ressemble à d'autres espèces de fuligules. La femelle de Fuligule morillon *A. fuligula* est similaire, mais de plumage plus brun foncé, moins roux. De plus elle possède une petite huppe à l'arrière du crâne (mais pas toujours) et son bec plus large, plus rond au bout, possède une pointe largement noire. L'iris est brun noir chez la femelle (ambre chez le jeune). Toutefois certaines femelles possèdent des sous-caudales blanches, comme chez le nyroca, ce qui accentue la confusion. La femelle de Fuligule milouin *A. ferina* est plus corpulente, mais de silhouette assez voisine. Elle est surtout nettement brun gris, et l'œil est sombre **(Reeber, 2002).**

La réelle confusion vient des hybrides, nombreux dans le genre *Aythya*, et singulièrement entre nyroca et milouin (mais aussi entre milouin et morillon en plumage femelle). Certains oiseaux sont phénotypiquement très proches du Fuligule nyroca et doivent être observés attentivement. On finit alors toujours par retrouver des éléments particuliers aux deux espèces incriminées **(Reeber, 2002).**

3. Répartition géographique du Fuligule nyroca

3.1. Au plan mondial

Le Fuligule nyroca se reproduit principalement de la Pologne, de l'Italie et des Balkans à l'Ouest jusqu'en Sibérie centrale. Plus à l'Est (Mongolie et Chine occidentales) sa reproduction, si elle est connue, n'est pas quantifiée précisément. Au Nord, il atteint la Lituanie, au Sud, l'Iran. Ailleurs, sa répartition est fragmentée. Il niche sporadiquement au Maroc, en Espagne, occasionnellement en France, en Allemagne ; plus régulièrement en Italie, en Autriche, en république Tchèque, en Algérie ou encore en Arabie Saoudite **(Fig.14) (Robinson et Hughes, 2003).**

L'hivernage du Fuligule nyroca se déroule sur la ceinture méditerranéenne et en Afrique tropicale à l'Ouest, et sur les grandes zones humides d'Asie occidentale et centrale à l'Est. Les oiseaux européens hivernent principalement en Afrique du Nord et en Afrique de l'Ouest **(Fig.14) (Robinson et Hughes, 2003).**

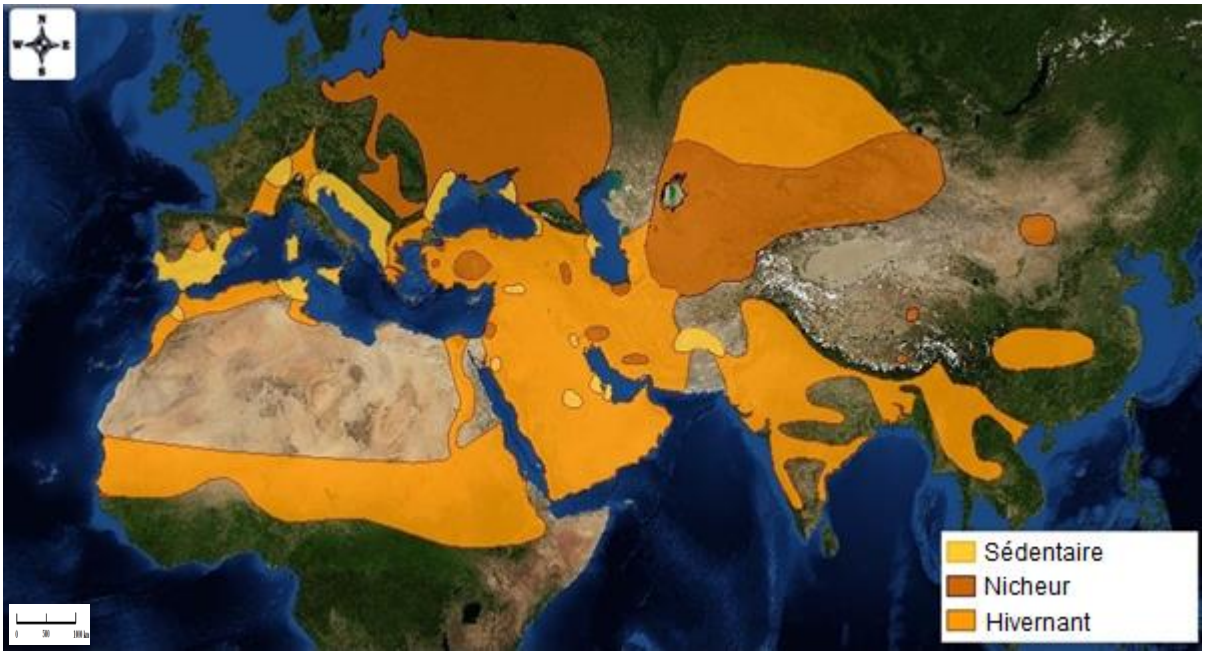


Figure 14 : Répartition géographique du Fuligule nyroca (BirdLife International and Nature Serve, 2013).

3.2. En Algérie

Le Fuligule nyroca est une espèce estivante nicheuse dans la majorité des zones humides du Nord-Est Algérien **(Chalabi, 1990; Samraoui et De Blair, 1997)** présentant un statut de sédentaire **(Houhamdi, 2002 ; Houhamdi et Samraoui, 2002).**

Selon Mullarney et al. (2007), le Fuligule nyroca est une espèce monotypique. Au XIX siècle, l'espèce était connue du Lac Fetzara, où elle a niché en masse, dans les marais de Zana et de Djendjeli **(Heim De Balsac et Mayaud, 1962).** Sa nidification a été confirmée surtout au Lac Tonga (550-600 couples) **(Boumezbeur, 1993).** Cette espèce est connue comme hivernante d'une manière régulière autour d'El Kala, irrégulière dans l'Oranais, en faible nombre à Réghaia et avec 3 individus à Boughzoul et comme migratrice entre octobre-novembre/début décembre et de mars à mi-mai. Plusieurs observations sahariennes ont été effectuées à El Goléa, Tamerna/Touggourt et Ouargla **(in Isenmann et Moali, 2000).**

La majorité des nicheurs algériens hivernent au Sud du Sahara où une moyenne de 4 000 individus a été trouvée hivernante entre 1983 à 1987 dans le Delta intérieur du Niger au Mali **(Roux et Jarry, 1984 ; Rose et Pirot, 1990).** Au Lac Tonga, très peu d'oiseaux sont observés entre décembre et janvier (généralement moins de 20 individus), l'arrivée des nicheurs ayant lieu entre mi-février au début mars **(Boumezbeur, 1993).**

4. Habitat

Sur ses quartiers de reproduction, le Fuligule nyroca niche sur des étangs et lagunes de faible profondeur, ceinturés d'une riche végétation paludicole, de même qu'avec une végétation flottante fournie (notamment des nénuphars) **(Metallaoui, 2010).**

Dans l'Est de son aire de répartition (en Asie centrale), l'espèce se rencontre également sur des milieux aquatiques saumâtres, voire salés, notamment sur les lagunes et Lacs steppiques. Dans l'Ouest, en revanche, il peut nicher sur des milieux plus ou moins artificialisés comme les étangs de pisciculture. Il fréquente également les milieux aquatiques assez fermés, riches en roselières, les canaux encombrés de végétation, ressemblant ainsi dans ses choix, aux grèbes *Podiceps sp.* et *Tachybaptus sp.* **(Metallaoui, 2010).**

En hiver, l'espèce fréquente volontiers les grands plans d'eau, les Lacs de barrages, les réservoirs, voire même des mers intérieures ou des eaux côtières. En Afrique, il recherche les grands marais, les zones deltaïques intérieures, les marais d'eau douce côtiers **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

En Algérie l'espèce affectionne les vastes pièces d'eau peu profondes, riches en végétation submergée et/ou flottante et bordées d'émergents (Phragmites) **(Metallaoui, 2010).**

5. Biologie et écologie

5.1. Alimentation

L'espèce est omnivore et son alimentation est variable mais l'analyse des contenus stomacaux a révélé la prédominance des graines et d'autres parties des plantes aquatiques telles que : *Potamogeton sp*, *Carex sp*, *Ceratophyllum*, *Hydrocharis*, *Polygonum*, *Bolboschoenus maritimus*, *Echinochloa*, *Nymphaea alba*, *Chara*, et *Lemna* **(Cramp et Simmons, 1977).** Pour ce qui est de proies animales, on trouve de petit poissons, des têtards et des grenouilles dont la taille ne dépasse pas 3 centimètres de long, des Annélides, des mollusques et des crustacés, ainsi que des insectes, surtout des libellules (*Libellula*, *Agrion*), des punaises d'eau, des *Phryganeidae*, et des scarabées d'eau. La recherche alimentaire peut être effectuée sur les abords des zones humides ou dans l'eau. Elle est assurée par des méthodes différentes selon la profondeur de l'eau soit en nageant pour se nourrir en surface, soit en nageant avec la tête submergée, soit en se basculant le corps ou en plongeant.

L'alimentation est effectuée principalement dans les eaux peu profondes comprises entre 1 – 3 mètres, du littoral riche en végétation. En Hongrie, elle se fait dans les eaux naturelles, les étangs artificiels, et les rizières ayant des profondeurs de 20 – 70 centimètre principalement et même jusqu'à 1, 6 m. Le plongeon dure un temps variable de 40 – 50 secondes, probablement moins de manière générale. Cette activité est observée principalement le soir et le matin **(Cramp et Simmons, 1977).**

5.2. La reproduction

Les couples, monogames, se forment plutôt tardivement, à partir du mois de janvier. Dès avril, les mâles entament leurs parades autour des femelles, cou tendu au ras de l'eau, puis rejetant leur tête en arrière, un peu comme le Garrot à œil d'or *Bucephala clangula* **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

Le nid est en général bâti sur la végétation flottante, sur des îlots ou encore sur la berge bien végétalisée, pourvu que l'accès à l'eau soit immédiat. Il est constitué de débris végétaux, typhas, phragmites, laîches et autres végétaux aquatiques et garni à l'intérieur de duvet. La ponte, en général de huit à dix œufs, est déposée entre mi-mai et fin juin. Les oeufs sont de couleur crème roussâtre et incubés par la femelle pendant 25 à 28 jours. A la naissance, les poussins au duvet brun foncé, quittent le nid rapidement et suivent la femelle pendant près de deux mois avant de s'envoler.

Le succès de reproduction n'est pas connu. L'âge de la première reproduction intervient à un an. La longévité maximale est 8 ans **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

5.3. Comportement

Le comportement diurne de ces canards plongeurs est dominé par un repos diurne dans l'eau qui rappelle le caractère nycthéméral de l'espèce dans les zones humides du bassin méditerranéen **(Houhamdi et Samraoui, 2008).**

Le Fuligule nyroca est actif principalement en soirée et dans la matinée. Dans la journée, il dort sur des bancs émergés ou directement sur l'eau. Il est assez solitaire et très discret. Il aime se nourrir au sein de la végétation palustre ou à proximité immédiate, ce qui le fait souvent passer inaperçu et ne fait qu'accentuer sa grande discrétion **(Potiez, 2004).**

Sur les sites protégés, le nyroca niche souvent en petites colonies, les nicheurs sont dispersés sur des sites situés plus en retrait et isolés des autres espèces. On le trouve en couples ou en petits groupes sur des Lacs ou des marais d'eau douce **(Potiez, 2004).**

De grands rassemblements ont lieu seulement à la fin de la mue postnuptiale et au début de la migration ; ils excédent rarement quelques centaines d'individus **(Madge et Burn, 1988)**. Selon Cramp et Simmons (1977), il est souvent moins grégaire que les autres *Aythya* du Paléarctique.

5.4. Statut juridique de l'espèce

Espèce protégée (arrêté modifié du 17/04/81), inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux, à l'annexe III de la Convention de Berne, aux annexes I et II de la Convention de Bonn, à l'annexe III de la Convention de Washington, à l'Annexe A du règlement CEE/CITES (Convention on International Trade of Endangered Species) et listée en catégorie A1a et A1c (population Ouest Méditerranée/Nord- Ouest Afrique) et A1a et A3c (population Est Europe/Est Méditerranée/Afrique Sahélienne) de l'AEWA (**The African-Eurasian Migratory Waterbird Agreement) (MEEDDAT - MNHN, 2009).**

5.5. Etat des populations et tendances d'évolution des effectifs

Le statut de conservation du Fuligule nyroca est défavorable au niveau mondial. Depuis 2000, il a été classé comme « Quasi-Menacé » et figure sur la Liste Rouge de l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), c'est-à-dire parmi les espèces menacées à plus ou moins long terme si leur déclin se poursuit **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

Son déclin semble assez important en Europe. Il a été estimé à 30% en dix ans, ce qui a lui valut son statut d'espèce « vulnérable », le même qu'en 1994. Mais une telle diminution reste discutée **(Robinson et Callaghan, 2003).** L'assèchement artificiel des zones humides, leur drainage, mais plus généralement les conditions climatiques plus sèches sont en grande partie à l'origine de cette réduction **(MEEDDAT - MNHN, 2009).**

5.6. La migration

La migration postnuptiale se déroule de septembre à novembre. Contrairement aux autres canards plongeurs européens, de nombreux Fuligules nyroca vont passer l'hiver en Afrique. Les principales zones d'hivernage sont situées de l'Est de l'Afrique (Soudan et Éthiopie) à l'Ouest jusqu'au Sénégal et parfois jusqu'au Kenya au Sud. Il n'est observé

qu'irrégulièrement sur la côte atlantique africaine. Il hiverne aussi mais en plus petit nombre dans les plaines proches des Mers Noire et Caspienne, sur les côtes de la Méditerranée, sur le Nil, dans le Golfe persique, dans le Nord de l'Inde, en Birmanie septentrionale et en Chine méridionale. Son hivernage dans le Nord-Ouest européen est accidentel. De rares individus sont signalés en France durant l'hiver, surtout dans la moitié est de. Toutefois, 6 individus furent observés dans le Sud du Finistère lors de la vague de froid de janvier 1985. La migration prénuptiale a lieu en mars-avril. Sa zone de nidification se situe principalement en Europe orientale, parfois en des endroits très localisés : depuis le Sud de l'ex- U.R.S.S (*Union des républiques socialistes soviétiques)* jusqu'en Chine (Sinkiang et Nord du Szechwan) et en Mongolie occidentale **(Fig. 15)**.

Il niche aussi en petit nombre en Libye, Turquie, Iran, Afghanistan et Cachemire. Il a aussi niché dans plusieurs pays méditerranéens mais de manière sporadique (Maroc, Algérie).

En Europe occidentale, il existe de petits groupes nicheurs éparpillés en Pologne, Allemagne orientale, ex- Tchécoslovaquie et Hongrie. La Roumanie est l'un des derniers pays de l'Europe occidentale où l'effectif nicheur semble encore abondant. Nicheur dans le passé dans la Dombes, il n'y a plus actuellement de nidification française **(Potiez, 2004).**

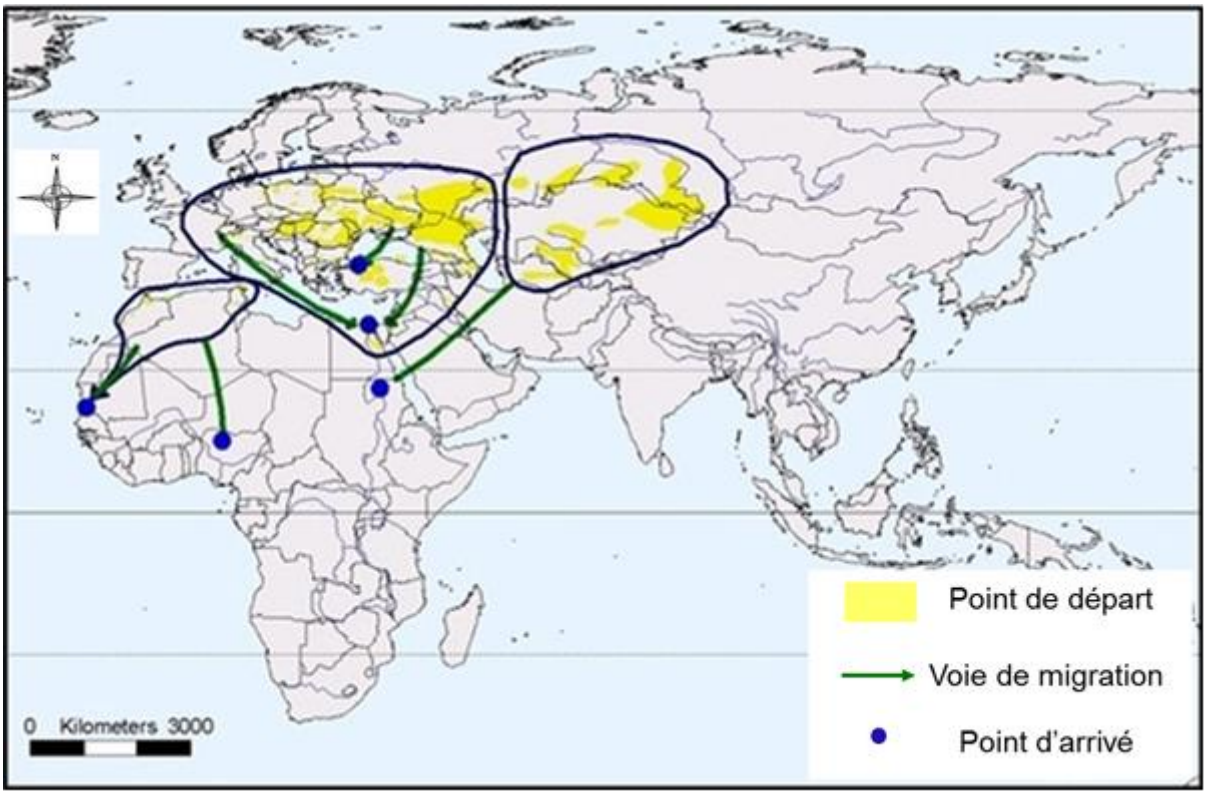


Figure 15 : Les voies de migration du Fuligule nyroca (Jonsson, 1994).

Chapitre III

Caractérisation du biotope des zones humides de Guerbes-Sanhadja

La détermination de la structure et de la composition d'un écosystème aquatique ainsi que la description des micro-niches écologiques et des micro-habitats à haut potentiel d'accueil des oiseaux d'eau sont souvent de bons paramètres indicateurs de l'état de santé d'un milieu et de tout le biotope **(Delarras, 2007).** Pour ces hydrosystèmes, ceci peut être estimé à travers l'étude de la qualité de son eau. Cette évaluation de la qualité des eaux de surface se base aussi bien sur la mesure des paramètres physico-chimiques que sur des analyses microbiologiques telle que, le nombre total des microorganismes, le dénombrement et la recherche des germes par les tests de contamination fécale ainsi que la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes.

1. Échantillonnage

La distribution des micro-organismes et des éléments chimiques dans les eaux superficielles n'est pas homogène. Elle a été décrite comme étant aléatoire ou propagative (distribution en amas ou en agrégats) **(Lightfoot, 2002).** L'échantillon destiné à l'analyse est le plus souvent prélevé de façon à représenter exhaustivement le milieu d'où il provient. La concentration étant supposée être la même dans le milieu d'origine et dans l'échantillon **(Rodier *et al.*, 1996).**

1.1. Matériel d'échantillonnage

Pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination, il faut utiliser, de préférence, des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à visse métallique **(Rodier *et al.*, 1996)** d'une contenance égale à 250 ml, stérilisés soit à l'autoclave (120 °C) durant 15 minutes, soit au four Pasteur (170 °C) durant 1 heure **(Rodier *et al.*, 2009).**

Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination **(Rejsek, 2002; Rodier *et al.*, 2009)** . Il est recommandé d'apposer une étiquette permettant d'inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement **(Rodier et *al.*, 1996).** Les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment de l'analyse de l'échantillon. Une fois l'échantillon prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse **(Gharsallah, 2005)**.

1.2. Mode de prélèvement

Nos prélèvements ont été effectués au niveau des eaux de quelques zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja. Une étude précise sur les courants, les marais, les volumes, les types et les emplacements des rejets ainsi que sur les vents dominants aideront à déterminer les lieux d'échantillonnage. Le prélèvement des échantillons a été effectué manuellement au niveau des points de prélèvements fixes en utilisant des flacons stériles de 250 ml. Rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, les flacons sont ouverts sous l'eau, goulot dirigé à contre-courant, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport **(Rodier *et al.*, 1996).** Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon **(Lightfoot, 2002; Chaouch, 2007).**

1.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés avant les prélèvements et que, les étiquettes doivent être lisibles et indétachables. Sur ces dernières, on doit noter avec précision la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales **(Lightfoot, 2002).**

1.4. Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon ou la surcroissance des micro-organismes intérieurement. Ceci peut être assuré en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière ainsi que de la température ambiante grâce à l'usage d'une glacière. Généralement les échantillons sont conservés à une température inférieure ou égale à 4°C **(Raymond, 1977; Mayat, 1994)**.

2. Caractéristiques des points de prélèvement

Pour mieux évaluer la qualité bactériologique et physico-chimique *in situ* des eaux de principales zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja, nous avons choisi deux points de prélèvements pour chaque plan d'eau détaillés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques des points de prélèvement.

Stations		Coordonnées géographiques			Distance	Profondeur
		X	Y	Z		
Beni M'Hamed	**1**	36°57'35,94'' N	7°17'07,65'' E	2 m	30 m	25 cm
	2	36°57'35,17'' N	7°16'56,95'' E	3 m	24 m	27 cm
Messaoussa	**3**	36°56'20,09'' N	7°5'27,49'' E	3m	59 m	33 cm
	4	36°56'35,23'' N	7°15'26,47'' E	4 m	12 m	42 cm
Chichaya	**5**	36°53'48,34'' N	7°18'08,87'' E	10 m	1,5 m	110 cm
	6	36°53'47,82'' N	7°18'12 ,18'' E	11 m	10 m	70 cm
Sidi Makhlouf	**7**	36°53'06,45'' N	7°18° 18,67'' E	14 m	3 m	105 cm
	8	36°53'03,88'' N	7°18' 20,02'' E	14 m	7 m	87 cm
Hadj Tahar	**9**	36°51'46,23'' N	7°15'25,65'' E	13 m	8 m	69 cm
	10	36°51'42,09'' N	7° 15'52,18'' E	11 m	13 m	73 cm
Sidi Magroun	**11**	36°50'15,01'' N	7° 16'50,02'' E	19 m	4.5 m	59 cm
	12	36°50'15,50'' N	7° 16'56,96'' E	18 m	3 m	71cm

3. Nature et période de prélèvement

Nous nous sommes intéressés à la détermination de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de six Garaets **(Tab. 4).**

La totalité de nos analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyse microbiologique de la station de traitement des eaux potable de Hammam Debagh, et au niveau du laboratoire de microbiologie de la Faculté de SNV et STU/ Université du 08 Mai 1945 de Guelma.

Tableau 4 : Nature et période du prélèvement.

Nature du prélèvement	Périodes des prélèvements	Type d'analyses effectuées
Eau	Hiver 2013 Printemps 2013 Eté 2013 Automne 2013	Physico-chimique *in situ* et Bactériologique

4. Mesure *in situ*

Pour chaque prélèvement d'échantillons, des mesures *in situ* ont été effectuées afin de déterminer les caractéristiques de l'environnement des points de prélèvements, telles que la température, le pH, la conductivité, l'O_2 dissous.

4.1. La température

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine **(Leclerc, 1996).** La mesure de ce paramètre est effectuée sur le terrain en utilisant un thermomètre ou un multi paramètres. La lecture se fait après une immersion de 10 minutes **(Rodier *et al.*, 1996; Boukrouma, 2008).**

4.2. Le pH

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de "pH" est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions hydrogène présents. Le pH peut être déterminé par diverses méthodes d'analyses, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre **(Tab. 5) (Rodier *et al.*, 1996).**

Tableau 5 : Classification des eaux d'après leur pH (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

pH	Nature de l'eau
pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

4.3. La conductivité électrique

L'eau pure est peu conductrice du courant électrique car elle ne contient que très peu de particules chargées électriquement (ions), susceptibles de se déplacer dans un champ électrique. L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre (µS/cm). Elle traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température **(Rodier *et al.*, 1996).** La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous.

Sa mesure consiste à plonger la sonde dans le milieu à analyser tout en la remuant légèrement et avec soin et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, les sondes à l'eau déminéralisée doivent être rincées **(Agrigon, 2000).**

4.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre très important pour les analyses des eaux, il est depuis très longtemps mesuré par des méthodes chimiques. Actuellement les sondes sont équipées d'électrodes à oxygène. Il est exprimé en mg/ l. Comme c'est le cas pour tous les gaz atmosphériques, la solubilité ou la saturation de l'oxygène varie avec la température, la pression et la salinité **(Loup, 1974 ; Amino et Chausspied, 1983 ; Gérard, 2006).**

5. L'analyse bactériologique

Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes:

- Origine purement aquatique ;
- Origine terrestre ;
- Origine animale ou humaine : ce sont des germes de contamination, le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est voisine de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique **(Sayad, 2008)**.

5.1. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

Les indicateurs de contamination fécale permettent d'apprécier, avec plus ou moins de sûreté ou de précocité, le risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des microorganismes pathogènes **(Rodier *et al.*, 2009)**.

5.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C **(Carbonelle *et al.*, 1998 ; Camille, 2003)**.

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* **(Roux, 2003)**. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de ces derniers témoigne habituellement une contamination d'origine fécale **(Carbonelle *et al.*, 1998 ; Camille, 2003 ; Archibald, 2003)**.

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température voisine de 42 °C ± 2°C **(Bourgeois et Leveau, 1980 ; Denis *et al.*, 2007)**.

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés être disséminés dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (lois de Poisson qui détermine la probabilité d'apparition aléatoire des évènements rares) **(Rejsek, 2002)**.

Cette technique se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes ;
- Le test confirmatif : Réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E. coli* **(Lebres, 2002 ; Chaouch, 2007 ; Labres et Mouffok, 2008).**

a- Test de présomption

Il est effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol à simple concentration (BCPL S/C). Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu **(Mouffok, 2001; Lebres, 2002)**. Avant

d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulles d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats **(Joffin et Joffin, 1999).**

A partir de l'eau à analyser, il faut préparer de manière aseptisée :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10ème de la hauteur de la cloche) ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites **(Labres et Mouffok, 2008)**. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP **(Annexe 2).**

b- Test de confirmation (test de Mac Kenzie)

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain Marie à 44°C pendant 24 heures **(Labres et Mouffok, 2008)**.

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux et ;
- Un anneau rouge en surface, témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44 °C, pendant 24 heures **(Labres et Mouffok, 2008)**. Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par 100 ml d'eau analysé **(Labres et Mouffok, 2008)**.

5.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (*Enterococcus*)

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe «D» de la classification de Lancefield, sont considérés, d'une manière globale, comme étant des témoins de pollution fécale **(Mouffok, 2001)**, du fait qu'ils ont tous un habitat fécal **(Rodier *et al.*, 2009).**

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche présomptive des streptocoques ;
- Le test confirmatif : Réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption **(Chaouch, 2007).**

a- Test de présomption

La recherche se fait en bouillon Rothe S/C (Bouillon à l'azide de sodium simple concentration) **(Mouffok, 2001 ; Bricha *et al.*, 2007).** A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures **(Labres et Mouffok, 2008)**. Seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien.

b- Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption **(Lebres, 2002 ; Roux, 2003).**

Après agitation des tubes positifs, prélever sur chacun d'eux successivement 3 oses bouclés (de 3 mm de diamètre) ou quelques gouttes par une pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium **(Rodier *et al.*, 2009).** Bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures **(Lebres, 2002).** Seront considérés positifs les tubes présentant :

– Un trouble dû au développement bactérien ;
– Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube **(Lebres, 2002)**. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette **(Rodier *et al.*, 2009).**

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe 2 **(Lebres, 2002).**

5.1.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (*Clostridium*)

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente **(Rodier *et al.*, 2009).**

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds. A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75°C pendant 15 minutes, afin de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température ;
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet. Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube ;

- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 47 °C ± 1°C, additionnée de leurs additifs spécifiques ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène ;
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 36 °C ± 2°C, pendant 44 ± 4 heures, dans le cas de la gélose Viande Foie **(Labres et Mouffok, 2008)**.

La première lecture doit être absolument faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2}. La deuxième lecture se fera à 24 heures. Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser **(Labres et Mouffok, 2008).**

5.2. Recherche des germes pathogènes

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme **(Rodier *et al.*, 2009).**

5.2.1. Recherche de *Salmonella*

Les *Salmonella* se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes **(Pechère *et al.*, 1982; Carbonelle *et al.*, 1988; Labres et Mouffok, 2008)**.

- **Mode opératoire**

La recherche des *Salmonella* par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes : Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen. Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile ;

- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Déposer ensuite 250 ml, 500 ml ou plus selon disponibilité jusqu'à 1 voire 5 litres d'eau à analyser, devant un bec Bunsen ;
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile puis la placer dans un flacon contenant le milieu Eau Peptonée Tamponnée ;
- Bien mélanger le filtre dans le milieu, puis incuber ce dernier à 36 °C ± 2°C pendant 20 ± 2 heures. Cette étape représente l'enrichissement.
- Après l'incubation, procéder à l'isolement sur milieu Hektoen à incuber à 36 °C ± 2°C pendant 20 ± 2 heures **(Delarras, 2007.)**

- **Lecture et interprétation**

- Repérer les colonies caractéristiques.
- Faire une identification biochimique.
- Si nécessaire faire une identification antigénique basée essentiellement sur l'agglutination à l'aide des sérums de groupe OMA et OMB ou bien s'adresser à un laboratoire compétent en vue d'une confirmation **(Merzoug, 2010).**

5.2.2. Recherche de *Shigella*

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, en ne faisant partie d'aucune de sa flore commensale, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif **(Berche *et al*., 1988)** ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que pour peu de temps **(Pechère *et al*., 1982; Carbonelle *et al*., 1988).**

- **Conditions de culture**
  - **Milieux de culture utilisés**

Sur gélose ordinaire en 24 heures à 37°C, *Shigella* produit des colonies de taille moyenne (2 à 3 mm de diamètre), rondes, régulières et brillantes. Pour chercher du *Shigella*, à partir de l'échantillon mère on prélève 0,1 ml et on l'étale sur la surface des géloses Hektoen, SS et Mac Conkey par la méthode des quatre quadrants. L'incubation se fait à 35 – 37 °C pendant 18 - 24 heures.

- **Caractère biochimique**

Il se détermine par une galerie classique ou miniaturisée pour *Enterobacteriaceae* avec laquelle elles se différencient par un ensemble de caractères négatifs **(Tab.6).**

Tableau 6 : Caractères d'identification biochimique de *Shigella* (Sayad, 2008).

Milieu	Tests	*Shigella*
TSI	Glucose	+
	Lactose	-
	Saccharose	-
	H_2S	-
	Gaz	-
Mannitol – mobilité	Mobilité	-
Urée – indole	Uréase	-
	TDA	-
Citrate de Simmons	Citrate	-

5.2.3. Recherche de *Vibrio* cholérique

On entend par *Vibrionacae*, des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram négatifs droits ou incurvés (BGN), hautement pathogènes **(Pechère *et al*., 1982 ; Pilet *et al*., 1987; Labres et Mouffok, 2008).** Elles sont responsables d'une maladie pestilentielle à tropisme digestif, qui se développe par pandémies **(Berche *et al*., 1988).**

- **Mode opératoire**

Premier jour : Enrichissement primaire

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois contenant au préalable 50 ml de milieu, auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à 36 ± 2°C pendant 20 ± 4 heures.

Deuxième jour : Enrichissement secondaire et isolement

Après incubation, le flacon constituant l'enrichissement primaire fera l'objet d'un isolement sur gélose GNAB 1. L'incubation se fait à 36 ± 2°C pendant 20 ± 4 heures.

Troisième jour : Lecture des boites et identification

La boite de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques.

- **Identification morphologique et biochimique**

Les colonies sont très fines sur la gélose nutritive et jaunâtre sur la gélose hyperalcaline **(Patrick *et al*., 1988).** L'identification morphologique et biochimique se fait suite à :

- Observation à état frais (bacilles, mobilité) et après une coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Oxydase (+) ;
- Ensemencement sur un tube de TSI qui sera incubé à 37°C, 24 heures ;
- Ensemencement sur un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 36 ± 2°C pendant 20 ± 4 heures. qui servira à l'agglutination sur lame ;
- Faire une mini-galerie biochimique basée sur l'étude des acides aminés afin de différencier les *Vibrions*, des *Pleisiomonas* et des *Aéromonas*selon **(Tab.7) (Labres et Mouffok, 2008).**

Tableau 7: Différences majeures entre les *Vibrio, Pleisiomonas* et *Aeromonas* (Labres et Mouffok, 2008).

	LDC	ODC	ADH
Vibrio	+	+	-
Aeromonas	-	-	+
Pleisiomonas	+	+	+

5.2.4. Recherche des *Staphylococcus* à coagulase positive dans les eaux

On entend par staphylocoques à coagulase positive, les bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, possédant l'enzyme catalase et la coagulase **(Pechère *et al*., 1982; Carbonelle *et al*., 1988 ; Labres et Mouffok, 2008).** L'espèce type de ce genre est *Staphylococcus aureus*. Elle est pathogène et la plus redoutée.

- **Mode opératoire**

La recherche des Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen. Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, à la surface d'une plaque de gélose Chapman au mannitol préalablement préparée ;
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36 ± 2°C pendant 44 ± 4 heures.

- **Lecture et interprétation**

Après la période d'incubation spécifiée, les Staphylocoques à coagulase positive, en particulier *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc **(Labres et Mouffok, 2008; Pechère *et al*., 1982).**

5.2.5. Recherche des *Pseudomonas*

On entend par *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie hautement pathogène et résistante à plusieurs antibiotiques. C'est une bactérie lactose négative, autrement dit dépourvue d'enzymes dégradant le lactose **(Pechère *et al*., 1982 ; Pilet *et al*., 1987 ; Labres et Mouffok, 2008).**

- **Culture**

Une reconnaissance préliminaire au laboratoire permet d'identifier ses colonies sur les géloses de type Mac Conkey (géloses contenant entre autres du lactose) grâce à leur aspect de perles beiges, alors que les colonies de bactéries lactoses positives sont roses. Pour une identification assurée on recherche la présence des enzymes de type oxydase, la production

des deux pigments pyocyanine et fluorescéine, et la température de croissance optimale à 42°C confirme l'identification **(Labres et Mouffok, 2008).**

- **Confirmation**

- Coloration de Gram et examen directe entre lame et lamelle (état frais) qui permet d'observer la mobilité des germes.
- Recherche de la pyocyanine, pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa.*
- Ensemencement à partir des colonies développées sur l'eau peptonée.
- Incubation à 37°C jusqu'à l'apparition de couleur verdâtre. Après l'ajout de 2 ml de chloroformes et agitation, la pyocyanine donne à ce dernier une teinte bleu **(Labres et Mouffok, 2008).**

5.3. Tests complémentaires

- **L'examen direct (Etat frais)**

Une méthode rapide consiste à observer entre lame et lamelle une suspension bactérienne sans fixation préalable par la chaleur ou l'alcool **(Denis *et al.*, 2007)**. Ce type d'examen permet l'observation des bactéries vivantes et la détermination de leur morphologie, leur mode de groupements, leur abondance et leur mobilité **(Delarras et Trébaol, 2003 ;Delarras, 2007).** Il se réalise suite à une observation au microscope optique à l'objectif × 40 d'une goutte du liquide ou de la suspension microbienne à examiner déposée entre lame et lamelle **(Carbonelle *et al.*, 1988).**

- **Coloration de Gram**

La coloration de Gram permet une observation grossière des cellules. Elle est irremplaçable pour différencier les bactéries Gram positif et Gram négatif. Elle se déroule en plusieurs étapes successives selon l'ordre suivant:

1- Fixer le frottis, s'il s'agit d'une culture en milieu liquide, une goutte de bouillon sera prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur, déposée sur lame, et étalée soigneusement. S'il s'agit d'une culture en milieu solide, une colonie bien isolée sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile ;
2- Recouvrir le frottis de la solution de cristal violet. Laisser agir 1 minute ;
3- Rejeter le colorant. Laver à l'eau ;
4- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1 minute ;
5- Rejeter le Lugol. Laver à l'eau ;

6- Décolorer à l'alcool 95°. La durée de décoloration doit être adaptée à l'épaisseur du frottis ;
7- Rincer à l'eau courante et recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. Laisser agir quelques secondes ;
8- Rejeter la Fuchsine. Laver abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres **(Degrémont, 1998).**

Résultats : Les bactéries Gram positif sont bien colorées en violet, et les bactéries Gram sont colorées en rose **(Carbonelle *et al.*, 1988 ; Boukrouma, 2008)**.

- **Mise en évidence d'une catalase**

C'est une enzyme qui décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans 1ml d'eau oxygénée. Le dégagement de bulles gazeuses est un signe de la présence de l'enzyme **(Carbonelle *et al.*, 1988).**

- **Recherche de l'oxydase**

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques commercialisés. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur le disque. La présence d'une oxydase se traduit par l'apparition d'une coloration violette **(Carbonelle *et al.*, 1988).**

- **Etude des produits terminaux de la glycolyse**

L'hydrolyse de glucose peut aboutir à un grand nombre de métabolites, et selon la nature du métabolite final, on distingue plusieurs types fermentaires. Ces produit sont recherchés en pratique courante à partir du milieu Clark et Lubs, par deux propriétés fermentaires à tester:

- La première vise à mettre en évidence la présence d'acides organiques: c'est la réaction du rouge de méthyle. Prélever 2 ml du milieu de Clark et Lubs ensemencé depuis au moins 24 heures. Déposer ce volume dans un tube à hémolyse, ajouter ensuite 2 à 3 gouttes d'une solution de rouge de méthyle à 0.2%. Une coloration rouge indique que la réaction de rouge de méthyle est positive.

- La seconde cherche à révéler une étape intermédiaire de la transformation de l'acide pyruvique qui consiste en la production d'acétyl-méthyl-carbinol (acétoïne): c'est la

réaction de Voges Prauskauer. transvaser dans un tube de 1 ml de la culture de 24 heures sur milieu Clark et Lubs. Ajouter 0.5 ml d'une solution d'alpha-naphtol et 0.5 ml d'une solution de potasse à 16%. Agiter et laisser le tube en position inclinée. L'apparition d'une coloration violette témoigne la réaction positive. Cette réaction nécessite au moins 10 minute pour se manifester **(Carbonelle *et al.*, 1988).**

- **Utilisation de citrate**

Le milieu Citrate de Simmons permet de mettre en évidence certaines bactéries qui sont capables d'assimiler le citrate de sodium comme seule source de carbone et d'énergie. Ces bactéries possèdent un citrate perméase et les enzymes du catabolisme du citrate.

Le test citrate se fait suite à un ensemencement de la pente de ce milieu gélosé en stries longitudinales et parallèles à l'aide d'une pipette Pasteur, stérilisée à la flamme, à partir d'une colonie isolée, prélevée sur un milieu gélosé, et après une incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Il est dit positif lorsque la couleur du milieu vire au bleu. Les bactéries citrate négatif ne donnent ni culture ni bleuissement, même après 7 jours d'incubation **(Delarras, 2007).**

- **Production de l'indole**

L'indole est un métabolite de dégradation du tryptophane. Certaines bactéries sont capables d'amputer le tryptophane de sa chaine latérale. L'indole ainsi formé est mis en évidence par la réaction d'Ehrlich Kowales. Pour réaliser cette épreuve, ensemencer un tube d'eau peptonée riche en tryptophane avec la bactérie à étudier. Après 24 heures de culture à 37°C, ajouter quelques gouttes du réactif de Kovacs ; l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu est le fait d'une réaction positive. Si l'anneau reste jaune-brun, la réaction est négative **(Carbonelle *et al.*, 1988).**

- **Mise en évidence de l'uréase**

La recherche de l'uréase consiste à distinguer l'alcalinisation d'un milieu contenant de l'urée d'où l'utilisation du milieu urée-indole. Nous réalisons à partir d'une culture sur Hektoène une suspension aussi dense que possible des bactéries à étudier dans 0,5 ml de milieu urée-indole. Nous incubons à 37 °C pendant 12 à 18 heures. L'urée, sous l'action d'une uréase bactérienne va être transformée en carbonate d'ammonium alcalin entrainant une

coloration rouge violacée du milieu (Uréase positive). Si le milieu persiste orange, cela indique un test négatif **(Denis *et al.*, 2007).**

- **Mode opératoire de l'API 20E**

Le système **API 20 E** est une version miniaturisée et standardisée des techniques biochimiques conventionnelles pour l'identification de centaines bacilles à Gram négatif dont les entérobactéries, elles comparent 20 testes biochimiques **(Annexe 2).**

Lorsqu'une suspension bactérienne de densité convenable est répartie dans les différents alvéoles (contenant les substrats déshydratés) qui composent la micro galerie, les métabolites produits durant la période d'incubation se traduisent par des changements de couleur spontanés ou révélés par addition de réactifs.

- **Etude de la mobilité**

Cette étude est faite sur un milieu mannitol-mobilité qui permet de rechercher simultanément la fermentation du mannitol et la mobilité. Le milieu est ensemencé par une piqure centrale et incubé à 37°C pendant 24 heures. Lorsque l'indicateur coloré passe du rouge au jaune, cela correspond à l'acidification du milieu et ainsil'utilisation umannitol (fermentation du mannitol) **(Denis *et al.*, 2007)**. La mobilité se traduit par une diffusion des colonies bactériennes dans le milieu à partir de la ligne d'inoculation **(Rodier *et al.*, 1996)**. Tandis qu'une bactérie immobile ne se développe que le long de la piqûre centrale **(Denis *et al.*, 2007)** et le milieu reste clair en dehors de cette piqûre **(Rodier *et al.*, 1996).**

- **Recherche de la B-galactosidase**

La recherche de la B-galactosidase ou test ONPG (Ortho-intro phényle B-D-Galactosidase) permet de détecter l'enzyme capable de scinder la molécule de lactose positive, des bactéries lactose négatives. Son principe repose sur le fait que idem pour le lactose, L'ONPG, composé incolore, est scindé par l'enzyme en libérant de l'orthonitro- phénol, composé soluble jaune.

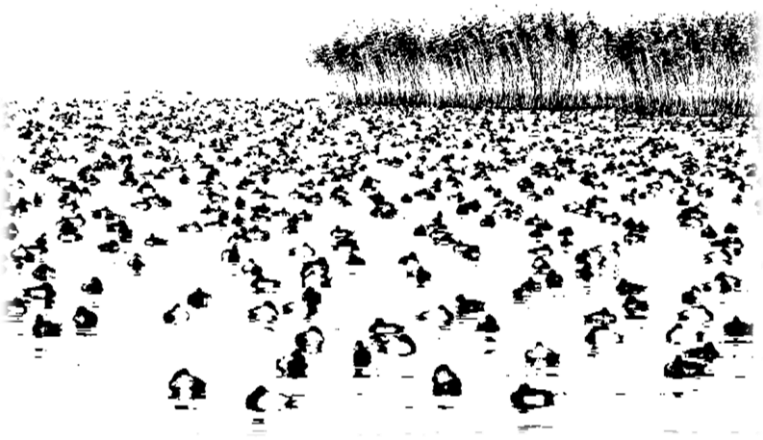
Nous ajoutons un disque ONPG 0.5 ml d'une suspension dense d'une culture de bactérie prélevée sur un milieu Hektoène. Les tubes sont examinés après 15 min, 30 min, 1 h, 6 h et 24 h d'incubation. La majorité des réactions positives sont observées entre 15 et 30 min **(Sayad, 2008).** Le Virage de la couleur du milieu au jaune indique un test positif (ONPG +). Et si le Milieu reste incolore le test est dit négatif (ONPG -) **(Delarras, 2007).**

- **Le test de réduction du nitrate**

Les bactéries, lorsqu'elles possèdent un nitrate réductase, sont capables de transformer les nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) et éventuellement en azote (N_2) **(Denis *et al.*, 2007).** Un bouillon nitraté est ensemencé avec la bactérie à étudier et incubé 18 heures à 37 °C. Après incubation, 3 gouttes d'une solution d'acide sulfanilique (Griess A) et 3 gouttes d'une solution de naphtylamine (Griess B) sont ajoutées au bouillon. Si une coloration rose fugace apparait, les nitrates ont été réduits au stade nitrites. En l'absence de coloration, soit les nitrates ont été réduits au stade azote soit la bactérie ne possède pas de nitrate réductase.

Chapitre IV

Ecologie du Fuligule nyroca



Notre étude a pour objectif d'étudier l'éco-éthologie du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* hivernant dans les principales zones humides du complexe de Guerbes Sanhadja. Dans cette étude nous avons suivi régulièrement l'évolution et les variations des effectifs de Fuligule nyroca durant trois saisons d'hivernage, son comportement diurne dans Garaet Hadj Tahar pendant la période d'hivernage ainsi que l'étude des paramètres reproducteurs.

1. Matériel

Le matériel utilisé pour notre étude se résume comme suit :

- **Sur terrain**
  - ❖ Une paire de Jumelles (*Weitwinkel*, 8 × 30) ;
  - ❖ Télescope modèle (*Konuspot*, 80 × 60) ;
  - ❖ Deux canoë-kayak (Cascade)
  - ❖ Bottes cuissardes
  - ❖ Balance électronique portable à 0,01g de précision (*Démo Electro*) ;
  - ❖ Pied à coulisse ;
  - ❖ Mètre ruban et une perche graduée ;
  - ❖ Marqueur permanent :
  - ❖ Carnet de notes ;
  - ❖ Guide d'identification des oiseaux (Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient) ;
  - ❖ Appareil photo numérique (*Sony*, *HX300* Zoom X50).
- **Au laboratoire**

Logiciel ADE-4 (pour les analyses statistiques) **(Chessel et Doledec, 1992).**

2. Méthodologie

2.1. Dénombrements

- **Dates et fréquences des dénombrements**

Dans le but d'estimer l'effectif, la distribution et l'occupation spatiale du Fuligule nyroca dans les zones humides de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja; nous avons réalisé deux sorties par mois du fin août à mi-mai pendant la saison d'hivernage (2012-2013).

- **Choix des points d'observation**

Nous avons procédé dans un premier temps au repérage des lieux, sur le plan d'eau, où stationnent généralement l' avifaune aquatique puis nous avons fixé les points d'observation idéaux, autrement dit, avoir le soleil au dos ou sur les côtés mais jamais en face. Les lieux les plus hauts ont été choisis afin d'avoir une bonne visibilité.

Afin de cerner la totalité du plan d'eau, trois points d'observation situés sur les berges ont été fixés en prenant en considération la bonne visibilité, l'accessibilité et la localisation des bandes d'oiseaux.

- **Méthodologie**

De nombreuses méthodes et techniques sont employées pour permettre le suivi et le bon dénombrement des oiseaux d'eau. Ces dernières sont toujours influencées par de multiples facteurs liés à la biologie des oiseaux et aux transformations physionomiques que subissent les biotopes au rythme des saisons et des années **(Blondel, 1969; Lamotte et Bourlière, 1969).** Ainsi, une différence entre le nombre d'oiseaux observés et celui réellement présents existe presque toujours **(Tamisier et Dehorter, 1999; Houhamdi, 2002 ; Houhamdi et Samraoui, 2002).** Ces procédés utilisés se rapportent tous à des estimations visuelles de la taille des bandes d'oiseaux au sol, en avion ou carrément par des procédés photographiques **(Schircke, 1982)**, mais pour une meilleure évaluation numérique des groupes d'oiseaux une combinaison de ces deux procédés est souhaitée **(Tamisier et Dehorter, 1999).**

Pour exploiter au mieux le recensement des peuplements d'oiseaux d'eau, nous avons, à l'aide d'une paire de jumelles et d'un télescope, utilisé selon le cas les méthodes suivantes:

- **La méthode relative** : qui consiste à un comptage individuel si le groupe d'oiseaux se trouve à une distance inférieure à 200 m et s'il ne dépasse pas 200 individus ;
- **La méthode absolue** : utilisée si la taille du peuplement d'oiseaux est supérieure à 200 individus ou si le groupe se situe à une distance très éloignée (plus des 200 mètres), en réalisant des estimations visuelles. Nous divisions ainsi le champ visuel en plusieurs bandes, comptions le nombre d'oiseaux dans une bande moyenne et nous reportions autant de fois que de bandes **(Blondel, 1969; Lamotte et Bourlière, 1969; Blondel, 1995).** D'après la littérature scientifique, cette méthode est la plus utilisée pour le dénombrement et le suivi de l'avifaune aquatique et présente une marge d'erreur estimée entre 5 et 10 %. Elle dépend essentiellement de l'expérience de

l'observateur, de la nature du terrain à étudier et de la qualité du matériel utilisé **(Blondel, 1969 ; Lamotte et Bourlière, 1969).**

2.2. Modalités d'occupation spatiale

Les oiseaux se distribuent ou se répartissent dans l'espace lacustre selon des modalités qui leurs sont propres. Rarement aléatoire, cette distribution répond à des critères biologiques et écologiques qui caractérisent à la fois l'espèce et le site **(Tamisier et Dehorter, 1999).** La quiétude et le partage des ressources alimentaires conditionnent d'une manière apparente la répartition des groupes d'oiseaux sur un site **(Nilsson, 1970 ; Pirot, 1981 ; Pirot *et al.*, 1984 ; Ankney *et al.*, 1991 ; Cox et Kadlec, 1995 ; Reinert et Mello ; 1995, Biddau, 1996 ; Sedinger, 1997 ; Poulin et Lefevbre, 1997 ; Ntiamoa-Baïdu *et al.*, 1998).**

Les oiseaux recensés à chaque sortie sont cartographiés en se servant de repères constants dans la Garaet afin de déterminer leurs modalités d'occupation du plan d'eau, puis les données sont reportées sur des cartes définitives qui permettront de suivre la distribution spatial des oiseaux d'eau dans la Garaet. Dans ces représentations graphiques de l'occupation spatiale nous n'avons pas tenu compte de l'importance des effectifs des oiseaux.

2.3. Etude du rythme d'activité diurne

L'écologie et le comportement diurne des Fuligules nyroca ont été étudiés de la fin août à la mi-mai pendant trois saisons d'hivernage consécutives (2010-2011 à 2012-2013) dans Garaet Hadj Tahar. Deux sorties par mois d'une journée entière (8h à 16h, soit 8h de suivi/jour) ont été effectuées, faisant ainsi un total de 57 sorties, soit 456 heures pendant toute la période d'étude.

Deux méthodes classiques sont habituellement utilisées pour l'étude du rythme d'activité des anatidés, l'*animal focal sampling* ou *FOCUS* et *l'instantanious scan sampling* ou *SCAN*.

- **Méthode *FOCUS*:** L'échantillonnage focalisé implique l'observation d'un individu pendant une période prédéterminée, où nous enregistrons continuellement les activités manifestées. Les résultats obtenus sont par la suite proportionnés afin de déterminer le pourcentage de temps de chaque comportement **(Altmann, 1974).** Cette observation continuelle permet d'enregistrer certains comportements qui ne sont pas toujours fréquents, tel que l'exhibition sociale et l'agression, mais représente aussi certains inconvénients dont la fatigue de l'observateur, la sélection aléatoire des individus spécialement à partir d'un grand groupe et surtout la perte de vue des oiseaux focalisés

soit dans la végétation dense ou dans un groupe nombreux **(Baldassare *et al.*, 1988).** Cette méthode est de ce fait appropriée à l'étude du comportement de petits groupes d'oiseaux et dans des surfaces réduites. Bien qu'elle étudie un échantillon restreint des populations d'oiseaux d'un site, cette technique permet d'avoir un meilleur suivi, définit et valorise mieux les différentes activités manifestées. Les pertes "continuelles" de vue ont été signalées à plusieurs reprises et jusqu'à présent le seul remède est prescrit dans la méthode *Focal-switch sampling* ou SWITCH **(Losito *et al.*, 1989)** où chaque perte de vue est automatiquement remplacée par un autre individu du même groupe manifestant la même activité.

- **Méthode *SCAN*:** Cette méthode se basant sur l'observation d'un groupe permet d'enregistrer les activités instantanées de chaque individu puis grâce à des transformations mathématiques elle fait ressortir le pourcentage temporel de chacune d'elle **(Altmann, 1974).** Elle présente l'avantage d'être la seule méthode appliquée dans des sites à végétation dense où les oiseaux d'eau (surtout les Anatidés) ne sont pas toujours observés durant de longues périodes (limite de l'échantillonnage focalisé). Elle élimine aussi le choix d'individus **(Baldassare *et al.*, 1988)** mais comme il s'agit d'un échantillonnage instantané, il est pratiquement impossible de déterminer le statut social (par paires ou séparés) des oiseaux observés **(Paulus, 1984).**

Durant notre étude diurne nous nous sommes basés sur la méthode SCAN. Les comportements observés, sans distinction du sexe ni d'âge sont classés en six types : Alimentation, Sommeil (repos) bec dans les plumes du dos et somnolence, Toilette, Nage non associée à l'alimentation, Vol et parade.

2.4. Analyses statistiques des données

L'exploration statistique multivariée par le biais de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) est un moyen de procéder à une interprétation d'observations ne comportant *a priori* aucune distinction, ni entre variables ni entre individus. Son but majeur est de calculer un ensemble de saturations qui permettent, d'une part, d'expliquer les corrélations observées entre les tests par la mise en évidence d'un certain nombre d'aptitudes fondamentales et, d'autre part, d'identifier autant que possible ces aptitudes fondamentales **(Dagnelie, 1975 ; Falissard, 1998).**

En utilisant le logiciel ADE-4 **(Chessel et Doledec, 1992)** nous avons réalisé des analyses factorielles des correspondances des résultats du rythme d'activités diurnes des Anatidés.

2.5. Méthode d'étude des différents paramètres reproducteurs

L'étude des paramètres reproducteurs s'est déroulée dès l'apparition des premières cuvettes de nids jusqu'à l'envol des poussins. Les données ont été recueillies entre le mois de mars et le mois de juin 2014, à raison de 2 sorties par semaine. Les observations effectuées portaient sur le calendrier des pontes et des éclosions ainsi que le comptage des œufs **(Boukhemza *et al.*, 2007).**

- **Suivi des effectifs nicheurs**

Le suivi et l'estimation des effectifs des couples nicheurs est fait dès leur apparition dans le site jusqu'à la fin de la reproduction **(Maazi *et al.*, 2010).**

- **Localisation des nids ou bien emplacement des nids**

L'exploration de Gareat Hadj Tahar à la recherche des nids se fait soit en canoë-kayak pour secteurs plus profonds, au le centre du Lac dont la profondeur dépasse souvent deux mètres, ou bien avec des bottes cuissardes pour la prospection des endroits les moins profonds telles les berges du plan d'eau **(Zitouni, 2014).** Les nids ont été marqués pour mieux suivre les pontes dès le premier œuf.

3. Ecologie de la reproduction du Fuligule nyroca

3.1. Dimensions des nids

On a attribué un nombre à chaque nid. La hauteur, les diamètres interne et externe de chaque nid sont mesurés à l'aide d'un décimètre **(Beaubrun, 1988).**

3.2. Matériaux de construction des nids

Pour tout ce qui est végétation prise comme support de nidification et celle utilisée pour la construction et l'édification des nids, on note : la composition du nid, les différentes espèces végétale utilisées et l'abondance de chaque espèce.

Pour la végétation autour des nids on enregistre : la densité de la végétation, les types de végétation et la hauteur celle qui est dominante.

4. Phénologie de la reproduction

4.1. Date de première ponte

Elle représente la date à laquelle le premier œuf est pondu. Les données concernant la période de ponte ont été enregistrées et analysées en fonction de la date de la première ponte **(Lack, 1950).** La date de la première ponte a été calculée en supposant un intervalle de 26 jours **(Robinson et Hughes, 2006)** entre la date de la première ponte et la date d'éclosion **(Gadsby, 1978)** à raison d'un œuf pondu avec un intervalle d'un jour **(Lazli, 2011).**

On retiendra pour l'échantillon la première date de ponte (ponte du premier œuf du couple le plus précoce) qui donne une indication sur la précocité des pontes au cours de chaque saison et la date de ponte moyenne (moyenne des dates de pontes) **(Boulahbal, 2012).**

4.2. La période de ponte

Correspond à la durée entre la ponte du premier œuf du couple le plus précoce et la ponte du premier œuf du couple le plus tardif **(Chettibi *et al*., 2013)**.

4.3. La taille ou grandeur de ponte

C'est le nombre d'œufs pondus par femelle qui pond un œuf par jour et débute l'incubation en général avant l'achèvement de la ponte. La taille de ponte moyenne est la moyenne des tailles de ponte de l'échantillon **(Boulahbal, 2012).**

La ponte est considérée comme complète quand le nombre d'œufs présents dans le nid ne varie plus entre deux visites. La taille de ponte des nids qui disparaissent au cours du suivi n'est pas prise en compte **(Moulaï, 2006).**

4.4. Mensuration des œufs

Cela consiste à attribuer un nombre à chaque œuf trouvé dans chaque nid à l'aide d'un marqueur permanent et mesurer ainsi :

- Le poids frais de chaque œuf déterminé à l'aide d'une balance portable ;
- La plus grande largeur et la plus grande longueur de chaque œuf mesurées avec une précision de 0,1 mm à l'aide d'un pied à coulisse.

Les mesures sont effectuées sur les sites mêmes. Elles permettent de calculer le volume des œufs selon la formule de Harris (1964) :

$$V\ (cm^3) = 0{,}476 \times L \times l^2 / 1000$$

Avec : **L** : Grande longueur de l'œuf (mm) ;

l : Grande largeur de l'œuf (mm) ;

V : volume de l'œuf (cm^3).

4.5. Nombre d'œufs éclos

Pour chaque nid, on compte le nombre d'œufs éclos.

4.6. Le succès à l'éclosion

C'est le rapport du nombre d'œufs éclos au nombre d'œufs pondus par nid **(Boulahbal, 2012).**

4.7. Envol des jeunes

En ce qui concerne l'âge d'envol nécessaire aux poussins pour acquérir leur aptitude complète au vol et dont la durée s'avère variable en fonction des conditions du milieu et de l'état physiologique des poussins ; nous avons préféré retenir les valeurs maximales citées dans la littérature en estimant la date d'envol des jeunes à partir de la date de ponte estimée + la durée d'incubation + l'âge à l'envol **(Lazli, 2011).**

4.8. Le succès à l'envol

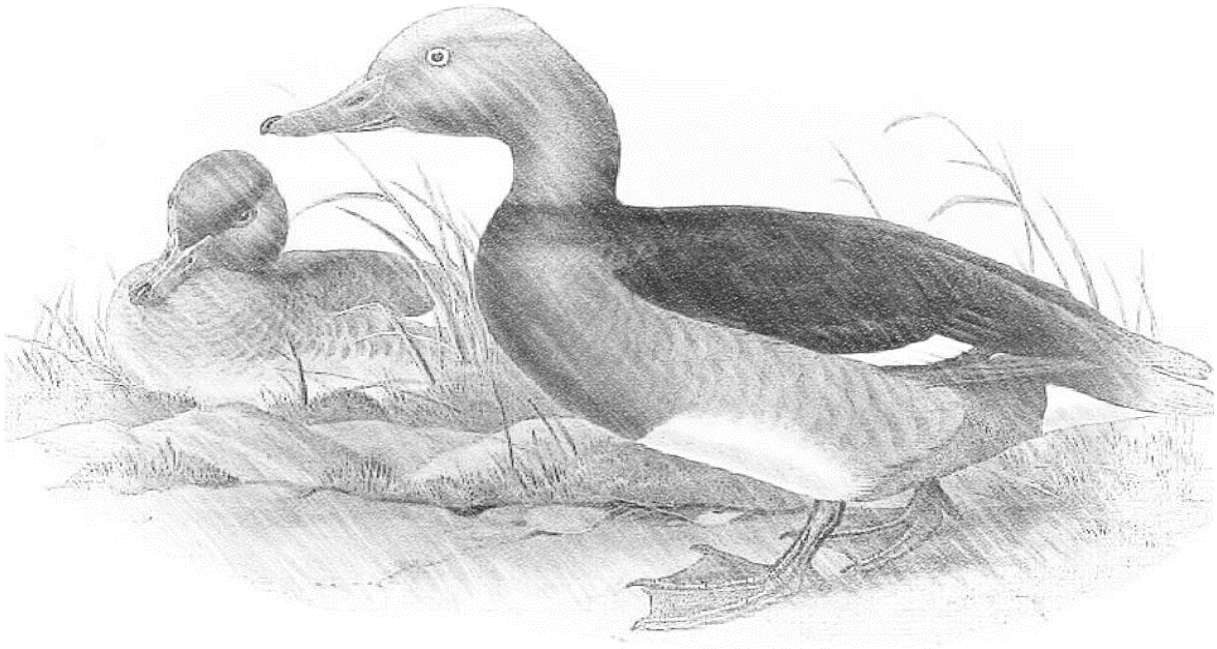
Rapport du nombre de poussins envolés au nombre d'œufs éclos par nid **(Boulahbal, 2012).**

4.9. Succès de la reproduction

Le suivi des nichées a permis d'estimer le succès de la reproduction selon le nombre d'œufs éclos et le nombre de jeunes à l'envol par rapport au total des œufs pondus à l'intérieur de chaque enclos et au total de nids suivis **(Launay, 1983; Sueur et Triplet, 1999).** La présence de l'enclos a permis de suivre les poussins jusqu'à l'envol mais l'absence de marquage individuel des poussins empêche de savoir quel est leur nid d'origine. Enfin, la productivité en poussins est estimée par le rapport du nombre de jeunes à l'envol au nombre de couples reproducteurs **(Moulaï, 2006).**

Chapitre V

Résultats et discussion



Partie 1

Caractérisation bu biotope

L'évaluation de la qualité des eaux de surface du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja a été étudiée en fonction de deux paramètres: un facteur temps représenté par les saisons et un facteur espace représenté par les différentes stations de prélèvement.

1. Les paramètres physico-chimiques *in situ*

1.1. La température

La température nécessite une mesure momentanée qui dépend de l'heure de prélèvement et du lieu. D'après les résultats obtenus **(Fig. 16)**, les valeurs de température des différents échantillons présentent également des variations saisonnières. Elles fluctuent dans un intervalle qui va du minimum de 12,5°C enregistrée pendant le mois de février, au maximum de 27,1°C, enregistrée pendant le mois de Juillet durant la période d'étude. Elles sont voisines des températures ambiantes.

L'augmentation de la température au niveau de la station S4 (Garaet Messaoussa) par rapport aux autres stations pendant les quatre saisons peut être influencée également par la température des rejets des eaux usées (rejets domestiques) provenant généralement d'habitations proches.

Les variations de la température varient en fonction de la température du milieu extérieur; la saison ainsi que la position topographique.

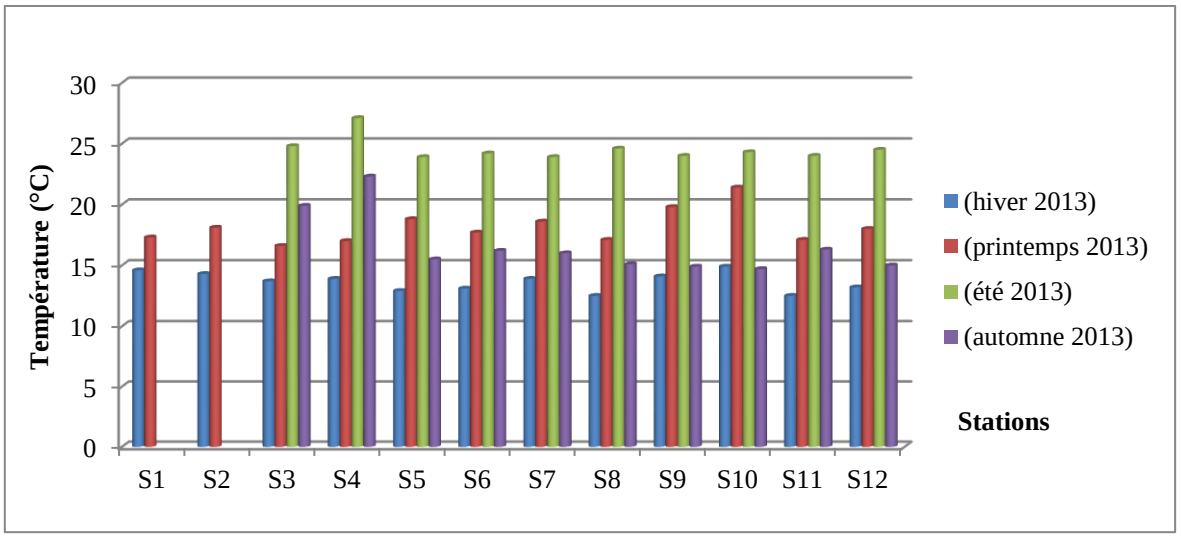


Figure 16 : L'évolution spatio-temporelle de la température des eaux des sites d'étude. Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température **(Monod, 1989) (Tab. 8)** ; l'eau est de qualité normale **(< 20 °C)** à médiocre **(25°C-30°C).**

Tableau 8 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Monod, 1989)

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normale	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Médiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Dans chaque milieu naturel les eaux ont une valeur de pH propre en fonction du sous-sol de leur bassin versant. Les résultats de suivi spatio-temporel de pH dans six zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja sont représentés dans la figure 17.

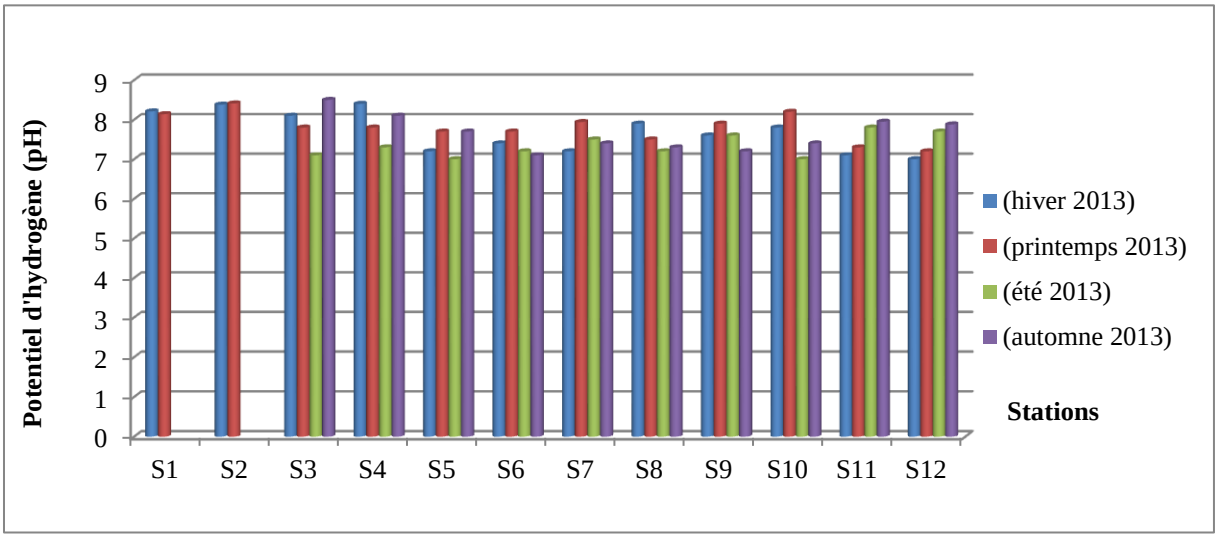


Figure 17 : L'évolution spatio-temporelle du pH des eaux des sites d'étude.

Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

Les valeurs du pH des eaux des zones d'études ne montrent pas de variations notables entre les saisons. Toutes les stations ont des valeurs qui oscillent dans l'intervalle de neutralité (pendant les quatre saisons) compris entre (7) enregistrée à plusieurs stations comme la station 5 et 6 (Garaet Chichaya) ; Garaet Hadj Tahar (S9 et S10) et Garaet Sidi Magroun (S11 et S12) et (8,41) à la station 2 (Garaet Beni M'Hamed).

Ces valeurs présentent une neutralité approchée qui favorise le développement et la croissance des microorganismes, ce qui est le cas majoritaire des eaux de surface.

La grille d'appréciation de la qualité de l'eau **(Ministère algérien des Ressources en Eau, 2009)**, a permis de déduire que la qualité des eaux est bonne (de 6,5 à 8,5).

1.3. Oxygène dissous

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques **(HCEFLCD, 2007)**. Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l'auto-épuration **(Belghiti *et al.*, 2013)**.

Pour l'ensemble des prélèvements, l'oxygène dissous présente des variations importantes d'une station à une autre et même entre les différentes saisons. Il varie de 1,1mg/l, comme une valeur minimale enregistrée à la station S4 (Messaoussa), à 8,8 mg/l comme une valeur maximale enregistrée au niveau des stations S8 ; S9 ; S10. Les résultats obtenus montrent que les eaux de nos zones humides sont légèrement sous oxygénées surtout pendant le mois de juillet **(Fig18).** L'oxygène dissous est un excellent indicateur, car il renseigne sur la qualité des eaux et ses valeurs faibles, favorisent la croissance et le développement des micro-organismes, qui dégradent la matière organique. Selon Beaux (1998), une eau est qualifiée de polluée si elle a une teneur en oxygène dissous inférieure à 3 mg/l.

Les facteurs pouvant mener à une réduction de l'oxygène dissous, surtout dans la station S4 sont ; l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de matière organique qui proviennent généralement des animaux et des rejets domestique.

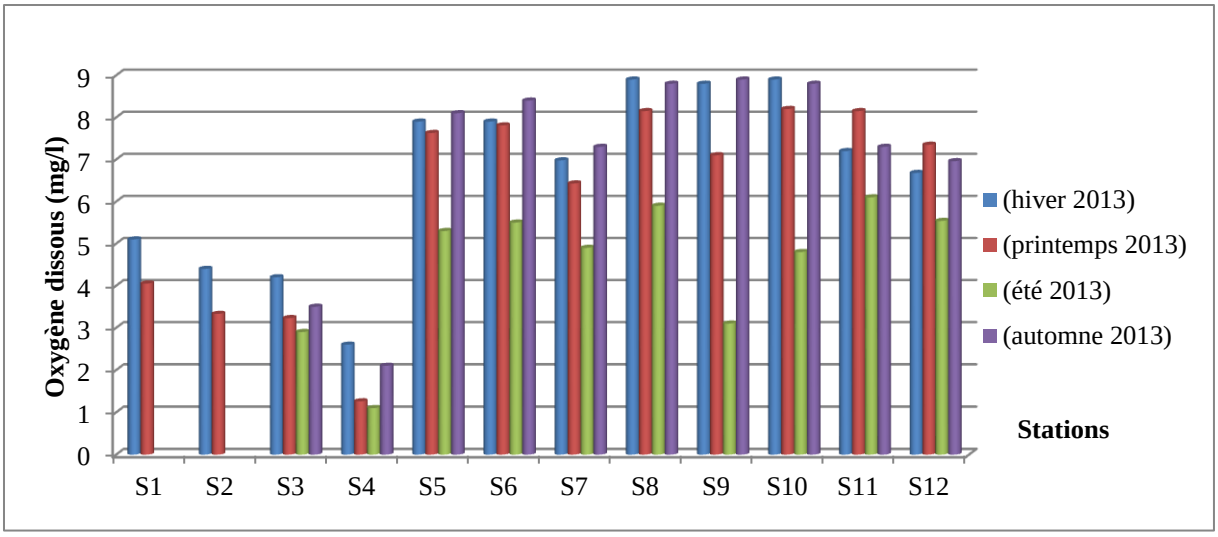


Figure 18 : L'évolution spatio-temporelle de l'oxygène dissous des eaux des sites d'étude.

Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

1.4. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution **(Rodier *et al.*, 2009 ; Attab, 2011).**

Les résultats du suivi relatif à la conductivité électrique de nos zones d'étude montrent une minéralisation très élevée à la station S1 et S2 (Garaet Beni M'Hamed) pendant les deux mois de février et avril avec un maximum de 1259 µS/cm (**Fig.19**). Cette minéralisation est due à l'augmentation de la température qui entraine l'évaporation de l'eau concentrant les sels dissous, ainsi qu'à l'alimentation de ce site par les eaux de l'Oued El-Kebir, qui constitue un apport extérieur continu de sels minéraux vu que les eaux reviennent de la Mer un peu plus salée. La conductivité électrique varie aussi suivant le substrat géologique traversé, car ce site est à une proximité de l'embouchure de la Marsa où la nature du sol devient de plus en plus sableuse.

Sur les autres stations, les valeurs oscillent entre 255 µS/cm et 998 µS/cm. Les faibles valeurs caractérisent surtout le mois de février (période hivernale). D'une manière générale, la diminution de la conductivité électrique dans les périodes pluviales peut être attribuée à un phénomène de dilution. Cependant, ce paramètre croit progressivement avec l'augmentation de la température et donc l'évaporation de l'eau (période estivale).

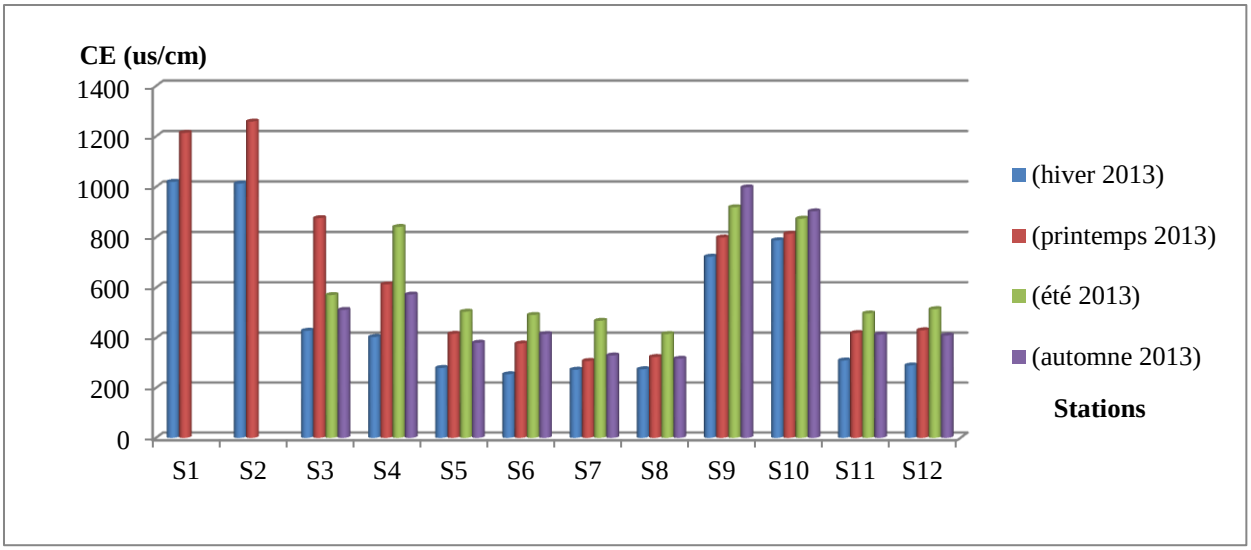


Figure 19 : L'évolution spatio-temporelle de la conductivité électrique des eaux des sites d'études.

Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

D'après la grille de la qualité des eaux des rivières **(Monod, 1989),** les eaux des zones d'étude sont passables à bonnes selon la période de prélèvement **(Tab. 9)**.

Tableau 9 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Conductivité électrique (µs/cm)	Qualité des eaux	Classe
CE<400	Bonne	1A
400<CE<750	Bonne	1B
750<CE<1500	Passable	2
1500<CE<3000	Médiocre	3

2. Les paramètres bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées, présentent une grande diversité bactérienne de point de vue quantitative et qualitative. Les différents résultats obtenus sont représentés sous formes de graphes et de tableaux.

2.1. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux et streptocoques fécaux

Ces micro-organismes vivent en abondance dans la matière fécale de l'homme et des animaux à sang chaud, constituant ainsi des indicateurs fécaux de première importance. Leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de germes pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement.

Les figures 20 et 21 illustrent des observations communes entre les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), où tous les stations présentent des valeurs qui sont supérieures aux normes admissibles avec des valeurs maximales enregistrées à la station S4 (Garaet Messaoussa) (2×10^6 CT/ml et $1{,}1\times10^6$ CF/ml).

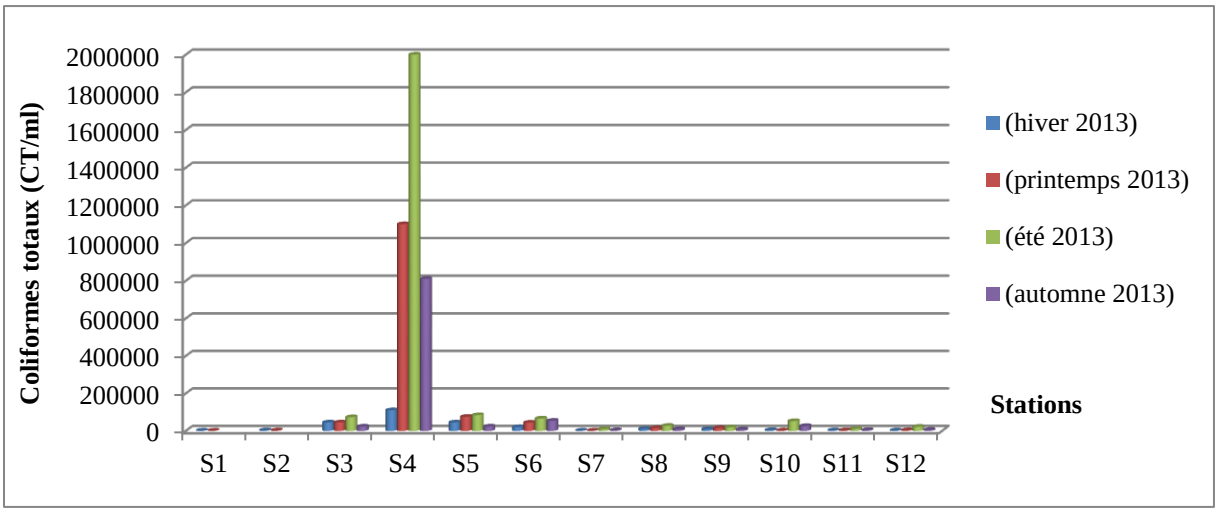


Figure 20 : L'évolution spatio-temporelle des coliformes totaux des eaux des sites d'études.

Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

Sites / Période	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Hiver 2013	1200	3000	45000	110000	45000	20000	1500	11000	9500	4500	3100	2800
Printemps 2013	1500	2500	45000	1100000	75000	44000	1600	15000	15000	2300	3300	3800
Eté 2013			73000	2000000	84000	66000	9700	27000	19000	52000	11000	22000
Automne 2013			23000	810000	23000	54000	3700	9000	7700	26000	4400	5500

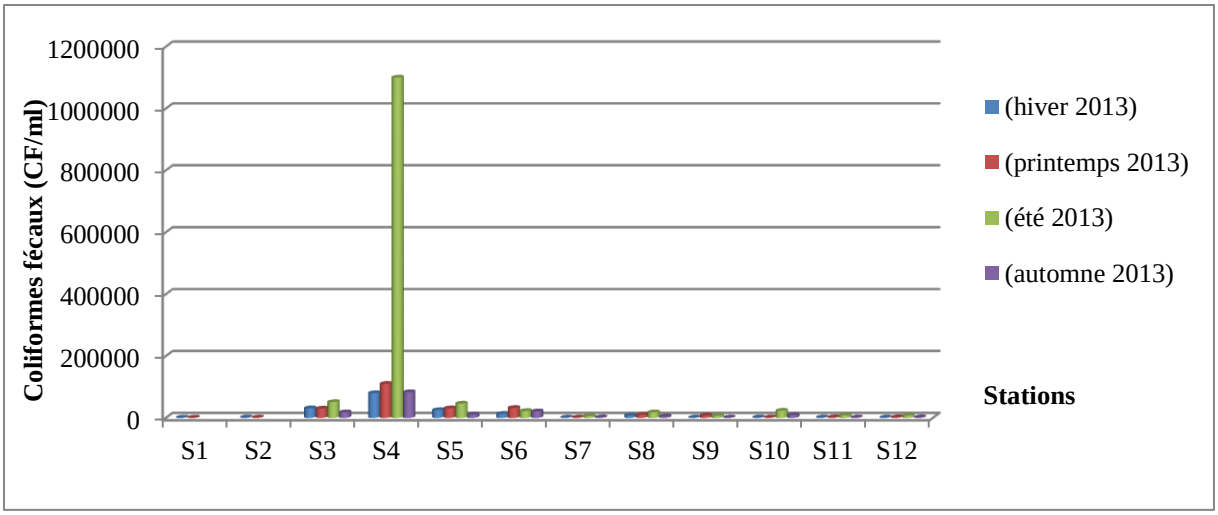


Figure 21 : L'évolution spatio-temporelle des coliformes fécaux des eaux des sites d'études.

Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

Sites / Période	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Hiver 2013	850	1500	31000	80000	25000	13000	1100	7500	1200	1500	1500	1200
Printemps 2013	850	1100	30000	110000	31000	32000	1500	10000	8000	1600	2000	2200
Eté 2013			51000	1100000	46000	22000	6000	18000	6900	23000	8100	7700
Automne 2013			18000	83000	11000	21000	1900	4500	1100	9000	1200	1800

En ce qui concerne les streptocoques fécaux (SF), les valeurs maximales sont toujours notées au niveau de la station S4 (Garaet Messaoussa) avec une valeur de $8{,}1\times10^4$ SF/ml enregistrée pendant le mois de juillet. Toutes les stations présentent des valeurs qui sont supérieures aux normes sauf les stations S1 et S2 qui montrent des valeurs inférieures aux normes recommandées (1000 SF/ml) pendant le mois de février, respectivement $8{,}5\times10^2$ et 9×10^2 SF/ml **(Fig. 22).**

Cependant nous avons noté que la concentration en SF est plus faible que celle des CF. Ces résultats concordent avec les travaux de Fernandez-Alvarez *et al.* (1991), Chahlaoui (1996), Hunter *et al.* (1999) et Aboulkacem *et al.* (2007). Cela peut être expliqué par la différence dans le taux de déclin qui est plus rapide chez les SF **(Hunter *et al.*, 1999)** et qui peut être influencé par les facteurs abiotiques du milieu naturel.

L'origine de cette contamination fécale est surtout la présence des déjections animales (d'énormes quantités d'oiseaux d'eau, et des animaux domestiques…etc.). De plus, ces zones

humides constituent des zones de pâturage intensif (plus de 49 000 bovins et ovins en pâturage extensif) **(DGF, 2002).** On note une augmentation particulière de l'abondance bactérienne pour ces germes au niveau de la station S4 en raison des rejets domestiques dans certains habitats situés au voisinage de ce site. En outre, ce dernier est alimenté par les eaux de l'Oued El-Kebir qui joue ainsi un rôle de vecteur de transmission des polluants et d'autres substances conduisant à la prolifération de ces germes.

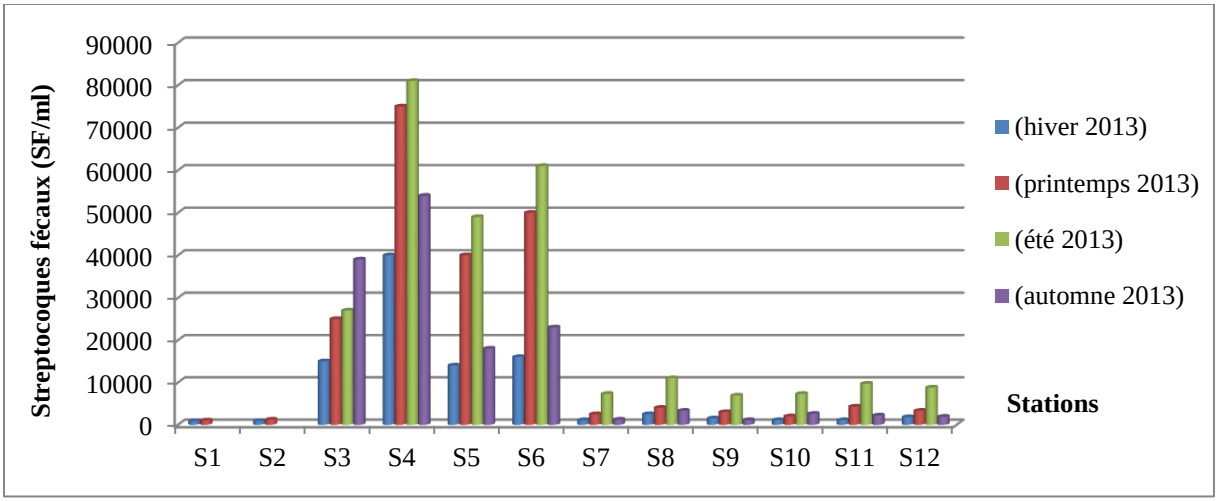


Figure 22 : L'évolution spatio-temporelle des streptocoques fécaux des eaux des sites d'études.

Garaet Bni M'Hamed (S1, S2), Garaet Messaoussa (S3, S4), Garaet chichaya (S5, S6), Garaet Sid Makhlouf (S7, S8), Garaet Hadj Tahar (S9, S10), Garaet Sid Magroun (S11, S12).

Sites / Période	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Hiver 2013	850	900	15000	40000	14000	16000	1100	2500	1500	1100	1100	1800
Printemps 2013	1000	1200	25000	75000	40000	50000	2500	4000	3000	2000	4300	3300
Eté 2013			27000	81000	49000	61000	7300	11000	6900	7300	**9700**	**8800**
Automne 2013			39000	54000	18000	23000	1200	3300	1100	2600	**2200**	**1900**

Concernant la variation temporelle (variation saisonnière) des bactéries indicatrices de contamination fécale, les charges les plus élevées sont enregistrées pendant la saison la plus chaude et les plus basses sont notées au cours de la saison la plus froide. Cependant, l'apport d'eau de pluie et le ruissellement peuvent jouer le rôle de dégradant de la pollution par le fait de la dilution. Par ailleurs, durant la période estivale c'est l'augmentation de la température des eaux qui agit sur la croissance de ces microorganismes.

Nos résultats bactériologiques sont en accord avec les travaux de Kherifi et Kherici-Bousnoubra (2012) sur le Lac Mellah, Sayad (2008) sur Lac des oiseaux dans le nord-est Algérien, Aboulkacem et *al*. (2007) au Maroc et ceux de Bou Saab *et al.* (2007) au Liban.

2.1.2. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-reductrices (ASR)

Le tableau 10 récapitule les résultats de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-reductrices (ASR) pendant les quatre saisons.

Tableau 10 : Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-reductrices (ASR/20 ml).

point / Période	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S 10	S11	S12
Février 2013	4	12	> 20	8	-	-	> 20	12	-	3	4	2
Avril 2013	4	-	-	>20	20	> 20	4	12	> 20	-	-	4
Juillet 2013	/	/	>20	>20	12	>20	>20	18	12	2	8	10
Novembre 2013	/	/	14	12	8	10	13	15	9	-	-	3

La présence des ASR dans les eaux de surfaces est très probable où on trouve les formes sporulantes beaucoup plus résistante que les formes végétatives. Leur présence indique une contamination ancienne d'origine fécale.

Elles sont responsables des maladies graves telles que le botulisme et le tétanos ; c'est pour cette raison que la recherche de ces derniers est essentielle dans le cadre de la détermination qualitative de l'eau **(Rejsek, 2002)**

2.2. Recherche des germes pathogènes

Ces germes sont souvent présents en faible concentration dans l'eau et peuvent se développer en culture ; l'identification des colonies isolées est basée essentiellement sur leur observation macroscopique et microscopique ; l'identification biochimique par la galerie biochimique classique, les API systèmes et d'autres tests.

Les résultats des différents tests effectués pour l'identification des *staphylococcus* isolés à partir de nos prélèvements sont résumés dans le tableaux 11.

Tableau 11 : Résultats du profil biochimique des *Staphylococcus* isolés.

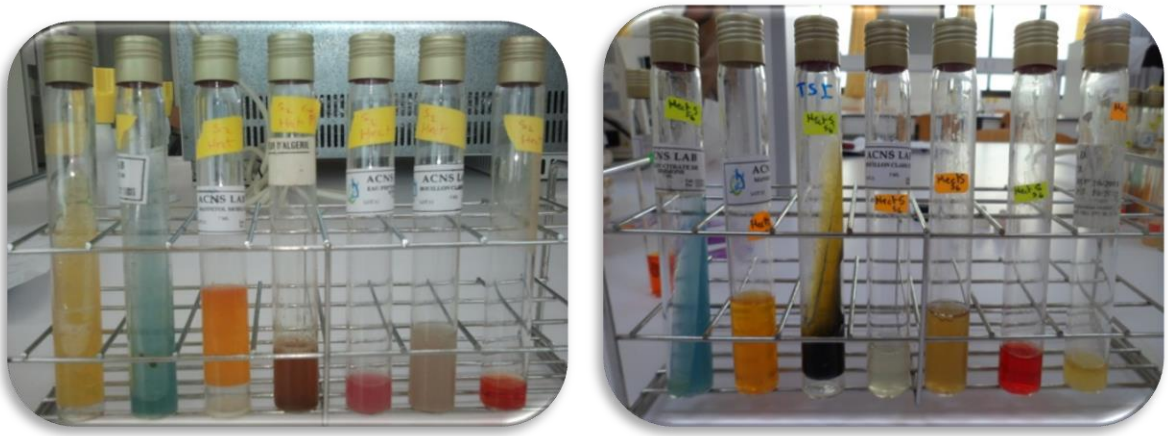
	Station 8	Station 12
Oxydase	-	-
Catalase	+	+
Mannitol	+	-
Staphylocoagulase	-	-
Espèces trouvées	***S. saprophyticus***	***S. epidermidis***

Aucun prélèvement ne s'est révélé positif pour les bactéries du genre *Salmonella* ; *Shigella* et même pour les espèces *Vibrio cholerae et Pseudomonas aeruginosa* connues comme pathogènes.

Les espèces bactériennes identifiées par la galerie biochimique classique et les API systèmes, ainsi que leur répartition entre les différentes stations sont présentées dans les tableaux et les figures ci-dessous.

Tableau 12 : Les espèces identifiées par la galerie biochimique classique.

Milieux de culture	Espèces bactériennes identifiée
Milieu SS	*Citrobacter koseri*
	Raouetella ornithinolytica
	Proteus mirabilis
Mac Conkey	*Klebsiella oxytoca*
	Enterobacter cloacae
	Pontoea ssp2
	Raoultella ornithinolytica
	E.coli
Hectoèn	*Raoultella ornithinolytica*
	Klebsiella oxytoca
	Enterobacter amnigenus
	E.coli
GNAB	*Klebsiella oxytoca*
	Aeromonas hydrophila gp 2
	Proteus mirabilis
	Raoultella ornithinolytica
	E .coli



Raoultella ornithinolytica *Klebsiella oxytoca*

Figure 23 : Résultats de quelques galeries biochimiques classiques.

Tableau 13: Les espèces identifiées par l'API 20 E et l'API 20 NE.

API système	Milieux de culture	Espèces identifiées
API 20 E	SS	*Serratia odorifera 2*
	Hectoèn	*Vibrio alginolyticus*
	Hectoèn	*Aeromonashydrophila*
API 20 NE	GNAB	*Vibrio vulnificus*

Figure 24: Profil biochimique de la souche *Serratiae odorifera 2*.

Figure 25 : Profil biochimique de la souche *vibrio vulnificus*.

Tableau 14 : Répartition des espèces bactériennes isolées entres les différentes stations.

Espèces bactériennes	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10	S11	S12
Pontoea ssp2	×	×										
Citrobacter koseri		×			×			×				
Enterobacter aerogenes				×						×		×
Raoultella ornithinolytica	×	×	×								×	
Proteus mirabilis				×		×	×		×			
Klebsiella oxytoca			×				×	×				×
Aeromonas hydrophila gr .2				×				×				
Enterobacter cloacae										×		
E. coli	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Vibrio vulnificus												
Enterobacter amnigenus		×				×				×	×	
Staphylococcus epidermidis									×			
Staphylococcus saprophyticus				×						×		×
Vibrio alginolyticus							×					×
Serratiae odorifera 2		×			×						×	
Aeromonas hydrophila				×					×			

Partie 2

Evolution des effectifs du Fuligule nyroca

1. Evolution des effectifs et distribution spatiale du Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) dans le complexe des zones humides de Guerbes Sanhadja

1.1. Garaet Hadj Tahar

Sur l'ensemble du complexe de Guerbes Sanhadja, la Garaet Hadj Tahar a été la plus fréquentée pendant toute la période de notre exploitation.

Notre étude a permis d'enregistrer trois pics d'effectif sur cette Garaet ; le premier pendant la première quinzaine du mois de septembre 2012 (481 individus), le deuxième au cours du mois de décembre 2012 (605 individus, maximum enregistré pendant cette étude) et le troisième au début de janvier 2013 (410 individus). Au-delà du mois de janvier 2013, les effectifs affichent une légère stabilité, où l'effectif global fluctue entre 40 et 60 individus et ce jusqu'à la fin de l'étude **(Fig.26).**

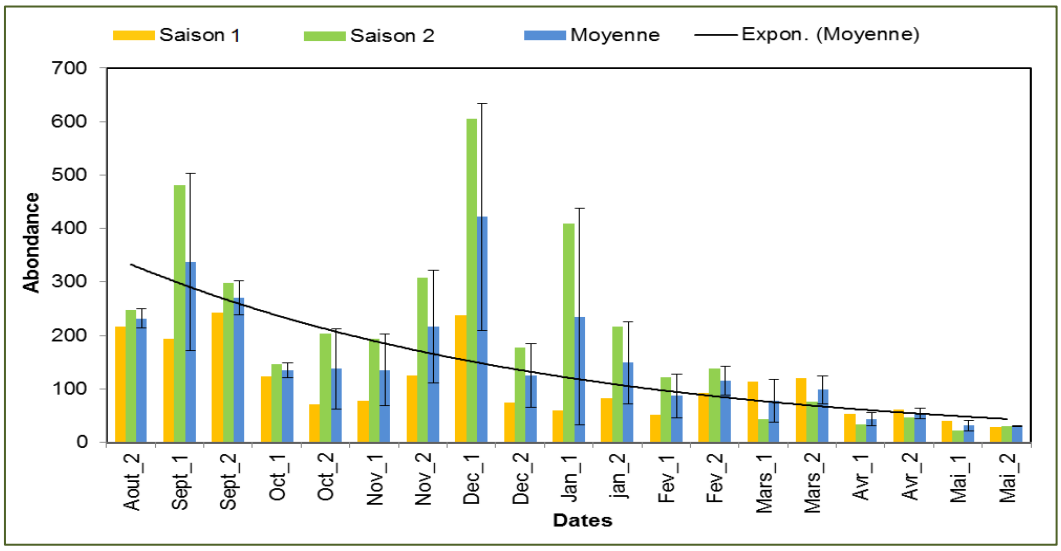


Figure 26 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Hadj Taher (2011-2012/2012-2013).

Au niveau du complexe, le Fuligule nyroca est observé pendant toutes nos sorties. Il occupe préférentiellement Garaet Hadj Taher durant toute l'année qu'il s'agisse de la saison de l'hivernage ou de la reproduction avec une tendance plus élevée observée pendant la période d'hivernage (novembre-janvier). Ces chiffres indiquent vraisemblablement que cette espèce présente le statut de résident permanent dans Garaet Hadj Taher.

Ces oiseaux occupent la Garaet en se concentrant en général dans sa partie centrale, près des autres canards plongeurs tel que le Fuligule milouin et l'Erismature à tête blanche.

Ce secteur est le plus profond et est dégagé de toute végétation **(Fig. 27).** Il est à noter que le site abrite en moyenne, chaque année une dizaine de nids **(Metallaoui et Houhamdi, 2008).**

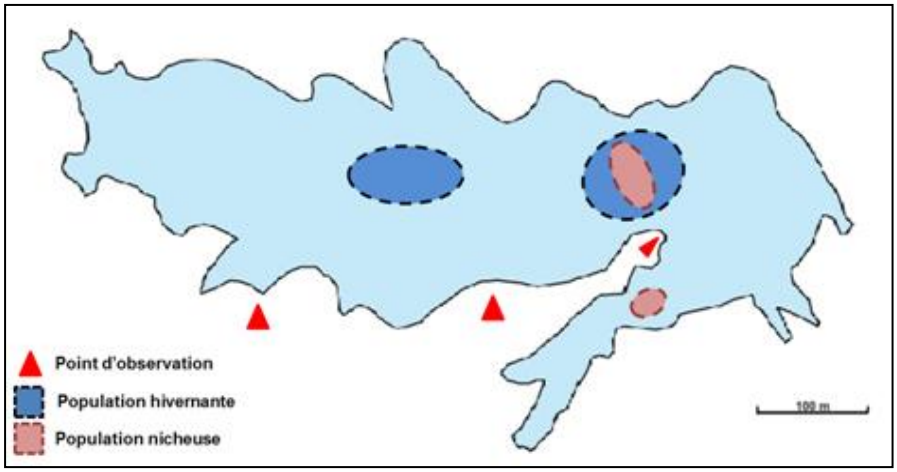


Figure 27 : Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Hadj Taher (Skikda, Algérie)

1.2. Garaet Beni M'Hamed

En ce qui concerne Garaet Beni M'Hamed, un effectif maximal de 78 individus a été enregistré durant la première quinzaine du mois de février 2013. Les valeurs autres donnent un aspect oscillatoire et n'atteignent pas les 40 individus **(Fig.28).**

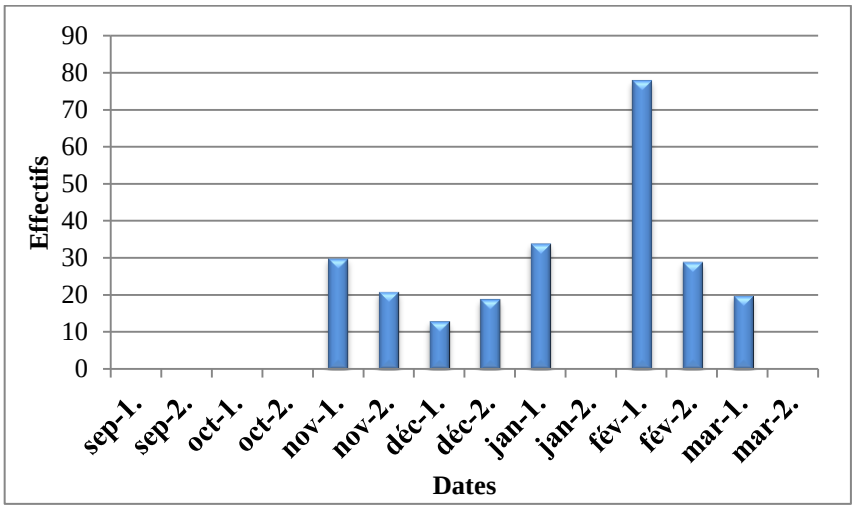


Figure 28 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Beni M'Hamed (2012-2013).

Ces oiseaux, sont observés surtout vers le secteur nord du plan d'eau qui est très éloigné de la route **(Fig.29).**

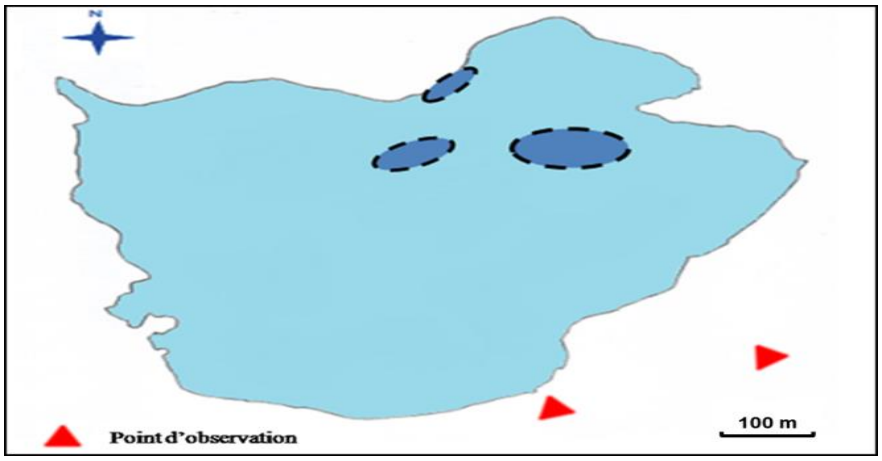


Figure 29 : Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Beni M'Hamed (Skikda, Algérie).

Garaet Beni M'Hamed présente un site de repos pour le Fuligule nyroca après les passages migratoires. Pendant le mois de février, elle attire des concentrations considérables de Fuligule nyroca venant des autres zones humides pour se reposer sur ce plan d'eau d'une faible couverture végétale, pour poursuivre leur migration vers les sites de reproduction.

1.3. Garaet Sidi Makhlouf

Les mêmes observations ont été notées pour la Garaet de Sidi Makhlouf **(Fig. 30),** présentant un aspect graphique semblable à celui de Garaet Beni M'Hamed. Avec sa forme allongée, Cette Garaet abrite des effectifs ne dépassant pas 78 individus qui forment des groupes occupant le secteur central **(Fig.31).**

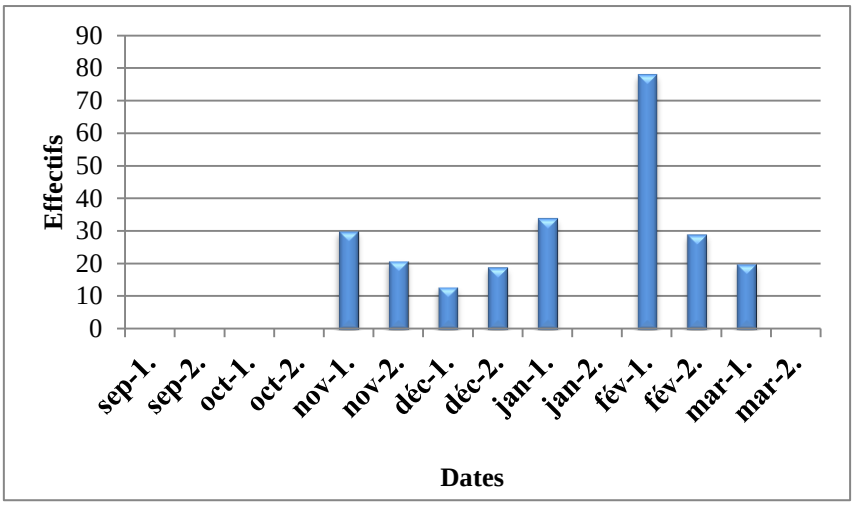


Figure 30 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Sidi Makhlouf (2012-2013).

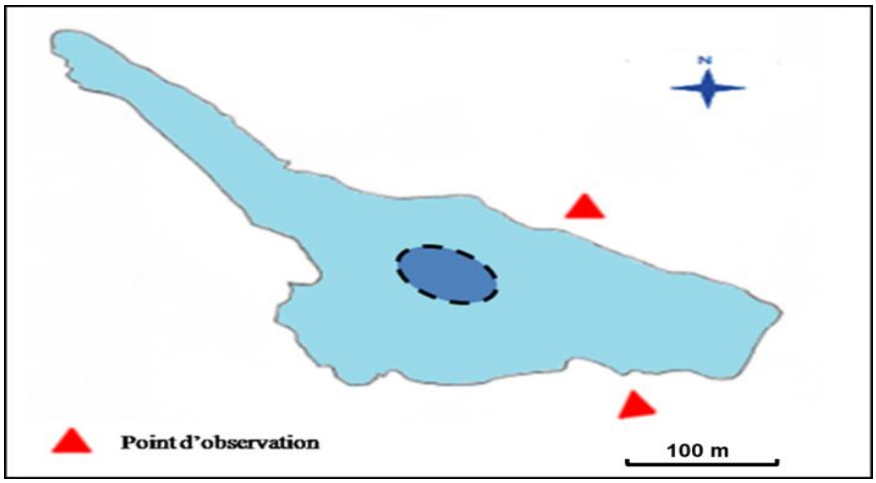


Figure 31 : Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Sidi Makhlouf (Skikda, Algérie).

Ce plan d'eau est peu fréquenté par le Fuligule nyroca, cela peut être en raison de sa proximité de la route et des agglomérations.

1.4. Garaet Chichaya

Quant au Garaet Chichaya, on observe une augmentation progressive à partir du mois d'octobre 2012 avec une faible diminution pendant la deuxième quinzaine du mois de novembre atteignant ainsi à un maximum de 43 individus pendant le mois de janvier 2013 pour diminuer à nouveau. Des effondrements sont aussitôt observés et ce jusqu'au mois de mars 2013 **(Fig. 32).**

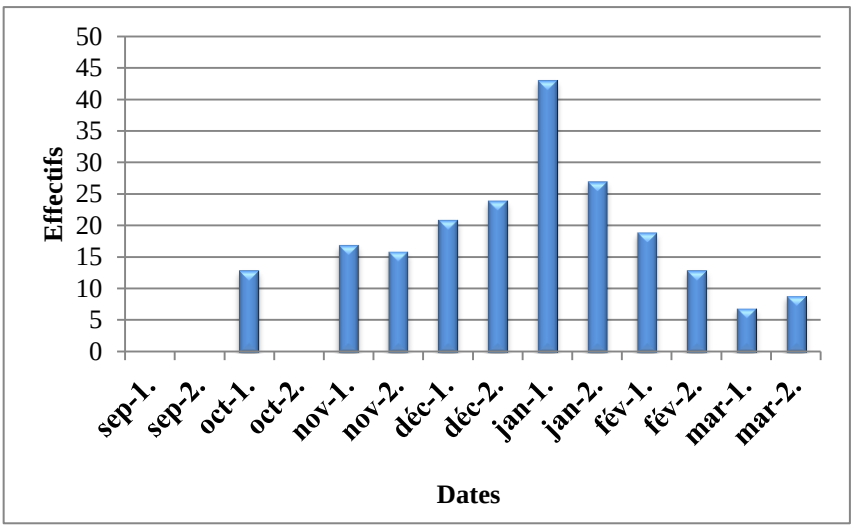


Figure 32 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Chichaya (2012-2013).

Ce plan d'eau héberge des effectifs allant de 7 à 43 individus qui se sont concentrés surtout dans la partie centrale de la Garaet **(Fig.33).**

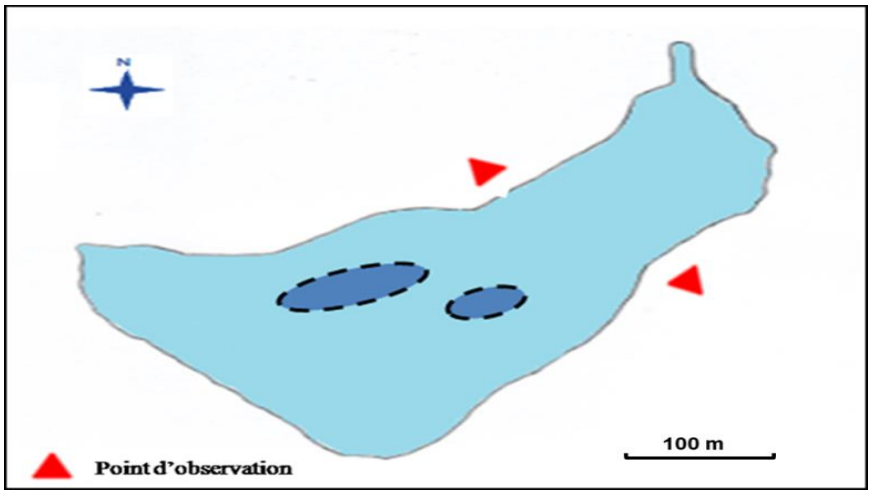


Figure 33 : Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Chichaya (Skikda, Algérie).

1.5. Garaet Messaoussa

Au niveau de la Garaet Messaoussa (Lac palustre) un maximum de 40 individus a été enregistré durant le mois de novembre **(Fig. 34)**. L'évolution des effectifs montre une tendance à la hausse dès le début de l'étude mais avec une représentativité individuelle demeurant faible.

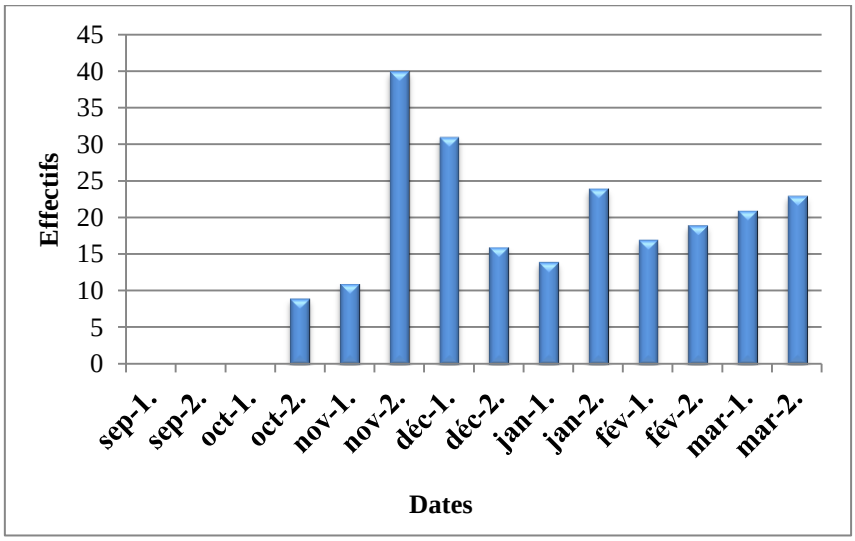


Figure 34 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Messaoussa (2012-2013).

La figure 35 illustre que ce canard plongeur occupe d'une manière préférentielle le secteur oriental de Garaet Messaoussa où ses effectifs oscillent entre 9 et 40 individus.

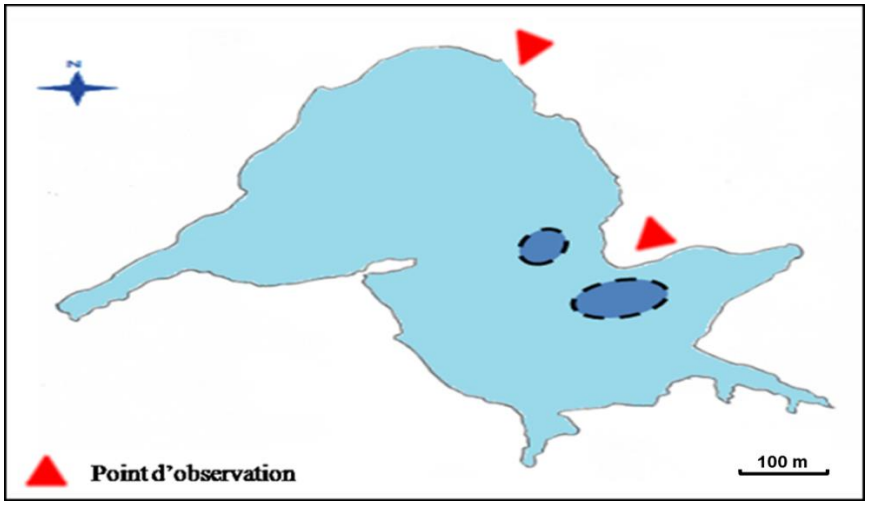


Figure 35 : Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Messaoussa (Skikda, Algérie).

Ce plan d'eau, caractérisé par une végétation abondante, est un bon refuge pour le Fuligule nyroca. Il assure l'alimentation ainsi que le repos loin de tout dérangement. A la fin de la saison d'hivernage, l'effectif du Fuligule nyroca se stabilise annonçant probablement le début de la nidification de cette espèce au niveau de cette Garaet.

1.6. Garaet Sidi Magroun

Au niveau de Garaet Sidi Magroun, le F. nyroca est peu représenté. Ses effectifs fluctuent entre 6 à 29 individus avec une absence totale pendant certaines sorties **(Fig. 36).**

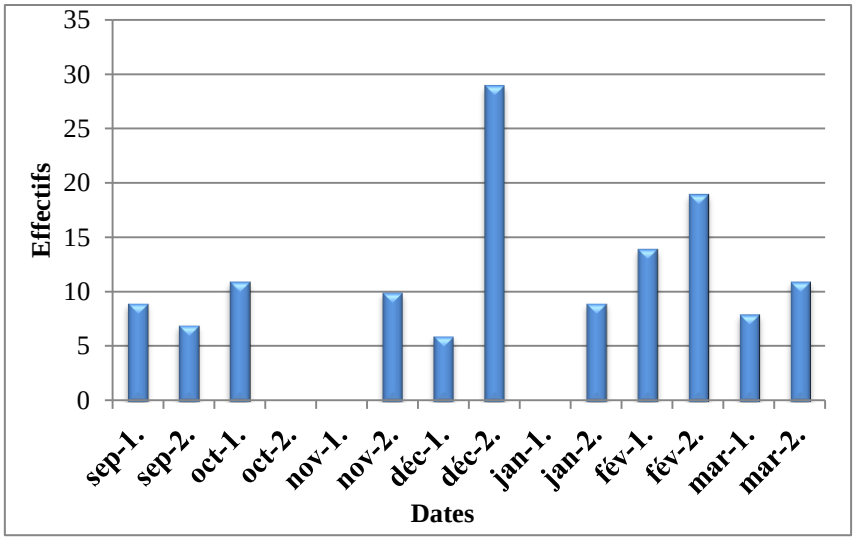


Figure 36 : Evolution des effectifs du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau de Garaet Sidi Magroun (2012-2013).

Ces oiseaux se sont surtout concentrés en un seul groupe préférant le secteur central du plan d'eau **(Fig.37).**

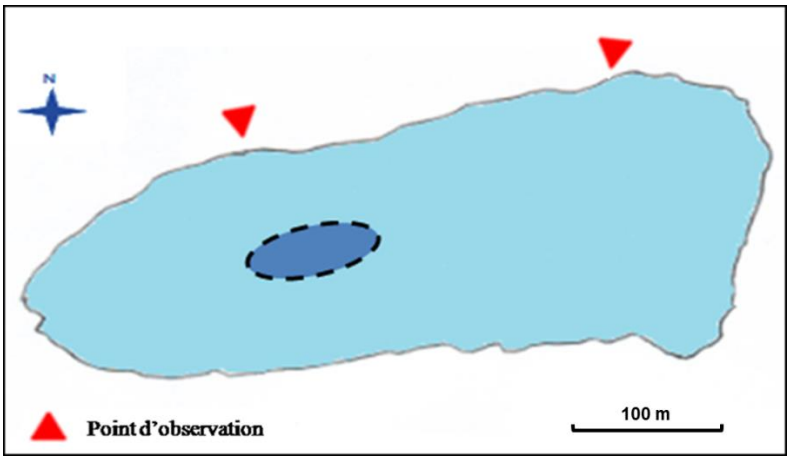


Figure 37 : Occupation spatiale de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* à Garaet Sidi Magroun (Skikda, Algérie).

Ce plan d'eau est très peu fréquenté par les Fuligules nyroca à cause de la proximité de la route et de sa faible superficie.

Partie 3

Etude des rythmes des activités diurnes

1. Rythme d'activité diurne

Le bilan du rythme d'activité diurne du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* pendant son hivernage au niveau de la Garaet Hadj Tahar a révélé que le sommeil représente l'activité diurne majeure de ce canard plongeur avec 42,47% du budget temps total. Il est suivi par l'activité de nage (20,63%), l'alimentation (19,32%), le toilettage ou l'entretien du plumage (9,37%) et enfin du vol avec un pourcentage de 7,74% **(Fig. 38).** L'activité de parade n'est représentée qu'avec un pourcentage très faible évalué à 0,47%.

Ces résultats concordent avec ceux trouvés dans le Lac des Oiseaux **(Houhamdi et Samraoui, 2008)** et au Lac Tonga **(Aissaoui *et al.*, 2009 ; 2011)** révélant le rôle de remise diurne des zones humides du littoral Est de l'Algérie. L'évolution de ces activités fluctuent dans le temps **(Fig. 39).**

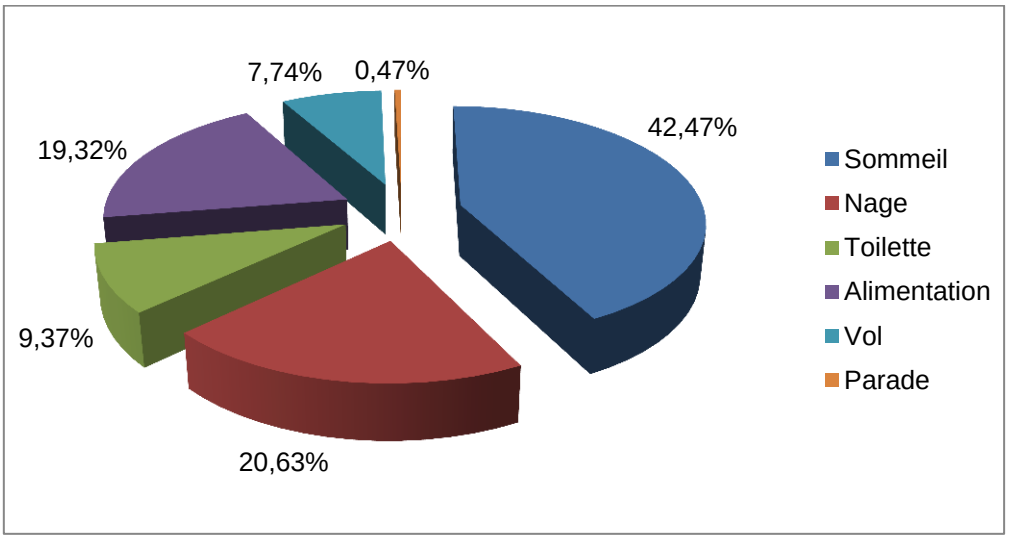


Figure 38 : Bilan du budget temps diurne des Fuligules nyroca *Aythya nyroca* hivernant au niveau de la Garaet Hadj Tahar (2011-2012).

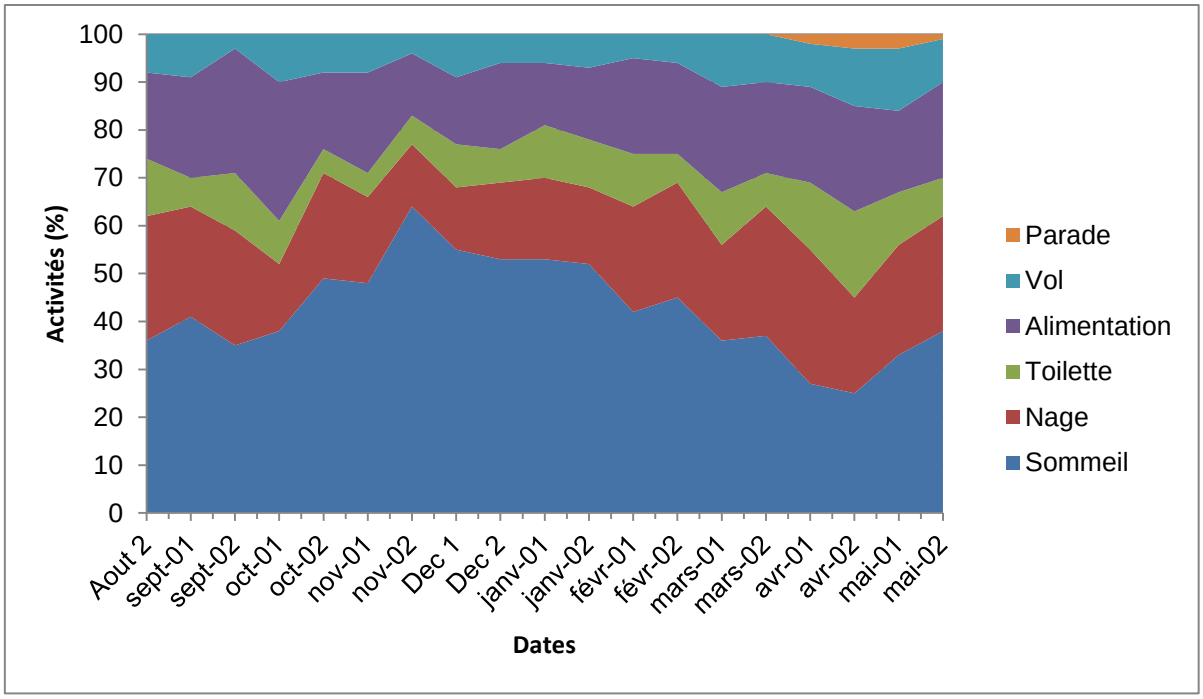


Figure 39 : Evolution des activités au cours de l'année (2011-2012) des Fuligules nyroca *Aythya nyroca* hivernant à la Garaet Hadj Tahar.

L'activité du sommeil présente des pourcentages variables dans le temps. Les valeurs maximales ont été enregistrées entre les mois d'octobre et de février avec un maximum cumulé équivalant à 64% noté pendant la deuxième quinzaine du mois de novembre 2012 ; période de migration postnuptiale des oiseaux **(Fig. 40a).** Ce repos diurne représente d'une part, un moyen pour minimiser les dépenses énergétiques **(Costa et Bondi, 2002 ; Tucakov, 2005 ; Boumezbeur *et al.*, 2005),** et d'autre part, il leur assure la récupération et le réarrangement des réserves énergétiques **(Tamisier et Dehorter, 1999 ; Green *et al.*, 1999 ; Houhamdi et Samraoui, 2008).**

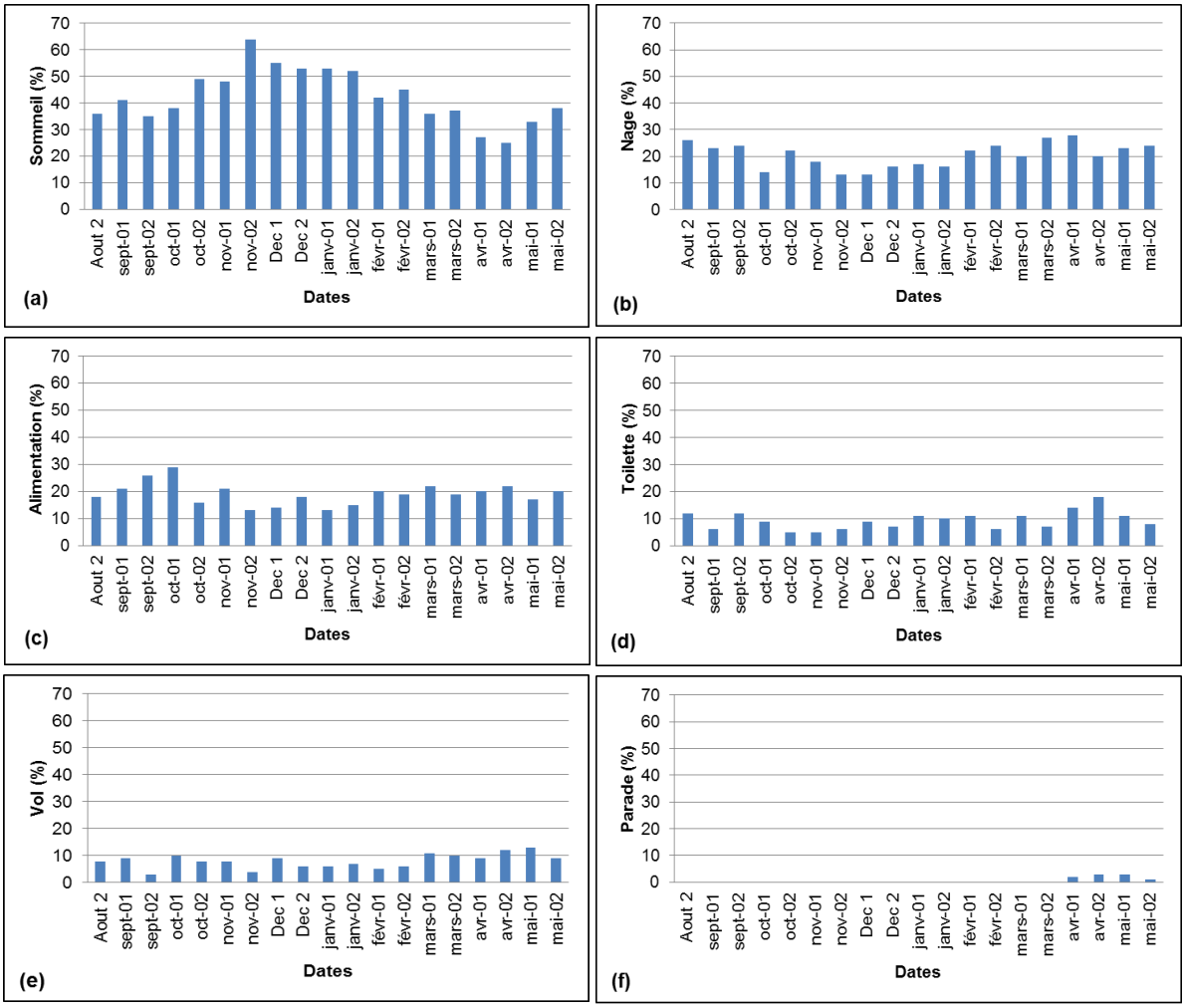


Figure 40 : Evolution des rythmes d'activités diurnes des Fuligules nyroca Aythya nyroca hivernant à Garaet Hadj Tahar (2011-2012).
(a) le sommeil, (b) la nage, (c) l'alimentation, (d) le toilettage, (e) le vol, (f) la parade.

La nage, chez le Fuligule nyroca, est une activité souvent associée à l'alimentation constituant ainsi une part importante de son comportement **(Houhamdi et Samraoui, 2008).** Elle occupe le deuxième rang et affiche des pourcentages oscillant entre 13 et 26% **(Fig. 40b).** Il est à noter que ce canard plongeur est plus actif au début de la saison d'hivernage, juste après son installation sur le site des premiers hivernants (août- septembre) et pendant le début de la période de reproduction (mois de mai) notés chez les individus résidents ou sédentaires sur le site.

L'activité alimentaire est nocturne chez pratiquement toutes les espèces d'Anatidés **(Tamisier, 1978 ; Tamisier et Dehorter, 1999 ; Houhamdi et Samraoui, 2001 ; 2003 ; 2008)** mais elle est souvent enregistrée pendant la journée à des pourcentages très faibles.

D'une manière générale, elle occupe une part faible dans le bilan des rythmes d'activités de ce canard plongeur hivernant dans la Garaet Hadj Tahar. Elle affiche des valeurs plus au moins stables pendant toute la période d'étude fluctuant entre 10 et 27% (**Fig. 40c**). Elle est observée surtout chez les premiers occupants du site et elle est souvent associée à la nage **(Houhamdi et Samraoui, 2008).**

Quant à l'entretien du plumage, caractérisé par des faibles pourcentage, il est considéré comme une activité secondaire chez le Fuligule nyroca **(Aissaoui *et al.*, 2009)**. La valeur maximale n'atteint pas 20 % en fin avril et de faibles valeurs sont enregistrées entre octobre et novembre avec 5% **(Fig. 40d).**

Le vol occupe une part très faible dans le bilan du rythme d'activités du Fuligule nyroca hivernant dans la Garaet Hadj Tahar. Il est légèrement plus élevé à la fin de l'étude et pendant les mois de mars, d'avril et de mai (**Fig.40e).** Il survient principalement suite à un dérangement par des rapaces (Busard des roseaux *Circus aeruginosus*), aux coups de fusil des chasseurs et des braconniers) ou suite à un vol de regroupement de ces oiseaux au centre du plan d'eau.

Les activités de parades ne sont observées qu'à partir du mois d'avril avec des pourcentages très faibles **(Fig. 40f)**. En effet, après le départ des hivernants, des scènes matinales de parades (hochement de tête, mouvement des ailes, poursuite des femelles, vols en solitaire…) sont notés dans cette zone humide.

2. Traitement statistique multivariée

Le plan factoriel 1x2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) affiche un cumul d'inertie égale à 69%. Le facteur 1 (des abscisses) oppose l'activité alimentaire associée souvent à la nage, au sommeil et aux activités de confort tel le toilettage. Le facteur 2 (des ordonnées) sépare le sommeil, activité principale des autres activités (activités de confort) **(Fig.41).** D'autre part, ce graphique expose une véritable distribution temporelle des activités mesurées dans le temps : Le sommeil caractérise la période allant de la fin octobre 2012 jusqu'à la fin janvier 2013. L'alimentation et la nage sont notées beaucoup plus chez les premiers occupants du site (août, septembre et octobre) et pendant le mois de mars, alors que le vol, l'entretien du plumage et l'activité de parade caractérisent la fin de la saison d'hivernage (mois d'avril et de mai).

En d'autres termes, l'évaluation du rythme d'activités des Fuligules nyroca au niveau de Garaet Hadj Tahar est subdivisée en trois périodes plus au moins distinctes ; le début de l'hivernage, caractérisé par l'alimentation associé aux déplacements dans l'eau (la nage) permettant de recharger l'énergie consommée pendant les déplacements migratoires. Le mi-hivernage, caractérisé par un emmagasinement de l'énergie, dominé par l'activité de sommeil, et la fin de l'hivernage, où nous observons des activités de parades annonçant le début de la période de reproduction. Pendant cette période, l'alimentation continue. Elle assure l'emmagasinement de l'énergie et la préparation à une migration préalable **(Fig.41).**

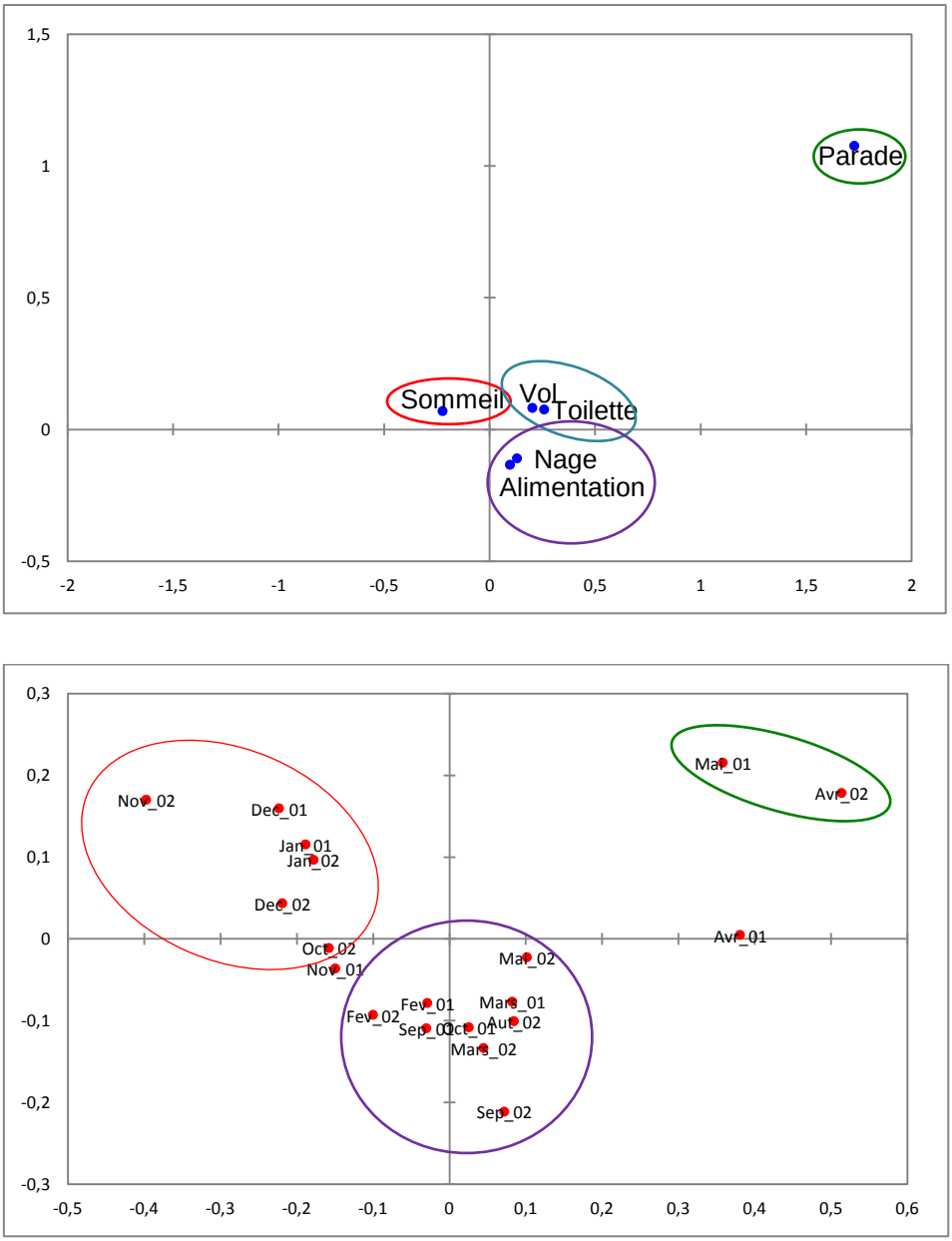


Figure 41 : Plan factoriel 1x2 de l'AFC appliqué aux données des rythmes d'activités diurnes des Fuligules nyroca (*Aythya nyroca*) hivernant au niveau de la Garaet Hadj Tahar. Axes d'inertie : 0.37, 0.32, 0.16 et 0.08.

Partie 4

Etude de la reproduction du Fuligule nyroca

En Algérie, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* est présent en tant que nicheur et hivernant sur les zones humides du littoral **(Boumezbeur, 1993 ; in Isenmann et Moali, 2000)**. Il est présent dans nos relevés durant toute l'année. On a cependant enregistré des effectifs faibles à partir du mois d'avril. En 2014, le nombre de couples est estimé à une dizaine dans Garaet Hadj Tahar.

Dans cette dernière, Ce canard est considéré comme un nicheur sédentaire, ce qui a été confirmé suite à nos investigations en concordance avec les données apportées par DGF (2002), Metallaoui et Houhamdi (2008) et Metallaoui (2010).

Les parades nuptiales ont commencé dès la deuxième semaine du mois d'avril. Quant à la ponte, elle s'est étalée à partir du début mai jusqu'à la fin de juin (24 juin). Quatre nids ont été trouvés et suivis durant la saison de reproduction de l'année 2014, et les différents paramètres reproducteurs mesurés seront illustrés dans l'ensemble des résultats.

Il est important de signaler qu'aucune étude n'a été menée sur la reproduction de l'avifaune aquatique dans Garaet Hadj Tahar à l'exception des travaux de Bara *et al.* (2014) sur la reproduction de la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*.

1. L'emplacement des nids

En 2014, les premiers nids ont été installés à partir de la dernière semaine du mois d'avril. D'après Lardjane-Hamiti (2013), les premiers nids ont été installés entre la troisième décade du mois d'avril et la première décade du mois de mai pour les deux saisons de reproduction étudiées (2010 – 2011).

L'emplacement des nids est dans des îlots à la proximité du rivage et dans des zones non émergées **(Fig. 42) (Tab.15).** Sur le Lac Tonga, ils sont édifiés dans des îlots à végétation très diversifiée **(Aissaoui, 2012).** Quatre nids ont été repérés dans Garaet Hadj Tahar.

Nos sorties ont permis de constater que la Foulque macroule (*Fulica atra*) représente l'espèce dont le nid est le plus souvent construit près de celui du Fuligule nyroca, en raison de sa présence et sa colonisation à Garaet Hadj Tahar pendant la saison de reproduction, où plus de 198 nids ont été recensés lors de la saison de reproduction de l'année 2014. Nous avons remarqué qu'un Canard colvert (*Anas platyrhynchos*) a partagé le même îlot sur lequel un des nids (le 4ème nid) de nyroca a été édifié **(Fig.43).**

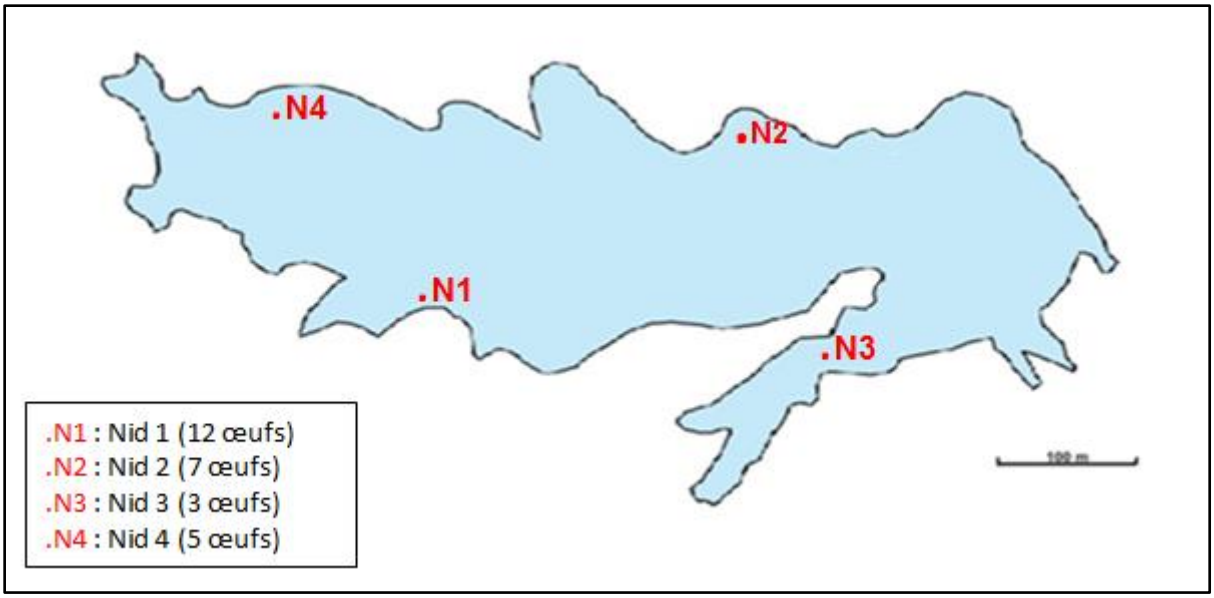


Figure 42 : Carte de l'emplacement des nids repérés à Garaet Hadj Tahar

Tableau 15 : Coordonnées géographiques des nids de Fuligule nyroca dans Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.

	X	Y	Z
Nid 1	36° 51' 57,81" N	7° 15' 01,01" E	11 m
Nid 2	36° 52' 01,71" N	7° 16' 01,07" E	13 m
Nid 3	36° 51' 41,38" N	7° 15' 51,61" E	11 m
Nid 4	36° 52' 07,57" N	7° 14' 53,45" E	9 m

Figure 43 : Ilot partagé par le Fuligule nyroca et le Canard Colvert (Photo prise par Merzoug SE.)

1.1. Matériaux de construction des nids

Le nid est une dépression garnie d'une épaisse couche de végétaux, de duvet gris et des plumes **(Fig.44).**

Le matériel végétal domine dans la construction des nids avec cinq espèces végétales dont *Cynodan dactylon, Paspalum distichum, Melilotus sp., Tripholium repens* et *Borrago grandifolius* qui ont été collectées et utilisées autour des nids. Trois nids sont composés essentiellement de tiges et feuilles sèches, de la végétation qui se trouve sur la berge du plan d'eau. Dans le quatrième, le Fuligule nyroca a pondu ses œufs (3 œufs) directement sur terre sans aucun support végétal avec absence de plumes.

Figure 44: Nids contenant 12 œufs du Fuligule nyroca dans Gareat Hadj Tahar (Photo prise par Merzoug SE.).

Le Fuligule nyroca camoufle son nid au sein de végétation haute et très dense ce qui rend leur recherche très difficile **(Fig.45).**

Figure 45 : Localisation des nids de Fuligule nyroca au sein de végétation dense (Photo prise par Merzoug SE.)

Selon Boumezbeur (1993), ce sont les Typhaies qui constituent le site de nids le plus favorable pour le Fuligule nyroca au niveau du Lac Tonga car c'est la plante qui, en période de ponte, offre les meilleures conditions de sécurité pour l'oiseau. Ainsi en absence de Typha, à cause du dépérissement (assèchement de 1991 au Lac des oiseaux), aucune plante n'offre un recouvrement et une assise suffisamment favorable pour la construction des nids du Fuligule nyroca. Les tiges et les feuilles de cette plante et de Roseau (*Phragmites australis*) sont aussi utilisées pour la construction des nids dans le Lac de Réghaia **(Lardjane-Hamiti, 2013).** Sur le sol, dans une végétation épaisse ou dans les roselières denses sur l'eau, le nid de cette espèce est fait à base de tiges de roseaux, des herbes et des feuilles **(Del Hoyo *et al.*, 1992 ; Lebedeva et Markitan 2001).**

1.2. Dimensions des nids, distances inter-nids et densité des sites de nidification

Les dimensions des nids varient d'un nid à un autre. Leur hauteur moyenne est de 19,66 ± 1,52 cm. Le diamètre externe moyen est de 27 ± 4 cm. Quant au diamètre interne moyen, il est de 15,33 ± 1,52 cm. Ces chiffres ne représentent que les mensurations de 3 nids vu qu'une femelle a pondu ses œufs sans construire un nid **(Tab. 16)**. Ces valeurs sont proches de celles fournies par Lardjane-Hamiti (2013), soit 27,33 ± 4,23 cm comme diamètre externe moyen, 16,06 ± 2,01 cm diamètre interne moyen, tandis que la hauteur moyenne est de 9 ± 2,69 cm.

Lebedeva et Markitan (2001), indiquent un diamètre externe moyen de 26,5 ± 2,1 cm, un diamètre interne moyen de 18,0 ±2,5 cm et une hauteur de 6,0 ±1,2 cm.

Tableau 16: Caractéristiques des nids du Fuligule nyroca dans Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.

	Nid 1	Nid 2	Nid 3	Nid 4	Moyenne
Diamètre externe (cm)	31	27	*	23	27 ± 4
Diamètre interne (cm	17	15	*	14	15,33 ± 1,52
Hauteur (cm)	21	20	*	18	19,66 ± 1,52

2. Phénologie de la reproduction

2.1. Date de première ponte

En supposant que la période moyenne d'incubation chez le Fuligule nyroca est de 26 jours **(Zhmud, 2003 ; Lardjane-Hamiti, 2013)**, nous avons pris en considération la date de la première ponte et avons déterminé la date de ponte du premier œuf du couple le plus précoce et celle du couple le plus tardif.

Notre étude nous a permis d'enregistrer la première ponte le 12 mai 2014 qui s'est étalée jusqu'au 24 juin. La période de ponte est de 6 à 7 semaines **(Tab. 17).**

Tableau 17 : Estimations des dates de ponte, périodes de ponte et dates d'incubation chez le Fuligule nyroca à Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.

Paramètre	2014
Date de 1ère ponte	12 Mai
Date de ponte de la nichée la plus tardive	24 Juin
Période de ponte	6 – 7 semaines
Nombre de nids suivis pour l'étude de la reproduction	4
Nombre de nids suivis pour l'étude de la biométrie des œufs	4
Nombre d'œufs pour l'étude de la biométrie des œufs	4

En comparant nos résultats avec ceux obtenus par Boumezbeur (1993), on remarque qu'il y a une grande différence après une décennie. Selon son travail, la période de ponte de Fuligule nyroca a commencé le 26 avril et s'est terminée le 13 juillet durant la saison de

reproduction 1991, soit une durée de 11 semaines. En 1992, elle a commencé plus tôt (le 14 avril) et s'est également achevée plus tard (le 7 juillet), soit une durée de 11 à 12 semaines.

D'un autre côté, d'après Lazli *et al.* (2012), la période de ponte chez le Fuligule nyroca au Lac Tonga s'est étalée sur 8 à 10 semaines, et les pontes ont toutes débuté entre mi et fin avril pour toutes les années de suivi (2006, 2007 et 2008). Tandis que dans le Lac de Réghaia, les premières pontes ont été observées le 26 avril 2010 et le 05 mai 2011, la ponte s'est étalée jusqu'au 15 juin 2010 soit une durée de 7 semaine et le 9 juin 2011 soit une durée de 5 semaines, ce qui concorde avec nos résultats **(Lardjane-Hamiti, 2013).**

2.2. La taille de la ponte

Selon notre suivi, le Fuligule nyroca a pondu entre 3 et 12 œufs. La taille moyenne des pontes a été de 6,75 ± 3,86 œufs/nid.

D'après Boumezbeur (1993), la taille moyenne de la ponte de cette espèce est de 3 à 19 œufs. Lebedeva et Markitan (2001), notent une taille de ponte de 4 à 17 œufs avec une moyenne de 9 ± 2,4. Lardjane-Hamiti (2013), note une taille de ponte de 3 à 14 œufs par nids avec une moyenne de 8,13 ± 3,04.

En Russie, la taille de ponte du Fuligule nyroca est de 7 à 11 œufs en moyenne, pouvant atteindre 14 œufs **(Dementiev et Gladkov, 1952).** Au Moyen Orient, une taille de ponte comprise entre 6 et 12 œufs, le plus souvent entre 8 et 10 œufs a été enregistrée **(Ali et Ripley, 1968).** Cramp et Simmons (1977), ont noté également une taille de ponte de 8 à 10 œufs par famille, mais pouvant aller de 6 à 14 œufs et d'après Johnsgard (1978), la taille de ponte pourrait être de 7 à 11 œufs, et exceptionnellement 14 œufs.

2.3. Mensuration des œufs

Les œufs de Fuligule nyroca sont lisses et mats, d'une forme ovale et d'une couleur brun clair à jaune crème.

Ce canard plongeur construit des nids dans un endroit protégé à l'abri des prédateurs et de tout dérangement afin de pondre et couver ses œufs. En prenant en considération ces conditions et pour éviter toute perturbation potentielle, pour chaque nid, un seul œuf a été mesuré.

On a noté une longueur moyenne de 50,77 ± 1,07 mm, une largeur moyenne de 36,62 ± 1,59 mm. Le poids est de 38,6 ± 1,08 g. Le nombre des œufs dans chaque nid, les données relatives aux dimensions des œufs mesurés ainsi qu'une comparaison avec les données fournies par la littérature sont résumés dans les tableaux 18 et 19.

Tableau 18 : Mensurations moyennes des œufs du Fuligule nyroca à Garaet Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.

	Nid 1	**Nid 2**	**Nid 3**	**Nid 4**	**Moyenne**
Longueur (mm)	51,2	50	52,1	49,8	50,77 ± 1,07
Largeur (mm)	37,2	35,6	38,6	35,1	36,62 ± 1,59
Poids (g)	39,1	37,3	39,8	38,2	38,6 ± 1,08
Volume (cm^3)	33,72	30,16	36,95	29,20	32,51 ± 3,54
Taille de la ponte	12	7	3	5	6,75 ± 3,86

Tableau 19 : Comparaison des dimensions moyennes des œufs des Fuligules Nyroca *Aythya nyroca* dans Gareat Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014 avec les données fournies par la littérature.

Sources	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Poids (g)
Etchécopar et Hüe (1964)	52,0	38,0	/
Ali et Ripley (1968)	51,7	37,9	/
Dementiev et Gladkov (1952)	52,3 (44,8-57,9)	38,2 (35,3-47)	40
Harrison (*in* Cramp et Simmons 1977)	52,3	38,2	/
Ogilvie (*in* Cramp et Simmons 1977)	53,0 (48-60)	38,0 (35-43)	36,0 (31-41)
Boumezbeur (1993)	51,91 (48-57)	36,97 (32-39)	38,6 (38-45)
Lebedeva et Markitan (2001)	51,4 (40-57)	37,7 (28-40)	41,1 (37,5-45)
Zhmud (2003)	51,07 (48,36-58,39)	37,30 (35,62-39,54)	40,87 (36-44)
Aissaoui (2012) saison de reproduction 2005	51,07 (48,36-58,39)	37,30 (35,62-39,54)	38,49 (32,50-45)
Aissaoui (2012) saison de reproduction 2006	51,18 (47,84-53,90)	37,47 (35,62-39,54)	38,30 (30-55)
Lardjane-Hamiti (2013)	51,55 (49,1-52,3)	38,48 (38,4-39,6)	39,55 (33-46)
La présente étude	50,775 ± 1,078193	36,625 ± 1,59243	38,6 ± 1,086278

2.4. Le succès à l'éclosion

Les premières éclosions dans Gareat Hadj Tahar ont été estimées le 06 juin 2014 et les dernières ont été notées le 19 juillet 2014. Cette estimation s'est faite en prenant en considération la date de la première ponte (le 12 mai 2014) et la dernière (le 24 juin 2014) additionnant ainsi la durée d'incubation, étant 26 jours.

Au niveau du Lac de Réghaia, les premières éclosions ont eu lieu à partir du 19 mai en 2013 et 31 mai en 2011 et les dernières ont été enregistrées durant la première semaine du mois de juillet en 2010 et 2011**(Lardjane-Hamiti, 2013)**.

Au niveau du Lac Tonga, la période des éclosions s'est étalée de la troisième semaine de mai à la première semaine d'aout, avec un taux élevé en juin **(Lazli *et al.*, 2012)**. Lebedeva et Markitan (2001), ont noté un début d'éclosion à la fin du mois de mai qui s'étale jusqu'au début du mois de juin.

Pour les quatre nids, la majorité des œufs a été prédatée, et on a remarqué que sur un total de 27 œufs, 10 seulement ont connu une éclosion **(Tab. 20)**, les autres ont été une proie pour les reptiles (Couleuvre d'eau *Nerodia sipedon* et Couleuvre vipérine *Natrix maura*), les rapaces (Busard des roseaux *Circus aeruginosus*) **(Fig. 46).** De plus, avec l'abaissement du niveau de l'eau, les îlots, hébergeant les nids, deviennent accessibles et les œufs risquent d'être écrasés suite au passage de certains bovins **(Fig. 47).** Le succès moyen de l'éclosion par tous les nids est de 37,037 %.

Tableau 20: Nombre d'œufs éclos ainsi que le taux d'éclosion chez le Fuligule nyroca à Gareat Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014.

	Nombre d'œufs éclos	**Succès à l'éclosion**
Nid 1	6	50 %
Nid 2	4	57,143 %

Figure 46: Prédation des œufs du Fuligule nyroca dans Gareat Hadj Tahar durant la saison de reproduction 2014 (Photo prise par Merzoug SE.).

Figure 47: Nid du Fuligule nyroca endommagé par le passage des animaux d'élevage (Photo prise par Merzoug SE.)

Les travaux de Boumezbeur (1993) annoncent un taux d'éclosion du Fuligule nyroca de 93,5 % et Lardjane-Hamiti (2013) a indiqué un taux de 80,55 % des nids qui ont parvenus jusqu'à l'éclosion.

2.5. Succès à l'envol

Il est difficile de calculer le succès de la reproduction à l'envol du Fuligule nyroca, vu que ce canard est très farouche. De plus, plusieurs facteurs biotiques (prédation, braconnage…) et abiotiques (détérioration du milieu, agriculture…), qui interviennent avant l'envol des poussins, peuvent affecter ces calculs.

2.6. Parasitisme interspécifique

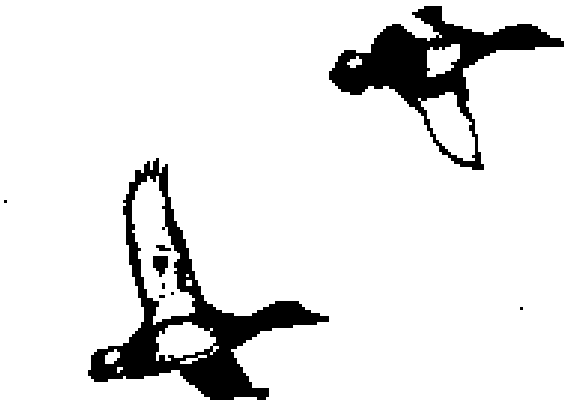
Le parasitisme des nids est bien connu chez les Anatidés **(Weller, 1959)**. Il peut être le résultat d'un manque de sites de nidifications appropriés **(Mikhelsons *et al.*, 1968)**.

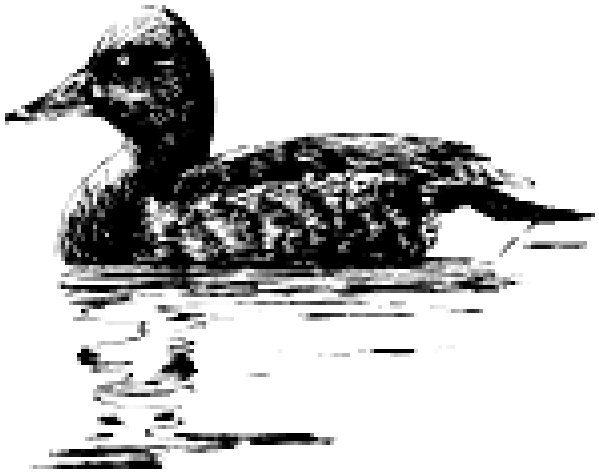
En étudiant la reproduction du Fuligule nyroca nous avons rencontré un cas de parasitisme où une femelle de cette espèce a pondu un œuf dans le nid d'une Foulque macroule (*Fulica atra*) contenant déjà 5 œufs **(Fig. 48).**

Selon Boumezbeur (1993), comme tous les Anatidés, le Fuligule nyroca peut aussi pondre ses œufs dans des nids appartenant à une espèce autre que la sienne. D'après Lardjane-Hamiti (2013), la majorité des nids du Fuligule nyroca édifiés près des nids du Fuligule milouin contenaient toujours au moins un œuf de ce dernier.

Figure 48 : Un nid de Foulque macroule *Fulica atra* contenait 5 œufs de Foulque macroule et 1 œuf de Fuligule nyroca *Aythya nyroca* (Photo prise par Merzoug SE.).

Conclusion





L'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja est composé d'une vingtaine de zones humides à intérêt international du fait qu'elles jouent un rôle primordial dans le maintien de l'avifaune aquatique tels Garaet Hadj Tahar, Beni M'Hamed, Messaoussa et Sidi-Makhlouf qui constituent des refuges hivernaux pour une grande diversité d'oiseaux d'eau, en particulier les canards plongeurs (Anatidés) représentés, entre autres, par le Fuligule nyroca *Aythya nyroca.*

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'évolution et du comportement diurne des populations de Fuligule nyroca hivernant dans le complexe de Guerbes-Sanhadja, leur distribution spatiale dans les importantes zones humides de ce complexe et l'écologie de la reproduction de cette espèce dans le plan d'eau le plus fréquenté. Et d'une autre part, nous avons essayé de mettre au point la qualité des eaux des zones humides choisies.

La fréquentation du complexe de Guerbes-Sanhadja par cette espèce a été remarquable tout au long de la période d'étude mais diffère d'une zone d'étude à une autre. Le Fuligule nyroca hiverne avec des effectifs d'importance internationale où plus de 800 individus ont été dénombrés pendant la saison d'hivernage 2012-2013 dans l'ensemble des Garaet visitées. Ces oiseaux semblent préférer les plans d'eau spacieux, vastes et éloignés de tout dérangement comme Garaet Hadj Tahar qui a été la plus fréquentée pendant la période d'étude.

Ce plan d'eau est aussi un lieu propice pour de nombreuses espèces d'oiseaux. C'est un lieu de nidification d'une dizaine d'espèces dont trois sont cités rares dans la bibliographie scientifique : la Poule sultane *Porphyrio porphyrio* (Rallidés) et l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* (Anatidés) et le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*.

L'étude du rythme d'activités diurnes, dans cette Garaet, a montré que le sommeil représente 42,47 % du temps sur la remise diurne, suivi de l'activité de la nage, associée souvent à l'alimentation. Tandis que le toilettage, le vol et la parade, représentent des activités secondaires en occupant les derniers rangs dans le bilan du comportement de ce canard plongeur.

Au cours de l'hivernage au niveau de Garaet Hadj Tahar, la saison est subdivisée en trois sous périodes : le début de l'hivernage caractérisé par un taux de sommeil élevé, la mi-hivernage par une activité nocturne associée à l'alimentation diurne et la fin d'hivernage où nous avons obtenu une activité accrue de parade.

La fréquentation de Garaet Hadj Tahar par une population significative du Fuligule nyroca « *Aythya nyroca* » a permis d'établir une étude sur l'écologie de sa reproduction où on a pu estimer une dizaine de couples dans cette Garaet. Cette espèce construit ses nids au niveau des îlots dans des zones non émergées, recelés au sein d'une végétation haute et très dense embrouillant ainsi leur recherche.

Au cours de notre suivi, établi à la saison de reproduction de l'année 2014, quatre nids ont été repérés où 3 à12 œufs/nid ont été pondus par le Fuligule nyroca.

Leur longueur moyenne des œufs est de 50,77 mm, la largeur moyenne est de 36,62 mm et le poids est d'une moyenne de 38,6 g. Sur 27 œufs, 10 seulement ont connu l'éclosion, en raison de la prédation par les reptiles et les rapaces et parfois ils sont écrasés suite au piétinement par le cheptel des bovins très abondant.

Cette espèce est connue aussi par le caractère de parasitisme et on a trouvé un de ses œufs pondu dans un nid d'une Foulque macroule *Fulica atra* (Rallidés).

La seconde partie de notre travail a été consacrée à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des importantes zones humides du complexe Guerbes-Sanhadja en se limitant à certains paramètres indicateurs de la pollution biologique. Dans l'ensemble, les eaux de nos zones d'étude sont d'une qualité passable à bonne avec une contamination minime à l'exception de Garaet Messaoussa et Garaet Chichaya présentant une remarquable présence des germes, en particulier les indicateurs de contamination fécale.

Résumé

Résumé

La présente étude sur l'écologie d'un oiseau d'eau figurant parmi les espèces protégées en Algérie et signalées sur la liste rouge de l'UICN « le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* » a été réalisée sur trois saisons d'hivernage (2010/2011, 2011/2012 et 2012/2013) au niveau des principales zones humides faisant partie du complexe de Guerbes-Sanhadja (wilaya de Skikda). La biologie de la reproduction de ce canard a été analysée pendant la saison 2014 au niveau de la Garaet Hadj-Tahar. Une seconde partie de cette étude a été consacrée à l'étude de la qualité de l'eau de ces hydrosystèmes.

L'effectif maximal de ce canard plongeur a été enregistré au niveau de Garaet Hadj Tahar, avec 605 individus observés pendant le mois de décembre 2012. L'étude du rythme d'activités diurnes a montré que le sommeil est l'activité dominante (42,47%), suivi de l'activité de la nage (20,63%), de l'alimentation (19,32%), du toilettage (9,37%) et enfin du vol (7,74%). La parade tient une part très minime dans ce bilan (0,47%.) et elle n'est observée qu'à la fin de la saison d'hivernage. En étudiant la reproduction de ce canard de la zone humide la plus fréquentée, quatre nids ont été repérés. Ils contiennent 3 à 12 œufs/nid et sur un total de 27 œufs, 10 seulement ont connu une éclosion.

Du point de vue qualité, les eaux des principaux plan d'eau sont de qualité passable à bonne avec une faible contamination à l'exception de Garaet Messaoussa et Garaet Chichaya où nous avons noté une présence remarquable des germes, en particulier les indicateurs de contamination fécale.

Mots clés : Fuligule nyroca, *Aythya nyroca*, hivernage, comportement diurne, Guerbes-Sanhadja, Algérie.

Abstract

The present study on the ecology of a water bird among the protected species in Algeria and reported on the IUCN Red List, "Ferruginous Duck *Aythya nyroca*", was realized on three wintering seasons (2010/2011, 2011/2012 and 2012/2013) in the principal wetlands of Guerbes-Sanhadja complex (Wilaya of Skikda). The reproductive biology of this duck was analyzed during the 2014 season at the Garaet Hadj Tahar. A second part of this work was devoted to the water quality study of these water plans.

The maximum number of Ferruginous ducks was recorded at Garaet Hadj Tahar, with 605 individuals observed during December 2012. The study of diurnal activities rhythm showed that sleeping is the dominant activity (42 47%), followed by the swimming (20.63%), feeding (19.32%), cleaning (9.37%), and finally flying (7.74%). While the parade, it takes a very small part of this report (0.47%) and wasn't observed until the end of the wintering season. By studying the reproduction of this duck in the more frequented wetland, four nests were spotted with 3 to 12 eggs / nest, where with a total of 27 eggs, only 10 have been hatching.

Concerning the water quality of the principal selected wetlands, it is considered as passable to good with a weak contamination, except for Garaet Messaoussa and Garaet Chichaya where we noted a remarkable presence of the germs, particularly indicators of fecal contamination.

Keywords: Ferruginous duck; *Aythya nyroca*; wintering; diurnal behaviour; Guerbes-Sanhadja; Algeria

الملخص

في هذا الموضوع و الذي تطرق الى الدراسة البيئية لنوع من البط و هو البطة الحديدية "aythya nyroca" حيث يعتبر هذا البط من الأنواع المحمية في الجزائر و المذكورة في القائمة الحمراء لـ: المنضمة العالمية للمحافظة على البيئة UICN. تمت هذه الدراسة خلال ثلاثة فصول شتوية (2011/2010، 2012/2011، 2013/2012) و هذا على مستوى اهم المسطحات المائية التابعة لمركب قرباز سنهاجا في ولاية سكيكدة، هذا في الشطر الأول من الدراسة . اما الشطر الثاني فكرس لمعاينة و متابعة نوعية مياه هذه المسطحات.

اظهرت الدراسة ان اكبر عدد لافراد هذا البط الغطاس كان على مستوى قرعة الحاج الطاهر حيث سجلنا 605 فرد خلا شهر ديسمبر 2012.

اما فيما يخص دراسة النشاط النهاري لهذا البط و مختلف ايقاعاته فقد توصلنا الى ان نشاط القيلولة هو السائد (42,47%) يليه في المرتبة الثانية السباحة (20,63%) ليحل في المرتبة الثالثة نشاط التغذية (19,32%) و رابعا تعديل و تصفيف الريش (9,37%) اما نشاط التحليق او الطيران فكان في المؤخرة (7,74%)، في حين نلاحظ فيما يخص نشاط استعراض التزاوج فكان بقيم دنيوية جدا (.0,47%) و لم تتم ملاحظته إلا في نهاية فصل الشتاء. وفي دراستنا لتكاثر هذا البط في المنطقة الرطبة التي تؤم اكبر عدد، عددنا أربعة اعشاش تحتوي من 3 الى 12 بيضة في العش الواحد لنحصل على 27 بيضة في المجموع، و سجلنا بعد فترة الحضن افقاص 10 بيوض فقط.

فيما يخص نوعية مياه المسطحات المائية الرئيسية المختارة فهي من مقبولة الى حسنة، مع تسجيل تلوثات ضعيفة فيما عدى قرعة المسوسة و قرعة شيشايا اين سجلنا و جود نسبة كبيرة للميكروبات و بالتحديد الجراثيم التي تشير الى تلوث برازي.

الكلمات المفاتيح :

البطة الحديدية *Aythya nyroca*، تشتية، السلوك النهاري، قرباز سنهاجا، الجزائر.

Références bibliographiques

Aboulkacem, A., Chahlaoui, A., Soulaymani, A., Rhazifilali, F., et Benali, D. 2007. Étude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc*). REMISE, vol1,* N°1, p : 10-22

Agrigon A. 2000. Annuaires de la qualité des eaux et des sédiments. *Dunod. Paris*. 206 p.

Aissaoui, R. 2012. Eco-éthologie des Anatidés dans la Numidie orientale : Cas de la Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans le Lac Tonga Thèse de doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 167p

Aissaoui, R., Houhamdi, M. et Samraoui, B. 2009. Eco-Éthologie des Fuligules Nyroca *Aythya Nyroca* dans le Lac Tonga (Site Ramsar, Parc National d'El-Kala, Nord-Est de l'Algérie). European Journal of Scientific Research. 28 (1): 47-59.

Aissaoui, R., Tahar, A., Saheb, M., Guergueb, L. et Houhamdi, M. 2011. Diurnal behaviour of Ferruginous Duck *Aythya nyroca* wintering at the El-Kala wetlands (Northeast Algeria)**.** Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie.33 (2) :67-75.

Ali, A. et Ripley, S.D. 1968. Handbook of the birds of India and Pakistan. Oxford University Press, Bombay-London-New York, vol. I. 384p

Altmann, J. 1974. Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour*.49: 227–266.

Amino, A. et Chausspied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. C.N.E.X.O.FRANCE. 395p.

Ankney, C.D., Afton, A.D., et Alisauskas, R.T. 1991. The role of nutreint reserves in limiting waterfowl reproductionn. The Condor 9: 1029-1032.

Archibald, F. 2003. Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec. Canada. 3 p.

Atoussi, S. 2014. Etude des rythmes d'activités diurnes des fuligules hivernants dans Garaet Hadj Tahar (Skikda, Nord-est Algérien). Thèse de Doctorat. Univ. 08 Mai 1945, Guelma (Algérie). 67p

Attab, S., 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud Berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Thèse de Magister en Biologie. Univ. Kasdi Merbah, Ouargla (Algérie). 152 p.

Azafzaf, H. 2003. The Ferruginous Duck in Tunisia. In : Petkov N., Hughes B. and Gallo-Orsi U. (Eds.) - Ferruginous Duck: From research to conservation,. Bird_life_International-BSPB-TWSG, Conservation Series N°6, Sofia. pp. 84-87.

Baaloudj, A**. 2008.** Contribution à la mise à jour de l'odonatofaune de l'Est algérien. Mémoire de magister : Ecologie et génie de l'environnement. Université 08 Mai 1945, Guelma (Algérie). 116p.

Bagnouls, F. et Gaussen, H. 1957. Les climats biologiques et leurs classifications. Annales de Géographie. France. Vol. 66. N° 355. pp 193-220.

Baldassare, G. A., Paulus, S. L., Tamisier, A., and Titman. R. D. 1988. Workshop Summary: Techniques for Timing Activity of Wintering Waterfowl. Waterfowl in Winter. Minneapolis: Univ. of Minnesota Press.

Bara, M., Merzoug S.E., Khelifa, R., Bouslama, Z. et Houhamdi, M. 2014. Aspects of the breeding ecology of the Purple Swamphen Porphyrio porphyrio in the wetland complex of Guerbes-Sanhadja, north-east Algeria. Ostrich: Journal of African Ornithology, 85(2).

Beaubrun, P. C.1988. Le Goéland leucophée (Larus cachinnans michahellis) au Maroc. Reproduction, alimentation, répartition et déplacements en relation avec les activités de pêche. Thèse Doctorat d'état, Univ. Montpellier (France), 448 p.

Beaux, JF. 1998. L'environnement repères pratiques. Nathan, ISBN 209-18243-3, pp. 64-71.

Bedouh, Y. 2014. Evaluation de la Toxicité des eaux usées Traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « Allium cepa ». Thèse de Doctorat. Annaba, Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). p128.

Belghiti, M.L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D. et El Moustaine, R. 2013. Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 21-36

Benderradji, M.L. 2000. Les milieux humides de l'extrême Nord-Est algérien de Guerbes aux confins algéro-tunisiens : *Eco géographie et aménagement*. Thèse d'Etat, Univ. Mentouri, Constantine (Algérie). 497p

Benderradji, M.L.K. 1988. Sensibilité des milieux naturels et problèmes d'aménagements dans les secteurs de Guerbes, Ben azzouz-El Marsa (Nord Est Algérien). Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Univ. Strasbourg I (France). 398p

Berche, P., Gaillard, J-L., et Simouet, M. 1988. Bactériologie, les bactéries des infections humaines. Flammarion Médecine Sciences. France. 660 p.

Biddau, L. 1996. Feeding succes and relationships of some spieces of waterbirds in the «Valli di Comacchio» (Italy). *Avocetta 20*: 138-143.

BirdLife International. 2004. Threatened Birds of the World 2004. CD-RomBirdLife International, Cambridge, UK.

Blondel, J. 1995. Biogéographie: Approche écologique et évolutive. Masson. 297p.

Blondel, J. 1969. Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux in Problème d'écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres.

Bou Saab, H., Nassif, N., El Samrani, A.G., Daoud, R., Samir, Medawar, S., et Ouaïni N. 2007. Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 20, n° 4, 2007, p. 341-352.

Boukhemza, M., Boukhemza-Zemmouri, N., et Voisin, J.F. 2007. Biologie et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans la vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie). A*ves*, 44 (4) 2007: 213 – 222.

Boukrouma, N. 2008. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (Wilaya d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister. Univ. 8 Mai 1945, Guelma (Algérie). 64 p.

Boulahbal, R. 2012. La prédation sur les populations de Cyanistes *caeruleus ultramarinus* (Paridae, Aves) dans les forêts du Nord-est Algérien : identité et impact des prédateurs durant la période de reproduction. Thèse de doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 102p

Boumezbeur, A. 1993. Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête Blanche *Oxyura leucocephala* et du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* sur le Lac Tonga et le Lac des oiseaux, Est algérien. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier (France), 254 p.

Boumezbeur, A., Moali, A., et Isenmann, P. 2005. Nidification du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et de l'échasse blanche Himantopus himantopusen zone saharienne (El Goléa, Algérie). Alauda.73 (2): 143-144.

Bourgeois, C.M. et Leveau, J.Y. 1980. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Tome 03. Lavoisier : Tec et Doc. 331 p.

Bricha, S., Ounene, K., Oulkheir, S,. El Haloui, N., et Attrassi, B. 2007. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). Afriques sciences. Vol. 03. N° 3. pp 391 - 404.

Camille, D. 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.

Carbonelle, D., Kouyoumdjian, S., et Audurier, A. 1988. Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France. 251 p.

Chahlaoui, A. 1996. Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat, Univ. de Meknès, (Maroc). 234 p.

Chalabi, B. 1990. Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune. Cas du Lac Tonga (P.N.E.K). Thèse magister. INA. Alger (Algérie). 133p.

Chaouch, R. 2007. Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba : aspect physicochimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Univ. Badji Mokhta, Annaba (Algérie). 105 p.

Chessel, D. et Doledec, S. 1992. ADE software. Multivariate analysis and graphical display for envirenmental data (version 4). Université de Lyon.

Chettibi, F., Khelifa, R., Aberkane,M., Bouslama, Z., et Houhamdi, M. 2013. Diurnal activity budget and breeding ecology of the White-headed Duck *Oxyura leucocephala* at Lake Tonga (North-east Algeria). Zoology and Ecology, 23:3, 183-190

Conservation des forêts de la wilaya de Skikda. 2004. Document dactylographié.

Costa, M., et Bondi, S. 2002. Statuse biologia dellamoretta tabaccata *Aythya nyroca*, nelcomplesso palustre di puntealberete e vallemandreiole (Ravenna). Riv. Ital. Orn. Milano.71(2): 125-131.

Cox R, J.R. et Kadlec, J.A. 1995. Dynamics of potential waterfowl foods in Great salt lake marshes during summer. Wetlands 15: 1-8.

Cramp, S. et Simmons, K.E.L. 1977. The birds of the western Palearctic.Vol.1. Oxford University press. Oxford.

Del Hoyo, J., Elliott, A., et Sargatal, J. 1992. Handbook of the birds of the world. Volume I. Barcelona, Spain: Lynx Edicions. 696pp

D.G.F, 2001 .Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. 56p.

D.G.F. 2002. Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. 3ème Edition, III. 58p

D.G.F. 2004. Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. 4ème edition, IV. 107p.

Dagnelie, P. 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. Les presses agronomiques de Gembloux. A.S.B.L. 362p

Degrémont SA. 1998. Mémento technique de l'eau 8ème édition. Tec et Doc. Paris. 986p

Del Hoyo, J., Elliott, A., et Sargatal, J. 1992. Handbook of the birds of the world. Volume I. Barcelona, Spain: Lynx Edicions. 696pp

Delarras, C. 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. 463 p.

Delarras, C.et Trébaol, B. 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation, prélèvements, Analyses. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. 249 p.

Dementiev, G.P. et Gladkov, N.A. 1952. Birds of the Soviet Union .vol 4. (English translation, Jerusalem. 1967). Ed. Sovetskaya. Moscow. 604p

Denis, F., Ploy, M.C., Martin, C., Bingen, E., et Quentin, R. 2007. Bactériologie médicale : Techniques usuelles. Elsevier Masson. 594 p.

DES. 2013. Direction de l'environnement de Skikda.

El Agbani, M. A., A. Qninba, M. Amezian, F. Cuzin, and M. Dakki. 2009. Le peuplement d'oiseaux d'eau du complexe des zones humides de Smir (Nord du Maroc): état actuel, intérêt patrimonial et évolution depuis les quatre dernières décennies. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie 31 (2): 103 – 110.

El Agbani, M.A. 1997. L'hivernage des anatidés au Maroc : principales espèces, zones humides d'importance majeure et propositions de mesure de protection. Thèse doctorat d'état. Univ. Mohamed V, (Maroc). 200 p.

Emberger, L. 1955. Une classification biogéographique des climats. Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci. Montpellier. France. 343 p.

Etchécopar, R.D. et Hüe, F. 1964. Les oiseaux du nord de l'Afrique, de la Mer Rouge aux Canaris. Ed. Boubée, Paris. 606p

Falissard, B. 1998. Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie. Masson. 332p.

Fernandez-Alvarez, R.M., Carballo-Cuervo, S., De la Rosa-Jorge, M.C. et Rodriguez-De Lecea J. 1991. The influence of agricultural run-off on bacterial populations in a river. J. Appl. Bacteriol. 70 : 437-442.

Gadsby, A.B. 1978. Territoriality and breeding biology of the coot *Fulca atra* at Attenborough. Master thesis. Univ. Durham, durham.

Gharsallah, Z. 2005. Evaluation de la pollution du littoral d'Annaba qualité microbiologique de l'eau et teneur en métaux lourds du sédiment superficielle. Mémoire de Magister. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 76p.

Green, A. J., Fox, A. D., Hughes, B., et Hilton, G. M. 1999. Time-activity budgets and site selection of White-headed Ducks *Oxyura leucocephala* at Burdur Lake, Turkey in late winter. Bird Study. 46: 62-73.

Hakmi, A. 2002. Traitement des eaux " analyse de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de Magister. Univ. des sciences et de la technologie, Oran (Algérie). 71 p.

Haouam, L. 2003. Ecologie et reproduction des Rallidés de la Numidie. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. 76p

Harrison, C., Sabrier, D., Devroye, C. Mangon,A., Devillers, P., et Allard, J.P. 1977. Le multiguide nature des nids et poussins d'Europe en couleur. Ed. Elsevier Sequoia, Bruxelles. 423p

Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD). 2007. Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.

Heim, De., Balsac, H., et Mayaud, N. 1962. Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique : distribution géographique, écologique, migration et reproduction. Ed. Le chevalier, Paris .486p

Houhamdi, M. 1998. Ecologies du Lac des Oiseaux, Cartographie, Palynothèque et utilisation de l'espace par l'avifaune aquatique. Thèse de Magistère. 198p

Houhamdi, M. 2002. Ecologie des peuplements aviens du Lac des Oiseaux (Numidie orientale). Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 183p.

Houhamdi, M., et Samraoui, B. 2001. Diurnal time budget of wintering Teal *Anas crecca* at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria.Wildfowl.52: 87-96.

Houhamdi, M. et Samraoui, B. 2002. Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des oiseaux (Algérie). Alauda. 70: 301-310.

Houhamdi, M., et Samraoui, B. 2003. Diurnal behaviour of wintering Wigeon *Anas Penelope* at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria. Wildfowl.54: 51-62.

Houhamdi, M. et Samraoui, B. 2008. Diurnal and nocturnal behaviour of ferruginous duck (*Aythya nyroca*) at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria. Ardeola 55: 59-69.

Hunter, C., Perkins, J., Tranter, J. et Gunn, J. 1999. Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire peak district in the U.K. Water Res. 33 (17): 3577-3586.

Isenmann, P. et Moali, A. 2000. Oiseaux d'Algérie-Birds of Algeria. Société d'études ornithologiques de France, Paris.

Isenmann, P., Gaultier, T., El Hili, A., Azafzaf, H., Dlensi, H. et Smart, M. 2005. Oiseaux de Tunisie. Birds of Tunisia. Société d'études ornithologiques de France, Paris.

Islam, Z. U. 2003. Ferruginous Duck in India. Pp. 104–113 in **Muzaffar, S. B. 2004.** Diurnal time-activity budgets in wintering Ferruginous Pochard *Aythya nyroca* in TanguarHaor, Bangladesh. FORKTAIL. 20 : 25–27.

Joffin, C. et Joffin, J.N. 1999. Microbiologie alimentaire. CRDP d'Aquitaine, 5ème édition. Doin. France. 185 p.

Joleaud, L. 1936. Etude géographique de la région de Bône et la Calle. Bull. Serv. Carte Géol de l'Algérie. 2 ème série stratigraphique. Description générale. 185p.

Khemmar, C. 1981. Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'Oued El-Kebir Ouest (wilaya de Skikda Algérie). Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Univ. Grenoble (France). 181p.

Kherifi, W., et Kherici-Bousnoubra, H. 2012. Évolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du lac mellah (Nord-est Algérien). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 11, Novembre 2012, pp. 109-118

Labres, E. et Moufffok, F. 2008. Les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie.53 p.

Lack, D. 1950. The breeding season of European birds. *Ibis*. 92.t.t. 288-316.

Lamotte, J., et Bourlière, A. 1969. Problèmes d'écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Masson. 151p.

Lardjane-Hamiti, A. 2013. Ethologie et biologie de la reproduction du Fuligule nyroca Aythya nyroca (Guldenstadt, 1770) et du Fuligule milouin Aythya ferina (Linnaeus, 1758) dans la réserve naturelle de Réghaia. Thèse de doctorat. Univ. Mouloud Mammeri, Tizzi Ouzou (Algérie). 120p

Launay, G. 1983. Dynamique de population du Goéland leucophée sur les côtes Méditerranéenne Française. Rapport Parc nat. Port. Cros / Parc nat. rég. Corse / C.R.B.P.O. / C.R.O.P. 51 p.

Lazli, A. 2011. Contribution à la connaissance de l'écologie et de la biologie de reproduction de l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au niveau du lac Tonga. Thèse de Doctorat. Univ. Abderrahmane Mira, Bejaïa (Algérie). 123p

Lazli, A., Boumezbeur, A., et Moali, A. 2012. Statue et phénologie de la reproduction du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au Lac Tonga (Nord-Est Algérien). Alauda. 80 (3), 219-228

Lebedeva, N.V. et Markitan, L.V. 2001. Problems of population dynamics of the white-Eyed pochard (*Aythya nyroca* Guld., 1770) in the Eastern Sea of Azov region. Russian Journal of Ecology . Vol. 32, No. 6 : 425-431

Lebres, E. 2002. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.

Leclerc, 1996. Microbiologie générale. Doin. France. 368 p.

Ledant, J. P., Jacob, J. P., Jacob, P., Malher, F., Ochando, B. et Roche, J. 1981. Mise à jour de l'avifaune Algérienne. Le Gerfaut 71 ; 295 – 398.

Lightfoot, N.F. 2002. Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. 387 p.

Losito, M. P., E. Mirarchi, and G. A. Baldassare. 1989. New Techniques for Timing Activity Studies of Avian Flocks in View-restricted Habitats. Journal of Field Ornithology60: 388–396.

Loup, J.P. 1974. Les eaux terrestres. Collection dirigée par Jean Pelletier. Masson et Cie. Paris Ive 1974. 14p.

Maazi, M.C., Saheb, M., Bouzegag, A., Seddik, S., Bensaci, Y. N., Mayache, B., Chefrour, A., et Houhamdi, M. 2010. Ecologie de la reproduction de l'Echasse blanche *Himantopus himantopus* dans la Garaet de Guellif (Hauts plateaux de l'Est Algérien). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de laVie, 2010, n°32 (2), 101-109.

Madge, S. et Burn, H. 1988. Wildfowl: an identification guide to the ducks gees an swan ofthe world. Christopher Helm, Bromley, U. K. 288p.

Mayat, S. 1994. Techniques de traitement: aliments et eaux, *1ère édition*, *Edisem*, 195p.

MEEDDAT – MNHN. 2009. Fiche projet "Fuligule nyroca *Aythya nyroca*". Cahiers d'habitat "Oiseaux". Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire/Museum National d'Histoire Naturelle.

Menaï, R. 1993. Contribution à la mise à jour de l'odonatofaune algérienne. Thèse de Magister, Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 148p

Merzoug, S. 2010. Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Univ. 08 Mai 1945 de Guelma, (Algérie). p : 119

Metallaoui S et Merzoug A. 2009. Observation hivernale de la Nette rousse *Netta rufina* prés de Skikda (Algérie). Alauda 77(1), 2009.

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

Metallaoui, S. 2010. Écologie de l'avifaune aquatique de Garaet Hadj- Tahar (Numidie occidentale). Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie).120p.

Metallaoui, S. et Houhamdi, M. 2010. Biodiversité et écologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). Hydroécologie. Applliqué. 17: 1–16.

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

Mikhelsons, H.A., Lejins, G.T., et Mednis, A.A. 1968. Nesting ducks of Lake Engure and their inverstigation. In Ecology of waterfowl of Latvia. Zinatne, Riga. 7-43

Ministère algérien des ressources en eau. 2009

Monod, T. 1989. Méharées géographiques (N.A.N.I) normes Algérienne et normes international (2002). France loisir. 233 p.

Mouffok, F. 2001. Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger.40 p.

Moulai, R. 2006. Bioécologie de l'avifaune terrestre et marine du Parc National de Gouraya, cas particulier du Goéland leucophée, Larus michahellis Naumann, 1840. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique, El Harrach (Algérie).141p.

Mullarney, K., Svensson, L., Zetterström, D., Peter, J. et Grant, J. 2007. Guide ornitho, les 848 espèces d'Europe en 4000 dessins. Edition, Delachaux et Nestlé. Paris. 399 p.

Nilsson, L. 1970. Food-seeking activity of south Swidich diving ducks in the non-breeding season. Oïkos 21: 125-154.

Ntiamoa-Baïdu, Y., Piersma T., Wiersma P., Poot M., Battley P. et Gordon, E. 1998. Water depth selection, dialy feeding routines and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. Ibis 140: 89-103.

Ogilvie, M.A. 1975. Ducks of Britain and Europe. Berkhamsted, Poyser. 206p

Ozenda, P. 1982. Les végétaux dans la biosphère. Doin. Ed: Paris, 431p.

Patrick, B. Gaillard J.L et Simonet M. 1988. Bactériologie, collection de la biologie à la clinique, Flammarion, France, 660p.

Paulus, S.L. 1984. Activity budgets of non breeding Gadwalls in Louisiana. J. Wildl. Manage. 48: 371-380.

Pechère, J.C., Acar, J., Grenier, B., et Nihoul, E. 1982. Reconnaitre, comprendre et traité les infections. 4ème édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. Canada. 509 p.

Perrins, C. 1974. Birds of Britain and Europe. First univ. Texas, Glasgon. 360p.

Pilet, C., Bourdon, J.L., Toma, B., Marchal, N., Balbastre, C., et Person, J. M. 1987. Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. Doin. France. 371 p.

Pirot J, Y., Chessel, D., et Tamisier, A. 1984. Exploitation alimentaire des zones humides de Camargue par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit: modélisation spatio-temporelle. Revue d'Ecologie. (Terre et Vie) 39:167-192.

Pirot, J.Y. 1981. Partage alimentaire et spatial des zones humides camarguaises par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit. Thèse de doctorat. Univ. Pierre et Marie Curie. 135p.

Potiez , D. 2004. Fiche technique: Le Fuligule nyroca. Chronique d'Avifauna N°10: 37.

Poulin, B. et Lefebvre, J. 1997. Estimation of arthropds available to birds: Effect of trapping technique, Prey distribution and bird diet. J. Field. Ornithol. 68: 426-442.

Raymond. 1977. Le traitement des eaux. 2ème édition. Dunod, France. 387p.

Reeber, S. 2002. Problèmes d'identification posés par les hybrides de fuligules *Aythya sp.*en Europe de l'Ouest. Ornithos. 9(5): 177-209.

Reinert, S.E. et Mello, M.J. 1995. Avian community structure and habitat use in the Southern New England estuary. Wetlands 15: 9-19.

Rejsek, F. 2002. Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP), Bordeaux. 358 p.

Rihane, A.2012. Reproduction du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans l'estuaire de l'Oeud El Maleh, Mohammedia. Go-South Bull.9 : 155-160

Robinson, J. A. 2003. A Global Overview of the Ecology of the Ferruginous Duck. " In Ferruginous Duck: From Research to Conservation. Conservation Series n°6, edited by N. Petkov, B. Hughes, and U. Gallo-Orsi, 114 – 121. So fi a: Birdlife International-BSPB-TWSG.

Robinson, J.A. et Callaghan, D.A. 2003. The Feruginous Duck as a near-threatened species : problems, causes and solutions. In PETKOV, N., HUGHES, B. and GALLO-ORSI, U. (eds). Ferruginous Duck : from research to conservation. Conservation Series N°6. BirdLife International / BSPB / TWSG, Sofia. 138-143.

Robinson, J.A. et Hughes, B. 2003b. The global status and distribution of the Ferruginous Duck. Pp.8–17 in Petkov, N., Hughes, B. et Gallo-Orsi, U. (edit.) Ferruginous Duck: from research to conservation. Conservation Series No.6. Sofia: Birdlife International, RSPB and TWSG.

Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H. et Rodi, L. 1996. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris. 1383 p.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. et *coll.* 2009. L'Analyse de l'eau. 9éme édition. Dunod. Paris. 1579 p.

Rose, P.M. et Pirot, J.Y. 1990. The international waterfowl census in Africa.1957-1985. IWRB Special Publication N°12.

Roux, F. et Jarry, G. 1984. Numbers, composition and distribution of populations of Anatidae wintering in West Africa. Wildfowl, 35: 48-60.

Roux. 2003. TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Univ. Paris, 12 p.

Samraoui, B. et De Belair, G. 1997. The Guerbes-Sanhadja wetlands: part I. Overview. Ecologie. 28: 233-250.

Sayad, L. 2008. Qualité physicochimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf). Mémoire de Magister. Univ. Badji Mokhtar Annaba. (Algérie). 125 p.

Schricke V. 1982. Les méthodes de dénombrement hivernal d'Anatidés et Foulques, de la théorie à la pratique. La sauvagine et la chasse 253:6-11

Sedinger, J.S. 1997. Adaptations to and consequences of an herbivorous diet in grouse and *waterfowl. The Condor* 99: 314-326.

Seltzer, P. 1946. Le climat de l'Algérie. Imp. La Typo-Litho et J.C. in 4ème, Alger, 219p

Soltner, D. 1999. Les Bases De La Production Végétale. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2. France. 396 p.

Sueur, F. et Triplet, P. 1999. Les oiseaux de la baie de Somme. Ed. Syndicat mixte. Aménag. Côte Picarde, Groupeornithologique Picard, 509 p.

Tamisier, A. 1978. The functional units of wintering ducks: A spatial integration of their comfort and feeding requirements. Verh. Orn. Ges. Bayern. 23: 229-238.

Tamisier, A. et Dehorter, O. 1999. Camargue: Canard et Foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver [Camargue: Ducks and Coots. Performance of a Prestigious Winter Quarters]. Nimes: Centre Ornithologique du Gard.

Tamisier, A. et Dehorter, O. 1999. Camargue: Canard et Foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre Ornithologique du Gard. Nimes. 369p.

Thévenot, M., Vernon, R. et Bergier, P. 2003. The birds of Morocco. BOU checklist Series. N° 20, 1ere edition.BOU & BOC, London.

Thomas J.P. 1975. Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El-Kala. Thèse Doctorat Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc. 189p.

Thomas, G. 1976. Habitat usage of wintering ducks at de Ouse Washes England. Wildfowl, 27: 148-152.

Toubal, O. 1986. Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale). Cartographie au 1/25 000ème, U.S.T.M. Doctorat 3ème cycle Univ. Grenoble (France), 111p.

Tucakov, M. 2005. Migration of common pochard *Aythyaf erina* and ferruginous duck *Aythya nyroca* on Kolut Fishpond (Northern Serbia). Aquila. 112: 15-22

Weller, M.W. 1959. Parasitic egg laying in the Redhead (*Aythya nyroca*) and other North American Anatidae. Ecol. Mongor. 29 (2): 118-121

Zhmud. 2003. Status of the Ferruginous duck in the Ukrainian Danube Delta and adjacent areas in Petkov N., Hughes B. and Gallo-Orsi U. 2003. Ferruginous Duck: from research to conservation. Bird Life Intern., Conservation Series N°6, 144 p.

Zitouni, A. 2014. Ecologie de la reproduction de la Foulque macroule (*Fulica atra*) dans le Lac Tonga (Parc National d'El-Kala). Thèse De doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie).79p.

- **Liens Webographiques**

BirdLife International. 2012. Species factsheet: *Aythya nyroca*. Downloaded from http://www.birdlife.org on 25 October 2012.

Birdlife International And Nature Serve, 2013 téléchargé à partir de http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=22680373

Collin, D. Et Le Dantec, D. 2002. Fuligule nyroca - *Aythya nyroca* - *Ferruginous Duck*. Téléchargé à partir de http://www.oiseaux.net/oiseaux/fuligule.nyroca.html

Gérard, C. M. 2006. Physique et chimie marines. *Document de PDF*. 6p. (07/2008).

Jonssonl, N. 1994. Oiseaux – ornithologie. Téléchargé à partir de : http://www.aerien.ch/oiseaux/Afrique/ANSERIFORMES/ANATIDAE/Aythya_nyroca.php

Annexes

Tableau : Avifaune aquatique recensé à Garaet Hadj-Tahar (Metallaoui et Houhamdi, 2008)

Espèce	Statut				Maximum observé	
	Nicheur Sédentaire	Nicheur migrateur	Hivernant	Visiteur de passage	Nombre	Date(s)
Podicipédidés						
Tachybaptus ruficollis Grèbe castagneux	X				300	sept–nov 2006
Podiceps cristatus Grèbe huppé	X				100	7 oct 2006
Podiceps nigricollis Grèbe à cou noir			X		11	16 nov 2006
Phalacrocoracidés						
Phalacrocorax carbo Grand cormoran				X	13	5 fév 2007
Ardéidés						
Nycticorax nycticorax Héron bihoreau				X	7	4 sept 2006
Ardeola ralloides Héron crabier				X	21	7 oct 2006
Bubulcus ibis Héron garde-bœufs	X*				4.000	17 oct 2006
Egretta garzetta Aigrette garzette	X*				400	17 août 2006
Egretta alba Grande Aigrette			X		5	6 nov 2006
Ardea cinerea Héron cendré		X*			12	7 oct 2006
Ciconiidés						
Cicinia ciconia Cigogne blanche		X*			9	13 fév 2007
Threskiornithidés						
Plegadis falcinellus Ibis falcinelle				X	16	16 nov 2006
Anatidés						
Anas penelope Canard siffleur			X		1.400	7 fév 2007
Anas strepera Canard chapeau			X		1.560	28 jan 2007
Anas crecca Sarcelle d'hiver			X		1.200	18 oct 2006
Anas platyrhynchos Canard colvert	X		X		1.000	8 sept 2006
Anas acuta Canard pilet			X		313	26 nov 2006
Anas querquedula Sarcelle d'été				X	3	11 août 2005
Anasa clypeata Canard souchet			X		2.600	28 jan 2007
Marmaronetta angustirostris Sarcelle marbrée				X	42	17 sept 2006
Aythya ferina Fuligule milouin			X		1.530	11 jan 2007
Aythya nyroca Fuligule nyroca	X		X		800	nov–déc 2006
Aythya fuligula Fuligule morillon			X		63	28 jan 2007
Oxyura leucocephala Érismature à tête blanche	X		X		89	11 jan 2007
Accipitridés						
Pandion haliaetus Balbuzard pêcheur				X	2	28 sept 2006
Circus aeruginosus Busard des roseaux	X				6	28 sept 2006
Rallidés						
Rallus aquaticus Râle d'eau				X	2	28 déc 2006
Porphyrio porphyrio Talève sultane	X				11	6 nov 2006
Gallinula chloropus Gallinule poule-d'eau	X				7.100	5 fév 2007
Fulica atra Foulque macroule	X			X	100	18 oct 2006
Recurvirostridés						
Himantopus himantopus Échasse blanche				X	5	4 sept 2006
Recurvirostra avosetta Avocette élégante				X	7	18 jan 2007
Charadriidés						
Charadrius dubius Petit Gravelot				X	8	3 nov 2006

Charadrius hiaticula Grand Gravelot		X	5	3 nov 2006
Charadrius alexandrinus Gravelot à collier interrompu		X	3	26 nov 2006
Pluvialis squatarola Pluvier argenté		X	1	26 nov 2006
Vanellus vanellus Vanneau huppé	X		250	11 jan 2007
Scolopacidés				
Calidris minuta Bécasseau minute		X	13	14 nov 2006
Calidris ferruginea Bécasseau cocorli		X	7	14 nov 2006
Calidris alpina Bécasseau variable		X	4	14 nov 2006
Philomachus pugnax Combattant varié		X	4	9 nov 2006
Gallinago gallinago Bécassine des marais		X	3	11 nov 2006
Limosa limosa Barge à queue noire		X	4	18 jan 2007
Tringa erythropus Chevalier arlequin		X	3	29 déc 2006
Tringa totanus Chevalier gambette		X	11	21 déc 2005
Tringa stagnatilis Chevalier stagnatile		X	5	21 déc 2005
Tringa nebularia Chevalier aboyeur		X	2	18 jan 2007
Tringa glareola Chevalier sylvain		X	2	18 jan 2007
Laridés				
Larus ridibundus Mouette rieuse		X	14	18 jan 2007
Larus cachinnans Goéland leucophée		X	7	5 fév 2007
Sternidés				
Chlidonias hybrida Guifette moustac		X	22	7 oct 2006
Alcedinidés				
Alcedo atthis Martin-pêcheur d'Europe	X			2 sept 2006–jan 2007

Tableau : Table NPP de Mac Grady.

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		