وزارة التعليم العـــالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY

جـــامعة باجي مختار- عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA

Année 2019

Faculté des Sciences de la Terre
Département de géologie

THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat en Sciences

Option: Hydrogéologie

THEME

Ressources en eau, gestion intégrée et perspectives d'un aménagement du complexe des zones humides de Guerbes (Nord Est algérien)

Présentée par : HEDJAL Sihem

Directeur de Thèse : M^r ZOUINI Derradji **Pr. Université Badji Mokhtar-Annaba**

Devant le jury :

Président	**M^r. DJORFI Saadane**	**Pr. Université Badji Mokhtar-Annaba**
Examinateurs	**M^r. KACHI Slimane**	**Pr. Université 08 Mai 1945 - Guelma**
	M^r. MAOUI Ammar	**Pr. Université 08 Mai 1945 - Guelma**
	M^r. ZENATI Noureddine	**MCA.Université Med C Messaadia -Souk Ahras**
	M^r. SAYAD Lamine	**MCA. Université Badji Mokhtar-Annaba**

REMERCIEMENTS

A la fin de ce travail j'adresse mes sincères remerciements à mon bon Dieu le grand créateur qui m'a guidé dans mes pats pour arriver à ce niveau.

La réalisation de ce travail n'aurait vu le jour et touchant aux résultats attendus sans le support continu de mon encadreur monsieur le Professeur Derradji ZOUINI. Je désire lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de cette thèse.

Je tiens également à remercier, Monsieur DJORFI Saadane professeur à l'université d'Annaba, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury, ainsi que Messieurs, KACHI Slimane professeur à l'université de Guelma, MAOUI Ammar professeur à l'université de Guelma, ZENATI Noureddine Maître de conférences A à l'université de Souk Ahras et SAYAD Lamine Maître de conférences A à l'université d'Annaba, qu'ils trouvent ici mes vifs remerciements.

Aussi ma reconnaissance à tout le personnel de l'O.N.M de Skikda, la DRE de Skikda et l'ANRH (Antenne d'Annaba) surtout à Mr Abdelmadjid BOUCHEBCHEB, qui a toujours exprimé sa disponibilité quand il s'agit de l'acquisition des données de base.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Melle Souad de l'ADE de Skikda.

Merci à mes collègues Boularess et Fateh de m'avoir accompagné sur le terrain lors des prises de photos, l'échantillonnage, sorties….

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à monsieur MESSAI Djamel du District des forêts de Ben Azzouz pour m'avoir guidé sur le terrai.

Je n'oublierai jamais l'aide, les conseils et surtout les encouragements et le soutient moral de mon cher mari et ma famille, surtout ma mère m'a plus chère au monde et ma sœur.

Mon Remerciement spécial à tous ceux qui ont contribué de loin où de près à l'élaboration de cette thèse.

Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tout.

Sihem HEDJAL

RESSOURCES EN EAU, GESTION INTEGREE ET PERSPECTIVES D'UN AMENAGEMENT DU COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES (NORD EST ALGERIEN)

Résumé

La gestion participative des ressources en eau est difficile à mettre en œuvre dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja pour plusieurs raisons : l'absence totale de coordination entre les différents acteurs locaux et régionaux, les usagers, les populations riveraines, qui sont moins organisés, structurés, l'absence d'outils d'évaluation, confusion et chevauchement des textes réglementaires sectoriels et parfois contradictoires. Cette difficulté nous interroge sur l'opportunité et la faisabilité d'une gestion participative comme outil-levier pour une gestion locale, durable respectueuse de l'environnement, des ressources en eau dans la région de Guerbes-Sanhadja.

Situé au Nord-Est Algérien, le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja occupe le littoral Est de la wilaya de Skikda. Cet ensemble abrite des écosystèmes aquatiques et terrestres. Elle représente de ce fait un pôle de biodiversité unique en son genre à l'échelle de l'Algérie, malheureusement, ce patrimoine subit des menaces dues aux perturbations naturelles [changements climatiques] combinées à une pression humaine importante: les défrichements illicites à des fins d'activités agricoles, le pompage intensif, l'assèchement des zones marécageuses …..

La démarche entreprise s'appuie sur des entretiens et enquêtes par questionnaires auprès des gestionnaires et des usagers des ressources en eaux dans le complexe de Guerbes-Sanhadja. Ces enquêtes montrent que ces dégradations sont dues principalement au chevauchement des prérogatives entre les acteurs de l'eau, manque de coordination, différents statuts, évolution des responsabilités [par exemple la réorganisation des services de l'Etat], peu de lisibilité et de clarté sur leurs rôles, divergences d'intérêts entre acteurs.

De plus notre travail montre que l'approche participative ne sera fonctionnelle que si le cadre de gestion s'inscrit dans une démarche globale de gestion concertée dont nous portons notre appui, et que tous les acteurs [gestionnaires et usagers] ont leur mot à dire à travers le comité local de l'eau [CLE] dans ce processus décisionnel.

Mot clés: *Gestion participative, écosystème, eau, irrigation CLE, usagers, gestionnaires, complexe des zones humides, Guerbes-Sanhadja, Nord-est algérien.*

WATER RESOURCES, INTEGRATED MANAGEMENT AND PROSPECTS FOR A DEVELOPMENT OF THE GUERBES WETLANDS COMPLEX [NORTH EAST ALGERIA]

Abstract

Participatory management of water resources is difficult to implement in the Guerbes-Sanhadja wetland complex for several reasons : the total lack of coordination between the different local and regional actors, users, riparian populations, which are less organized, structured, the absence of evaluation tools, confusion and overlapping of sectoral and sometimes contradictory regulatory texts. This difficulty raises the question of the desirability and the feasibility of participative management as a lever-tool for sustainable local management, respectful of the environment and water resources in the Guerbes-Sanhadja region.

Located in north-eastern Algeria, the Guerbes-Sanhadja wetlands complex occupies the eastern coast of Skikda wilaya. This complex is home to aquatic and terrestrial ecosystems. As such, it represents a unique biodiversity center throughout Algeria, unfortunately, this heritage is threatened by natural disturbances [climate change] combined with significant human pressure: illegal clearings for of agricultural activities, intensive pumping, drying up of marshy areas ... ..

The approach undertaken is based on interviews and questionnaire surveys of managers and users of water resources in the Guerbes-Sanhadja complex. These investigations show that these degradations are mainly due to the overlapping of prerogatives between water stakeholders, lack of coordination, different statuses, changes in responsibilities [eg the reorganization of state services], little readability and clarity on their roles, divergences of interests between actors.

Moreover, our work shows that the participatory approach will only be functional if the management framework is part of a global approach to collaborative management that we support, and that all stakeholders [managers and users] have their say. Through the local water committee [CLE] in this decision-making process.

Key words**:** *Participatory management, ecosystem, water, CLE irrigation, users, managers, wetland complex, Guerbes-Sanhadja, North-East Algeria.*

الموارد المـــــائية ،الإدارة المتكاملة وآفـــــاق تطوير مركب المنـــــاطق الرطبة قربـــــاز- صنهاجة شمـــــال شرق الجزائر

ملخص

من الصعب تنفيذ التسيير المتكامل للموارد المياه في مركب قرباز- صنهاجة للناطق الرطبة لعدة أسباب: الافتقار التام للتنسيق بين الجهـــات المحلية والإقليمية المختلفة والمستخدمين والسكان المحليين أقل تنظيما ، منظم ، نقص أدوات التقييم ، الارتبـــاك والتداخل بين النصوص التنظيمية القطاعية والمتناقضة أحيانا. وتثير هذه الصعوبة مسألة مدى استصواب وجدوى التسيير المتكامل كأداة للإدارة المحلية المستدامة ، تحترم البيئة والموارد المائية في منطقة قربـــاز-صنهاجة

يقع مركب الناطق الرطبة قرباز- صنهاجة شمال شرق الجزائر ، ويحتل الساحل الشرقي لولاية سكيكدة. كما يعتبر هـــذا المجمع موطنا للأنظمة البيئية المائية والأرضية ليس على المستوى المحلي فقط بل يمثل مركزًا فريدًا للتنوع البيولوجي على المستوى الوطني ، وللأسف الشديد ، مؤخرا هاته النظم الايكولوجية و البيئية أصبحت مهددة بالكثير من العوامل الطبيعية [تغير المناخ] مقترنة بالعوامل البشريـــة و أهمها : عمليـــات اقتلاع الأشجار الغير قانوني، الأنشطة الزراعية المكثفة التى تتطلب كميات كبيرة من المياه مما أدى إلى ضخ مياه البحيرات إلى غاية جفافها ، الاستعمال الغير عقلاني الأسمدة و المبيدات .

يعتمد النهج المتبع على المقابلات والاستبيانات لمسيري ومستخدمي الموارد المائية في مركب المناطق الرطبة قرباز- صنهاجة مركب المناطق الرطبة قرباز-. تُظهر هذه التحريات أن هذا التدهور يرجع أساسًا إلى تداخل الامتيازات بين أصحاب المصلحة في المياه ، وعدم التنسيق بين المسيرين و سكـــان المناطق الرطبـــة في اتخـــاذ القرارات الخاصة بالمجمع ، والتغيرات في المسؤوليات [مثل إعادة تنظيم خدمات الدولة] ، وقابلية القراءة والوضوح. على أدوارهم ، والاختلافات في المصالح بين الجهات الفاعلة.

بالإضافة إلى ذلك، تظهر النتائج التي تم التوصل إليها ا أن التسيير المتكامل لن يثمر إلا إذا كان هناك هيئـــة تسيير محلية تضم جميع الفئات في المركب (مسيرين ،مستخدمين، إداريين و صناع القرار) ،حيث ان هاته الأخيرة لها الحق في ادارة وتطوير المركب واعتبـــار سكـــان المركب كعضو أساسي وفعال في ادارة مركب المناطق الرطبة قربـــاز- صنهـــاجة.

الكلمات المفتاحية: التسيير المتكامل ، النظام الإيكولوجي ، المياه ، السقي ، المستخدمين ، المسييرين ، مجمع الأراضي الرطبة ، قرباز-صنهاجة ، شمال شرق الجزائر.

LISTE DES ACRONYMES

- **ABH :** *Agence des Bassins Hydrographiques*
- **AEA :** *Alimentation en eau agricole*
- **AEI :** *Alimentation en eau industriel*
- **AEP :** *Alimentation en eau potable*
- **ADE :** *L'algérienne des eaux*
- **ANRH :** *Agence nationale des ressources hydrauliques*
- **APC :** *Assemblée populaire communale*
- **CFW :** *Conservation des forêts de la wilaya*
- **CLE :** *Comité local de l'eau*
- **DAS :** *Domaine agricole sociale*
- **DGF :** *Direction générale des forêts*
- **DRE :** *Direction des ressources en eau*
- **EAC :** *Exploitation agricole collectif*
- **EAI :** *Exploitation agricole individuel*
- **FAO :** *Food and Agricultur Organization*
- **GIRE :** *Gestion intégrée des ressources en eaux*
- **GWP :** *Global Water Partnership*
- **IUCN** : *Union International pour la conservation de la Nature*
- **ONA :** *Office National de l'Assainissement*
- **ONID :** *Office National de l'irrigation et du Drainage*
- **OMS :** *Organisation Mondiale de la Santé*
- **ONG :** *Organisation Non Gouvernementale*
- **ONM :** *Office national de météorologie*
- **PDAU :** *Plan directeur d'aménagement urbain*
- **PNUE :** *Programme des Nations unies pour l'environnement*
- **SAT :** *Surface agricole totale*
- **SAU** : *Superficie agricole utile*
- **SRE :** *Subdivision des ressources en eau*
- **ST :** *Service technique*
- **UICN** : *Union internationale pour la conservation de la Nature*
- **WWF** : *Fond mondial pour la nature*

Sommaire

Résumé
Abstract
ملـــــخص

Liste des acronymes
Table des matières
Liste Des Figures
Liste Des Tableaux
INTRODUCTION GENERALE..... **1**

PARTIE I : LES CARACTERISTIQUES NATURELLES DU COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

CHAPITRE 1: LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES..... 3
I. SITUATION GEOGRAPHIQUE 3
II. IDENTIFICATION ADMINISTRATIVE ET APERÇU SOCIO-ECONOMIQUE 3
III. LE COUVERT VEGETAL ET L'OCCUPATION DU SOL 5
1. Données sur les sols du complexe 5
1.1. Classification des sols 5
1.1.1. Classe des sols peu évolués 5
1.1.2. Classe des sols vertisols 6
1.1.3. Classe des sols Calcimagnésiques 6
1.1.4. Classe des sols Fersialitique 6
1.1.5. Classe des sols Hydromorphes 7
2. L'occupation du sol 7
2.1. Le domaine forestier 10
2.2. Le domaine agricole 10
2.2.1. La superficie agricole utile [SAU] 11
3. L'élevage 12
4. Les grands ensembles structuraux du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja 13
4.1. Montagnes 13
4.2. Collines 14
4.3. Dunes 14
4.4. Dépressions 14
4.5. Terrasses 15
IV. CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN DU OUED EL-KEBIR MAGROUN/SANHADJA 15
1. La courbe hypsométrique 16
2. La forme du bassin 17
3. Le rectangle équivalent 17
4. L'indice de pente globale [Ig] 18

3. Densité de drainage 18
V.CONCLUSION 20
CHAPITRE 2 : LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES 21
I. LA LITHOSTRATIGRAPHIE DU COMPLEXE 21
1. Paléozoïque 21
1.1. Les formations cristallophylliennes 21
2. Mésozoïque 22
2.1. Les formations sédimentaires 22
3. Cénozoïque… 23
3.1. Flysch-oligocène 23
3.2. Flysch – numidien 23
4. Le quaternaire 23
4.1. Quaternaire Ancien ou Pléistocène 23
4.1.1. Le travertin 23
4.1.2. Les grés de dunes 23
4.2. Quaternaire récent ou Holocène 23
4.2.1. Les colluvions 23
4.2.2. Le sable rougeâtre d'âge holocène 23
4.2.3. Le sable blanc des dunes 24
4.2.4. Les alluvions 24
II. TECTONIQUE 26
1. Structure autochtone 27
2. Structure para-autochtone 28
3. Structure allochtone 28
3.1. La nappe de charriage métamorphique kabyle du Paléozoïque inférieur 28
3.2. Nappe de flysch argilo-gréseux 28
3.3. Nappe de charriage numidienne 29
III. CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS 29
1. Les formations perméables 29
1.1. Les formations liasiques du Djebel Safia 29
1.2. Les alluvions de l'Oued El Kébir 29
1.3. Colluviun … 30
1.4. Le massif dunaire 30
2. Les formations imperméables 30
IV.CONCLUSION 31
CHAPITRE 3 : LES CARACTERISTIQUES HYDRO-CLIMATIQUES 32
I. LES STATIONS METEOROLOGIQUES 32
II. LES PRECIPITATIONS 33
1. Comblement des lacunes 33
1.1. Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss 34
1.2. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques 38
2. Précipitations moyennes mensuelles 40
2.1. Régime mensuel 42

3. Répartition saisonnière des précipitations 43
4. Précipitations annuelles 45
5. Calcul de la lame d'eau moyenne précipitée 47
5.1. La méthode arithmétique 47
III. LA TEMPERATURE 48
IV. CARACTERISATION DU CLIMAT DE LA ZONE D'ETUDE 49
1. Relation Température-Précipitation 49
2. Méthode d'EUVERT [Humidité du sol] 51
V. PARAMETRES METEOROLOGIQUES SECONDAIRES 52
1. L'Humidité 52
2. Les vents 52
3. L'évaporation 52
4 .L'ensoleillement 53
VI. BILAN D'EAU 53
1. L'évapotranspiration 54
1.1. Calcul de l'évapotranspiration 54
1.1.1. L'évapotranspiration potentielle [ETP] 54
1.1.2. L'évapotranspiration réelle [ETR] 56
Formule de TURC 56
Formule de COUTAGNE 56
Méthode du bilan d'eau de C.W.Thornthwaite 57
1.2. Discussion des résultats 62
2. Estimation du ruissellement 62
3. Estimation de l'infiltration 63
VII. CONCLUSION 64
CHAPITRE 4 : LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET BIODIVERSITES 65
I. LES ZONES MARECAGEUSES DU COMPLEXE DE GUERBES-SANHADJA 65
1. Garâat Béni M'Hamed [36°57' N, 7°16'] de superficie environ 462 hectares 65
2. Garâat Haoues [36°58' N, 7°18' E] de superficie environ 287 hectares 65
3. Garâat Dahria [36°59' N, 7°16' E] de superficie environ 30 hectares 65
4. Garâat Greaat [36°51 'N ,7°21'E] de superficie environ 08 hectares 66
5. Garâat El Guelb [36°53' N, 7°18' E] de superficie environ 15hectares 66
6. Garâat Sidi Fritis [36°53'975 N, 7°17' 437 E] de superficie environ 45 hectares 67
7. Garâat Sidi Makhlouf [36°53' N, 7°18' E] de superficie environ 11 hectares 67
8. Garâat Hadj Tahar [36°51'774 N, 7°15' 957 E] de superficie environ 112 hectares 68
9. Garâat Dissia [36°53' N, 7°21' E] de superficie environ 2 hectares 68
10. Garâat Aïn Nechma [36°48' N, 7°16' E] de superficie environ 18 hectares 69
11. Garâat Echrouk [36° 53' 192 N, 7° 18' 963 E] de superficie environ 60 hectares 69
12. Garâat Zaouïa [36°51'979N, 7°23'587E] de superficie environ 0.5 hectares 70
13. Garâat Chychaya [36°53' N, 7°17' E] de superficie environ 50 hectares 70
14. Garâat Messaoussa [36°55' N, 7°15' E] de superficie environ 322 hectares 71
15. Garâat Guerbes [36° 54 N, 7°13E] de superficie environ 25 hectares 71
II. EVALUATION DES PRINCIPALES UNITES ECOLOGIQUES 72

III.FAUNE ET FLORE 74
1. La flore 75
1.1. Le domaine forestier 75
1.1.1. Le Chêne-liège [*Quercus suber* L.] 75
1.1.2. Le chêne-kermès [*Quercus coccifera* L.] 75
1.1.3. Le Pistacia lentiscus L. et Olea oleaster L 75
1.2. Les aulnaies et ripisylves 75
1.3. Le reboisement 77
1.4. Le massif dunaire 78
1.5. Les prairies humides 78
2. La faune 80
2.1. L'avifaune aquatique 80
2.2. Les mammifères 82
2.3. Les amphibiens 82
2.4. Les odonates 82
IV. LES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 84
1. Les critères relatifs à la définition des zones humides de Guerbes-Sanhadja 84
2. Type de zone humide de Guerbes-Sanhadja 85
V. LA VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 86
1. Menaces et pression 87
1.1. Menace sur l'écosystème lacustre 87
1.1.1. L'expansion de l'agriculture 87
1.1.2. Le Problèmes des rejets urbains 89
1.2. Menace sur l'écosystème dunaire 91
1.2.1. La surexploitation des ressources [Les Sablières] 91
1.3. Les menaces sur l'écosystème forestier 92
1.3.1. Le défrichement 92
1.3.2. Les incendies 92
1.3.3. Le surpâturage 93
2. La proposition d'un zoning local du complexe de Guerbes-Sanhadja 95
VI. CONCLUSION 98

PARTIE II : ESSAI DE GESTION INTEGREE PARTICIPATIVE DU COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

CHAPITRE 5: RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINES 99
I. RESSOURCES EN EAU DE SURFACE 99
1. Le bassin versant de l'oued El –Kébir Ouest 99
1.1. Le bassin versant d'oued El-Kébir Ouest / Hammam 99
1.2. Le bassin versant d'oued El-Kébir Ouest/Magroun 99
2. Le potentiel hydrique superficiel 99
2.1. Les oueds.. 99
2.2. Barrage de Zit Emba 100
2.3. Les retenues collinaires 101

2.4. Les Bassins d'accumulations 101
2.5. Les marécages du complexe de Guerbes-Sanhadja 102
II. RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES 104
1. Identification des systèmes aquifères 104
1.1. Interprétation des profils hydrogéologiques schématiques 104
2. Le potentiel hydrique souterrain 107
2.1. Les forages. 107
2.2. Les puits…. ..... .108
2.3. Les sources.. 108
III. LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU DANS GUERBES-SANHADJA 109
1. La mobilisation des eaux de surface 110
1. La mobilisation des eaux souterraines 111
IV. L'AFFECTATION DES RESSOURCES EN EAU DANS GUERBES-SANHADJA ... 111
1. L'alimentation en eau potable des agglomérations 111
2. L'alimentation en eau agricole 114
3. L'alimentation en eau industrielle 115
V. CONCLUSION 116
CHAPITRE 6: QUALITE DES EAUX DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 117
I. LE CHIMISME ET QUALITE DES EAUX DE GUERBES-SANHADJA 117
1. Chimie des eaux de surface 117
1.1. Faciès chimiques 118
1.1.1. Diagramme de Piper 118
1.1.2. Diagramme de Schoeller-Berkaloff 120
1.2. Les Paramètres physico-chimiques 122
1.2.1. Les paramètres physiques 122
1.2.1.1. La température 122
1.2.1.2. Le potentiel d'Hydrogène [pH] 122
1.2.1.3. La conductivité électrique [CE] 123
1.2.1.4. La salinité 123
1.2.1.5. L'oxygène dissous 124
1.2.1.2. La turbidité 124
1.2.1.2. Le total des sels dissous [TDS] 124
1.2.2. Les paramètres chimiques 126
1.2.2.1. Les ions majeurs 126
a. Calcium [Ca^{2+}] 126
b. Magnesium [Mg^{2+}] 127
c. Sodium [Na^{+}] 127
d. Le potassium [K^{+}] 128
e. Bicarbonates [HCO_3^{-}] 129
f. Chlorures [Cl 129

g. Sulfates [SO_4^{2-}] 130
1.2.2.2. Variation des composés azotés et phosphatés 130
a. Les composés azotés 131
a. Les composés phosphatés 133
1.2.2.3. Variation des matières organiques 133
2. Les eaux souterraines 136
2.1. Faciès chimiques 136
2.1.1. Diagramme de Piper 136
2.1.2. Diagramme de Schöller Berkaloff 139
2.2. Normes de potabilité et qualité des eaux souterraines 142
2.2.1. Les paramètres physiques 142
2.2.1.1. La température 142
2.2.1.2. Le potentiel d'Hydrogène [pH] 143
2.2.1.3. La conductivité électrique [CE] 143
2.2.1.4. Le total des sels dissous [TDS] 143
2.2.2. Les éléments majeurs 144
2.2.2.1. Calcium [Ca] 144
2.2.2.2. Magnesium [Mg] 144
2.2.2.3. Sodium [Na] 145
2.2.2.4. Potassium [K] 145
2.2.2.5. Chlorure [Cl] 147
2.2.2.6. Sulfate [SO_4] 147
2.2.2.7. Bicarbonate [HCO_3] 147
2.2.3. Les matières azotées 148
2.2.3.1. Nitrites [NO_2] 148
2.2.3.2. Ammonium [NH_4] 148
2.2.4. Les matières phosphatées 149
2.2.4.1. Phosphate [PO_4] 149
II. CONCLUSION 151
CHAPITRE 7: APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION DANS LE COMLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 153
I. APTITUDE DES EAUX DES EAUX DE SURFACE A L'IRRIGATION 153
1. Les paramètres des eaux à usage agricoles 153
1.1. Le potentiel d'Hydrogène [pH] 155
1.2. La conductivité électrique [CE] 155
1.3. Les Chlorures 155
1.4. Le Carbonate de Sodium Résiduel [RSC] 156
1.5. Le pourcentage du sodium [Na%] 157
1.6. L'indice de perméabilité [IP%] 157
1.7. Le Taux d'absorption du sodium [SAR] 158
1.8. Les Nitrates 159
1.9. L'indice de pollution organique [IPO] 162
1.10. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja d'après Wilcox 164

II. APTITUDE DES EAUX SOUTERRAINES A L'IRRIGATION 166
1. Influence de la sodicité et de la salinité sur la permeabilité du sol 166
2. Classification des eaux souterraines du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja d'après Wilcox 166
III. CONCLUSION 170
CHAPITRE 8: ESSAI DE GESTION PARTICIPATIVE DES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA 171
I. UNE APPROCHE PARTICIPATIVE : UN MODEL-TYPE DE LA GIRE 171
1. Gestion intégrée de l'eau par bassin versant 172
1.1. Notion d'intégration 176
1.2. L'Approche écosystémique 176
1.3. Objectifs de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant 176
1.4. Facteurs de succès de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant 177
1.5. Planification de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant 177
1.6. Approche participative de gestion 181
II. MISE EN PERSPECTIVE DE L'APPROCHE PARTICIPATIVE COMME MOYEN D'UNE GIRE FONCTIONNELLE ET DURABLE DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 182
1. Analyse de la situation relative aux acteurs de gestion de l'eau dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 182
1.1. Les acteurs locaux des usages et de la gestion de l'eau 183
1.1.1. La population riveraine 183
1.1.2. La Direction des ressources en eaux [DRE] 183
1.1.3. La Conservation des forêts de la wilaya [CFW] 183
1.1.3. La Direction des services agricoles [DSA] 184
1.1.3. Les Collectivités territoriales 184
1.2. Les acteurs régionaux de la gestion de l'eau 184
2. La pratique de la gestion participative dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 185
3. Enquêtes par questionnaire et Entretiens avec gestionnaires et les usagers du complexe de Guerbes-Sanhadja 185
3.1. Enquêtes par questionnaire et Entretiens avec les acteurs gestionnaires locaux et régionaux de la ressource en eau 185
3.2. Enquêtes par questionnaire auprès des usagers 186
3.3. Résultat et discussion 186
3.3.1. Questionnaire réservé aux gestionnaires du complexe 187
3.3.2. Questionnaire réservé aux usagers du complexe 198
4. La proposition d'un comité local de l'eau dans Guerbes-Sanhadja 212
4.1. Le comité local de l'eau dans Guerbes-Sanhadja [CLE] 212
III. CONCLUSION 215

CHAPITRE 9: PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DURABLE ET D'AMENAGEMENT DES EAUX DE LA REGION GUERBES-SANHADJA 216

I. LES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LA REGION DE GUERBES-SANHADJA 216
1. Définition du développement durable 216
1.1. Le concept de développement durable 216
2. Proposition d'un plan du développement durable 217
2.1. Développer un écotourisme de nature respectueux des écosystèmes 217
2.2.1. De la définition de l'écotourisme 217
2.2. Développer une agriculture familiale à revenue limité pour l'autosuffisance 219
2.2.1. Qu'est ce que l'agriculture familiale ? 219
2.2.2. Les projets de développement durable en faveur de l'agriculture familiale . 220
2.2.2.1. L'encouragement de la fruiticulture 220
2.2.2.2. L'aide à la mécanisation des terres agricoles et à la récupération des pâturages dégradés. 220
2.2.2.3. L'élevage de l'aquaculture 220
2.2.2.4. Plantes d'intérêt économique 221
2.2.2.5. Développer l'activité artisanal 223

II. LES PERSPECTIVES D'AMENAGEMENT DANS DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA 223
1. Développer les techniques d'irrigation 223
2. Développer les activités de l'élevage 224
3. Restauration les habitats forestiers 225
3.1. La subéraie 225
3.2. Le massif dunaire 225
3.3. Les aulnaies et les ripisylves 225
3.4. Les prairies 226
4. Restauration les zones humides 226
III. CONCLUSION 228
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS 229
BIBLIOGRAPHIE 234
ANNEXES 242

LISTE DES FIGURES

Fig.01. Situation géographique du Complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja 3

Fig.02. La population dans les différentes communes du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 4

Fig.03. Proportions relatives des principales unités paysagères du complexe de Guerbes-Sanhadja 8

Fig.04. Carte d'occupation du sol du complexe des zones humides de Sanhadja 9

Fig.05. Répartition de la SAU dans le complexe de zones humides de Sanhadja 12

Fig.06. Carte du réseau hydrographique du bassin d'oued El-Kébir-Magroun/ Sanhadja 16

Fig.07. Courbe hypsométrique diagramme de fréquences altimétriques du bassin d'oued El Kébir Magroun/Sanhadja 17

Fig.08. Coupe géologique à travers le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja **[**Boulekenaft.2008 ; modifiée par Hedjal.2018] 24

Fig. 09. Carte géologique de la région de Sanhadja / Extrait de la carte Géologique de l'extrême Nord-est Algérien [D'après J.M.VILA. 1980] 25

Fig.10. Carte géologique schématique des principaux faciès de la région de Guerbes-Sanhadja **[**Khammar.1980 ; modifiée par Hedjal.2018] 26

Fig. 11. Schéma structural du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja 27

Fig.12. Carte de situation des stations Pluviométriques 33

Fig.13. Ajustement graphique à une loi de Gauss des précipitations annuelles des différentes Stations étudiées St de Skikda [1980/81-2010/2011] 35

Fig.14. Droite de régression linéaire des précipitations mensuelles du mois de Septembre Entre Skikda et celle d'Azzaba, Ain Charchar et Berrahal [1980/81-2010/2011]... 37

Fig.15. Homogénéisation des données par la méthode de doubles cumuls des différentes Stations étudiées dans le complexe de Guerbes-Sanhadja [1980/81-2010/2011].... 39

Fig.16. Variations mensuelles du coefficient de variation..... 41

Fig.17. Répartitions mensuelles moyennes des précipitations à travers les différentes Stations [1980/81-2015/2016]..... 42

Fig.18. Régime pluvial mensuel des différentes stations [1980/81-2015/2016] 43

Fig.19. Répartition saisonnière des pluies [1980/81-2015/2016] 45

Fig.20. Evolution moyenne annuelle des précipitations à travers les quatre saisons [1980/81-2015/2016] 46

Fig.21. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord [moyennes annuelles ramenées à la Période de [1922/1960-1969/1989]..... 47

Fig.22. Températures mensuelles moyennes [1980/81-2015/16] 49

Fig.23. Diagramme Ombro-thermique de la station de Skikda [1980/81-2015/16] 50

Fig.24. Diagramme Ombro-thermique de la station d'Azzaba [1980/81-2015/15]..... 50

Fig.25. Évaluation de l'humidité du sol par la méthode d'EUVERT 51

Fig.26. Carte de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne de l'Est Algérien [D'après Mebarki. A. 2005. Source : étude A.N.R.H., 2002] 55

Fig.27. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station de Skikda [1980/81-2015/16]..... 58

Fig.28. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station d'Azzaba [1980/81-2015/16] 59

Fig.29. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station de Berrahal [1980/81-2015/15] 60

Fig.30. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station d'Ain charchar [1980/81-2015/15] 61

Fig.31. Vue du Garâat Béni M'Hamed [HEDJAL ; 2017] 65

Fig.32. Vue du Garâat Greaat [HEDJAL ; 2014]..... 66

Fig.33. Vue du Garâat El Guelb [HEDJAL ; 2017]..... 66

Fig.34. Vue du Garâat Sidi Freitis [HEDJAL ; 2014] 67

Fig.35. Vue du Garâat Sidi Makhlouf [HEDJAL ; 2017]..... 67

Fig.36. Vue du Garâat Hadj Tahar [HEDJAL ; 2017] 68

Fig.37. Vue du Garâat Dissia [HEDJAL ; 2014] 68

Fig.38. Vue du Garâat Aïn Nechma [HEDJAL ; 2017]..... 69

Fig.39. Vue du Garâat Echrouk [HEDJAL ; 2017]..... 69

Fig.40. Vue du Garâat Zaouia en Eté [HEDJAL ; 2014]..... 70

Fig.41. Vue du Garâat Chychaya [HEDJAL ; 2017] 70

Fig.42. Vue du Garâat Messaoussa [HEDJAL ;2017] 71

Fig.43. Les unités écologiques du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [HEDJAL ; 2017] 74

Fig.44. Aulnaie en bordure des Garâates :a) Sidi Makhlouf ;b) Hadj -Tahar [HEDJAL ; 2016] 76

Fig.45. Aulnaie et ripisylves dans le complexe de Sanhadja-Guerbes a**) :** Les Ripisylves de L'oued El Kébir Ouest;b) Aulnaie Messaoussa [HEDJAL ; 2016] 77

Fig.46. Reboisement le massif dunaire de Sanhadja par l'eucalyptus [HEDJAL ; 2016] 77

Fig.47. Retama bovei au niveau du massif dunaire de Sanhadja [HEDJAL ; 2017] 78

Fig.48. Distribution du nombre d'espèces par famille de l'avifaune aquatique du complexe De Guerbes-Sanhadja [2008-2012][METALLAOUI et al] 80

Fig.49. Oiseaux d'eau de Guerbes Sanhadja : a et b) Cigogne blanche ; c) l'Erismature à tête Blanche ; d) La poule d'eau [HEDJAL ; 2016]..... 81

Fig.50. Les amphibiens du complexe de Guerbes -Sanhadja. [TOUBAL.O et al ; 2014]..... 82

Fig.51. La superficie irriguée ainsi que le volume d'eau prélevé à partir des lacs de Guerbes-Sanhadja [Juillet.2016]..... 87

Fig.52. Exemples de menaces des activités agricoles portant sur les ressources en eau du Complexe de Guerbes-Sanhadja: a): La pollution organique au niveau d'oued el Maboun ;b) : Trace d'eutrophisation au niveau du Garâat Ain Nechma ;c) **:** Pompage anarchique et intensifs pour l'irrigation Garâat Hadj Tahar ; d) : Assèchement du Garâat Moussissi. [HEDJAL;2017]..... 88

Fig.53. Les rejets des eaux usées de la région de Zaouia à ciel ouvert [HEDJAL ; 2014] 89

Fig.54. Prélèvement illicite de sables à Lakhlalba [commune de Ben Azzouz] [HEDJAL ; 2014]..... 91

Fig.55. Etat par satellite du massif dunaire dans Guerbes- Sanhadja [année 2014] [HEDJAL ; 2014]..... 92

Fig.56. Les superficies défrichées [1998-2016] [District des forêts de Ben Azzouz.2016] … 93

Fig.57. Les superficies incendiées [1998-2012] [District des forêts de Ben Azzouz.2016].... 93

Fig.58. Essai de zonage du complexe de Guerbes-Sanhadja selon la loi N° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 Février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable. [HEDJAL;2018] 97

Fig.59. Les principaux affluents de l'oued El Kébir Ouest dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 100

Fig.60. Le réseau hydrographique du complexe des zones humides de Sanhadja..... 103

Fig.61. Profils hydrogéologiques schématiques à travers le complexe des zones humides de Guerbes - Sanhadja..... 106

Fig.62. Répartition le volume d'eau souterraine exploitée selon les principaux types d'usages dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja 108

Fig.63. Le volume d'eau mobilisé et celui prélevé dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 109

Fig.64. Le potentiel hydrique des eaux de surface dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 110

Fig.65. Le volume d'eau de surface prélevé dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 110

Fig.66. Carte d'inventaire des points de prélèvements..... 118

Fig.67. Représentation graphique des eaux de surface de Guerbes-Sanhadja sur le diagramme de Piper [Févier et juin .2016]..... 119

Fig.68. Représentation graphique des eaux de surface de Guerbes-Sanhadja sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff [Févier et juin .2016]. 121

Fig.69. L'évolution des paramètres physiques des eaux des marécages de Guerbes Sanhadja 125

Fig.70. Concentrations du Calcium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja 126

Fig.71. Concentrations du Magnésium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja.. 127

Fig.72. Concentrations du Sodium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja..... 128

Fig.73. Concentrations du Potassium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja.... 128

Fig.74. Concentrations des bicarbonates dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja 129

Fig.75. Concentrations des Chlorures dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja ... 129

Fig.76. Concentrations des Sulfates dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja..... 130

Fig.77. Carte de qualité des eaux des zones marécageuses selon les paramètres azotés, Phosphatés et la matière organique [Févier .2016]. 134

Fig.78. Carte de qualité des eaux des zones marécageuses selon les paramètres azotés, Phosphatés et la matière organique [Juin .2016]. 135

Fig.79. Diagramme de Piper des eaux souterraines du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja [Février .2016]. 137

Fig.80. Diagramme de Piper des eaux souterraines du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja [Juin .2016]. 138

Fig.81. Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux souterraines du complexe de zones Humides de Guerbes-Sanhadja [Février .2016]. 140

Fig.82. Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux souterraines du complexe de zones Humides de Guerbes-Sanhadja [Juin .2016]. 141

Fig.83. Evolution de la qualité des eaux souterraines du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja en fonction des cations [2016] 146

Fig.84. Evolution de la qualité des eaux souterraines du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja en fonction des anions [2016] 148

Fig.85. Evolution de la qualité des eaux souterraines du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja en fonction de matières azotées et phosphatées 150

Fig.86. L'évolution du RSC des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja 156

Fig.87. L'évolution du pourcentage du Sodium des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja..... 157

Fig.88. L'évolution de l'indice de permeabilité des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja..... 158

Fig.89. L'évolution du SAR des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja 159

Fig.90. Cartes de qualité des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation en fonction des nitrates [Février et Juin 2016] 161

Fig.91. Cartes de qualité des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation en fonction de l'IPO [Février et Juin 2016] 163

Fig.92. Aptitude des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation Selon la classification de Wilcox [Février et Juin 2016] 165

Fig.93. Aptitude des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation Selon la classification de Wilcox [Février 2016] 168

Fig.94. Aptitude des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation Selon la classification de Wilcox [Juin 2016]..... 169

Fig.95. Échelles de planification de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant au niveau du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 179

Fig.96. Cycle de gestion intégrée de l'eau par bassin versant montrant les actions Préalables à l'élaboration du plan directeur de l'eau et les étapes nécessitant une consultation . publique [Environnement Québec. 2004] 180

Fig.97. Quelle sens prend le développement durable selon vous ?..... 187

Fig.98. Selon vous il est nécessaire de consulter la population riveraine pour le classement d'une zone à protéger selon la convention RAMSAR ? 188

Fig.99. Vous êtes Chercheur/Universitaire ce que vous pensez du classement d'une zone Protégée ? 188

Fig.100. La préservation est mise en œuvre ?..... 189

Fig.101. Citez quelques avantages du complexe?..... 189

Fig.102. Selon votre connaissance qui gère le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ? 190

Fig.103. Quel est votre avis sur cette gestion sectorielle actuelle ?..... 190

Fig.104. Existe-il des chevauchements de prérogatives entre les gestionnaires de l'espace, à savoir des secteurs des ressources en eaux, de l'agriculture, et des forêts, qui est chargé d'une mission de conservation ?..... 191

Fig.105. Classez par ordre d'importance les secteurs ayant des prérogatives qui chevauchent Avec celle de la forêt? 192

Fig.106. Le chevauchement des prérogatives constitue-il une contrainte majeure de la gestion du complexe de Guerbes-Sanhadja ? 193

Fig.107. Quelles sont les activités qui dégradent les zones humides de Guerbes-Sanhadja?193

Fig.108. Les menacent qui pèsent sur le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ? 194

Fig.109. Dans le complexe, est-il possible de concilier entre la protection des ressources en eau et leur exploitation rationnelle ? 194

Fig.110. Pensez-vous que la réalisation d'un plan de gestion protège et restaure le patrimoine naturel du complexe [eau et biodiversité] ? 195

Fig.111. Souhaitez-vous être impliqué dans la gestion du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja?..... 195

Fig.112. L'approbation de nouveaux instruments de gestion et l'intégration de tous les acteurs Dans l'élaboration de ce plan de gestion?..... 196

Fig.113. Serait-il avantageux pour que le complexe permette une ou plusieurs activités durables?..... 196

Fig.114. Après le classement du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, continuez vous-exploitez rationnellement le patrimoine naturel [Eau et biodiversité]? 197

Fig.115. Si oui précisez comment? 197

Fig.116. La résidence actuelle 198

Fig.117. Changer le lieu de résidence 199

Fig.118. Sexe des usagers 199

Fig.119. Ages des usagers 199

Fig.120. Niveau d'instruction 200

Fig.121. Profession actuelle? 200

Fig.122. Situation familiale en milieu rural? 201

Fig.123. Localisation de l'habitation riveraine? 201

Fig.124. Exercice de l'activité agricole 202

Fig.125. Activité saisonnière des cultures 202

Fig.126. Quelle est l'origine de l'eau que vous utilisez pour l'irrigation? 202

Fig.127. Quel (s) type (s) de technique d'irrigation utilisez-vous ? 203

Fig.128. Avez-vous une idée de la qualité de l'eau que vous utilisez pour l'irrigation ? 203

Fig.129. Localisation de terres exploitées par rapport au complexe des zones humides de De Guerbes-Sanhadja? 204

Fig.130. Pratique de l'élevage animal 204

Fig.131. Technique l'élevage 204

Fig.132. Pratiquez-vous la chasse ? 205

Fig.133. Êtes-vous locataire d'une parcelle agricole à régime forestier ? 205

Fig.134. Utilisez-vous les produits forestiers ? 206

Fig.135. Si Oui comment ? 206

Fig.136. Que signifie pour vous la biodiversité ? 207

Fig.137. Savez-vous ce qui est une aire protégée et un complexe des zones humides de de Guerbes-Sanhadja? 208

Fig.138. Selon votre connaissance qui gère le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja? 208

Fig.139. Quelles sont les communes qui composent le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja? 209

Fig.140. Avez-vous une idée des Garâat Classées dans la convention de RAMSAR ? 209

Fig.141. Etes-vous impliquez dans l'élaboration et l'adoption des programmes et plans de développement dans le complexe ? 210

Fig.142. Souhaitez- vous être impliquez dans la gestion du complexe ? 210

Fig.143. Si vous étiez de consulter pour le classement du complexe des zones de Guerbes Sanhadja Quelle a été votre réaction ? 211

Fig.144. Le comité local de gestion de l'eau dans complexe de Guerbes-Sanhadja 214

LISTE DES TABLEAUX

Tab.01. Répartition spatiale de la population communale dans le complexe des zones de Guerbes-Sanhadja..... 5

Tab.02. Couverture forestière et statut juridique du complexe de Guerbes-Sanhadja 10

Tab.03. La population active à l'agriculture dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 10

Tab.04. Répartition de la surface agricole totale [SAT] dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 11

Tab.05. Répartition de la SAU dans le complexe des zones humides de Guerbes - Sanhadja 11

Tab.06. Répartition de l'élevage dans le complexe des zones humides de Guerbes - Sanhadja 12

Tab.07. Les produits de l'élevage dans le complexe des zones humides de Guerbes - Sanhadja 13

Tab.08. Répartition altimétrique du bassin d'oued El-Kébir-Magroun/ Sanhadja..... 16

Tab.09. Tableau Récapitulatif des caractéristiques morphométriques du bassin d'oued El-Kébir Magroun/ Sanhadja 19

Tab.10. Les Coordonnées géographiques des stations météorologiques..... 32

Tab.11. Variabilité spatiale et temporelle des pluies dans le complexe des zones humides de Guerbes- Sanhadja..... 40

Tab.12. Coefficient pluviométrique relatif mensuel d'après méthode d'Angot / 1895..... 43

Tab.13. Répartitions saisonnières des précipitations..... 44

Tab.14. Valeur des précipitations annuelles [mm] selon la méthode arithmétique [1980/81-2015/16]..... 48

Tab.15. Température moyenne mensuelle en C°..... 48

Tab.16. Evaluation de l'humidité du sol à Guerbes-Sanhadja 51

Tab.17. Humidité relative en [%] moyenne mensuelle [1980 /81-2015/16] 52

Tab.18. La vitesse moyenne mensuelle des vents de la station de Skikda [1980/81-2015/16]..... 52

Tab.19. Evaporation mensuelle à la station de Skikda [1992 /93-2014/15]..... 53

Tab.20. Insolation moyenne mensuelle en heure à la station de Skikda [1992/93-2010/11]..... 53

Tab.21. Calcul de l'E.T.P selon la méthode C.W .Thornthwaite [1980/81-2015/16]..... 55

Tab.22. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de TURC [1980/81-2015/16] 56

Tab.23. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de COUTAGNE [1980/81-2015/16]..... 56

Tab.24. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda [1980/81-2015/16] 58

Tab.25. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station d'Azzaba [1980/81-2015/16]..... 59

Tab.26. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station de Berrahal [1980/81-2015/16].... 60

Tab.27. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station d'Ain Charchar [1980/81-2015/16]..... 61

Tab.28. Récapitulatif des ETR calculé par les différentes méthodes 62

Tab.29. Estimation de ruissellement selon la formule de *Romantchok.* [1974] 63

Tab.30. Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan d'eau 63

Tab.31. Les principales unités écologiques du complexe des zones humides de Guerbes Sanhadja 73

Tab.32. Les principales espèces recensées dans le chapelet des zones humides de Guerbes Sanhadja 79

Tab.33. Les différentes espèces de Mollusques 82

Tab.34. Principales espèces animales du complexe de Guerbes-Sanhadja 83

Tab.35. Le chapelet des zones humides de Guerbes-Sanhadja 86

Tab.36. Type et quantité des fertilisants utilisées au niveau du complexe de Guerbes-Sanhadja [2016]..... 88

Tab.37. Etat de réseau d'assainissement dans les trois communes du complexe de Guerbes-Sanhadja..... 90

Tab.38. La quantité du sable exploité dans le complexe de Guerbes-Sanhadja durant la période [1995-99]. 91

Tab.39. Les principales menaces portant sur le complexe de Guerbes-Sanhadja et les Impacts qui en résultent..... 94

Tab.40. Les caractéristiques du cours d'eau d'oued El-Kébir Ouest 100

Tab.41. Caractéristiques du barrage de Zit Emba dans la commune de Bekkouche Lakhdar .Daïra Ben Azzouz, wilaya de Skikda..... 100

Tab.42. Les différentes retenues collinaires dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 101

Tab.43. Les différents Bassins d'accumulations dans le complexe de Guerbes-Sanhadja 101

Tab.44. Le volume d'eau mobilisé et exploité à partir des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja..... 102

Tab.45. Ressources en eau souterraine [l/s] destinées aux différents usages quotidiens dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja 108

Tab.46. Le volume annuel exploité des ressources en eau souterraine dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 109

Tab.47. Répartition des ressources en eaux souterraines mobilisées et exploitées dans

Guerbes-Sanhadja..... 111

Tab.48. Répartition par Commune les forges destinées à l'AEP dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja 111

Tab.49. Caractéristique des réseaux d'A.E.P dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 113

Tab.50. Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans Guerbes-Sanhadja 114

Tab.51. Les principales unités industrielles et leurs besoins en eau [m^3/j] dans Guerbes-Sanhadja 115

Tab.52. Les faciès chimiques des eaux de surface selon les diagrammes de Schoeller Berkaloff..... 120

Tab.53. Synthèse des résultats statistiques des paramètres physiques des eaux de surface des zones humides de Guerbes-Sanhadja 122

Tab.54. Relation conductivités - minéralisations des eaux de surface du complexe des des zones humides de Guerbes-Sanhadja..... 123

Tab.55. Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja d'après leur turbidité 124

Tab.56. Paramètres statistiques des ions majeurs des eaux des zones marécageuses du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja 126

Tab.57. Classes de qualité pour les paramètres azotés et phosphatés **[**NO_3, NO_2, NH_4, PO_4**]** 131

Tab.58. Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon les Nitrates 132

Tab.59. Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon les Nitrites 132

Tab.60. Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon l'Ammonium 132

Tab.61. Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon les phosphates 133

Tab.62. Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon La matière organique 133

Tab.63. Les normes de potabilité des eaux souterraines d'après l'OMS 1994 142

Tab.64. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du PH 143

Tab.65. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité de la Conductivité électrique 143

Tab.66. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du TDS 144

Tab.67. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Calcium... 144

Tab.68. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Magnésium 144

Tab.69. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Sodium ... 145

Tab.70. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Potassium.. 145

Tab.71. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Chlorure . 147

Tab.72. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Sulfate 147

Tab.73. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du Nitrite 148

Tab.74. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité d'ammonium 149

Tab.75. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du phosphate 149

Tab.76. Paramètres de la qualité de l'eau d'irrigation..... 154

Tab.77. Paramètres statistiques de la qualité de l'eau d'irrigation des marécages..... 154

Tab.78. Classification de la qualité de l'eau pour l'irrigation 154

Tab.79. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation de la conductivité électrique **.....** 155

Tab.80. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation des Chlorures 156

Tab.81. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation du Na % 157

Tab.82. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation du IP % 158

Tab.83. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation du SAR 159

Tab.84. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation des Nitrates 159

Tab.85. Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja par degrés d'aptitude à l'irrigation [Wilcox] 164

Tab.86. La gestion intégrée, objet des échanges internationaux [Ferraton**.** 2016 ; Diop. 2017]..... 174

Tab.87. Principaux acteurs régionaux de la gestion de l'eau à Guerbes-Sanhadja 184

INTRODUCTION GENERALE

La question de l'environnement occupe aujourd'hui une place éminente dans l'agenda international, notamment en raison de ses relations complexes aux sociétés humaines, de la globalisation, des menaces qui pèsent sur ces grands équilibres et des nécessaires et salutaires réponses qu'impose sa grande vulnérabilité.

Elément singulier d'un environnement qui embrasse l'ensemble de la planète, les zones humides présentent la même vulnérabilité : leurs fonctions écologiques essentielles sont altérées, leur valeur économique, culturelle, scientifique et récréative lourdement affectée et leur existence sérieusement menacée *[Chelghoum.2016]*.

L'Algérie connaît, aujourd'hui, de graves problèmes d'altération de ses sites naturels, et le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ne fait pas l'exception, ce site présent la particularité de combiner, dans un étage bioclimatique humide, l'interface d'un écosystème forestier, lacustre et marin. Il comprend une richesse faunistique et floristique exceptionnelle : grandes roselières entrecoupées d'aulnaies, macrophytes, espèces boréales et tropicales, poule sultane, fuligule morillon, foulque…etc. Ce milieu est non seulement exceptionnellement riche en biodiversité et extrêmement productif, mais ils jouent également un rôle capital dans la conservation et la gestion des eaux douces *[Zouini.2013]*.

Guerbes-Sanhadja est classé une aire protégée depuis 2001 sans statut particulier, Il n'avait pas échappé dans son ensemble à la dégradation progressive de son patrimoine naturel, essentiellement anthropique [l'utilisation intensive de ses eaux pour l'irrigation par les agriculteurs, le pompage des eaux des nappes superficielles, les rejets d'eaux usées dans certains cours d'eau…] provoquée par non seulement à la multiplicité des acteurs est marquée par la libéralisation des relations de gestion et par une interaction institutionnelle désorganisée et en tout cas non adéquate [acteurs gestionnaires et usagers], mais aussi et surtout l'absence d'une bonne stratégie de gestion impliquant les populations riveraines dans le processus décisionnel.

La gestion des ressources en eau dans le complexe de Guerbes-Sanhadja n'est pas efficace car la gestion est toujours sur l'emphase sectorielle. Une approche qui pourrait concilier les impératifs de la protection des zones humides qui présentent un potentiel hydrologique considérable et le développement socio-économique local ne peut être que participative. En effet, cette gestion participative de la ressource en eau du complexe ne peut se faire sans les

populations riveraines qui seront plutôt responsabilisées que marginalisées et réprimées actuellement par des mesures coercitives.

L'orientation vers un modèle de gestion concertée par bassin concrétise les axes de cette nouvelle vision afin d'améliorer la gestion actuelle dont l'emphase est toujours mise sur la gestion sectorielle, protéger la situation et définir les enjeux majeurs et prioritaires sur le complexe de Guerbes-Sanhadja. Elle fait également mention des orientations pour l'adoption et la mise en place d'un organisme local capable de coordonner les actions d'un schéma d'aménagement et de gestion intégrée qui tiendrait compte du caractère protégé du territoire et en même temps des impératifs du développement socio-économique des riverains des zones humides de Guerbes-Sanhadja , dans une perspective de développement durable.

Dans ce cadre, notre étude sur le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja a pour objectifs : l'identification des caractéristiques naturelles et environnementales du complexe, les ressources en eau [superficielles et souterraines], en quantité et en qualité pour mettre les grands axes et orientations d'une gestion participative, ainsi que les perspectives de développement durable dans le complexe de Guerbes-Sanhadja.

PARTIE I

LES CARACTERISTIQUES NATURELLES DU COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

- **CHAPITRE 1 : LES CARACTERISTIQUES PHYSICO- GEOGRAPHIQUES 3**
- **CHAPITRE 2 : LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES 21**
- **CHAPITRE 3 : LES CARACTERISTIQUES HYDRO-CLIMATIQUES 32**
- **CHAPITRE 4 : LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET BIODIVERSITÉ..... 21**

CHAPITRE 1 :

LES CARACTERISTIQUES PHYSICO- GEOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1
LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja couvre la partie littorale Est de la wilaya de Skikda. Cet ensemble est situé à l'aval du bassin d'oued El-Kébir Ouest, couvrant ainsi l'essentiel de la surface des zones humides soit environ 230 km² du bassin de l'oued El -Kébir Ouest. Il est encadré par le massif de l'Edough au Nord-Est, le massif de Filfila au Nord-Ouest, la mer Méditerranée au Nord, le massif de Boumaïza au Sud-Est et le Djebel Safia au Sud-Ouest [Fig.01]. Le complexe des zones humides de Sanhadja se situe à la latitude 36° 46' à 37° N et longitude 7°8' E à 7°25'E.

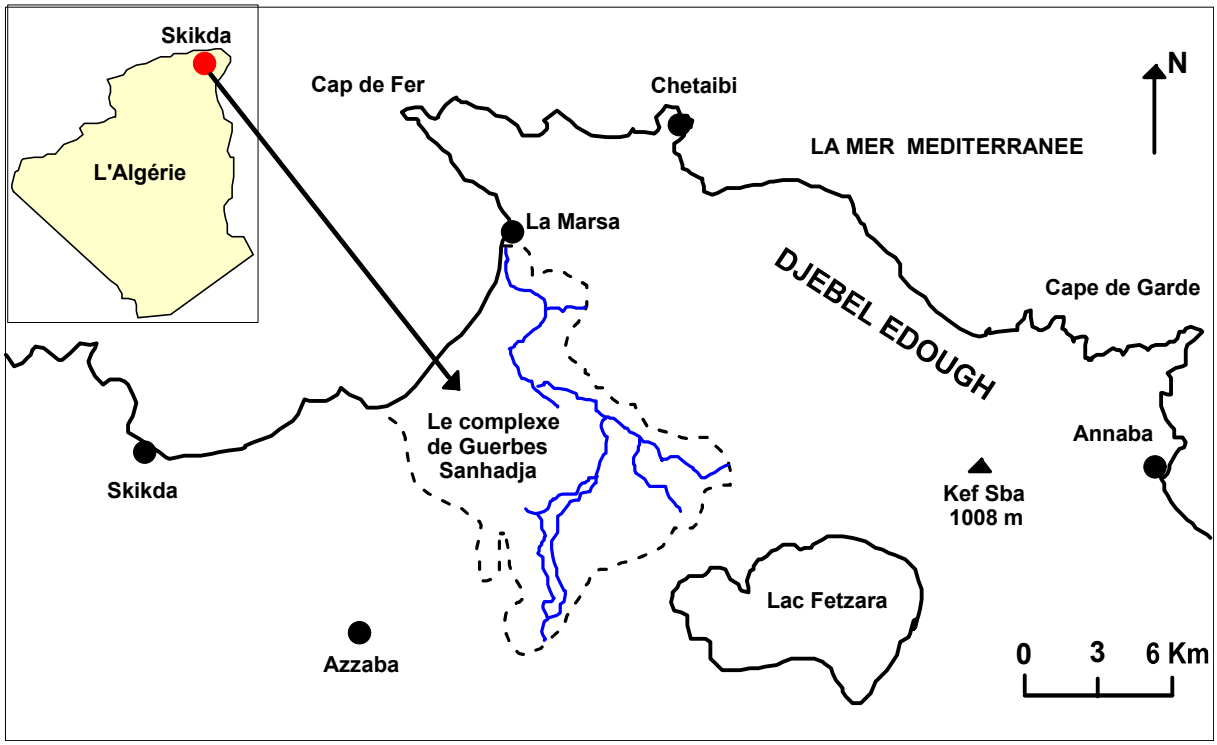


Fig.01. Situation géographique du Complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Toubal .O. et al .2014 ; Modifiée par Hedjal et al.2017.a]

II. IDENTIFICATION ADMINISTRATIVE ET APERÇU SOCIO-ECONOMIQUE

Du point de vue de la géographie physique et humaine, le complexe des zones humides de Sanhadja empiète sur trois communes : El Marsa, Ben Azzouz et Djendel [Wilaya de Skikda]. La commune de Djendel Saadi Mohamed, outre son chef lieu, ne renferme que Guerbes comme agglomération secondaire située en plein complexe des zones humides.

Le complexe de zones humides de Sanhadja est une région à vocation agro-pastorale et agro-industrielle.

L'agriculture est observée sur l'ensemble de la zone, avec une très grande variété de cultures, céréalières, maraîchères et arboricoles aussi l'élevage bovin, ovin et caprin particulièrement demeure dans l'incapacité de procurer des sources de revenu par le développement d'une filière laitière. Le lait étant considéré comme une matière à vente prohibée par tradition est destiné à la consommation humaine et surtout animale. Les industries présentes sur le complexe de zones humides de Sanhadja sont de nature variée mais la plus importante c'est l'industrie agro-alimentaire.

Milieu Humain du complexe de Sanhadja

Le complexe des zones humide de Guerbes-Sanhadja est un territoire relativement peu urbanisé et peu industrialisé**,** qui compte environ 41 988 habitants 2015, [Fig.02]. La commune la plus peuplée est Ben Azzouz avec un total 33 590 pour un taux d'accroissement de 1,6 et la commune la moins peuplée dans la zone est Guerbes avec une population de 1 496 hab.

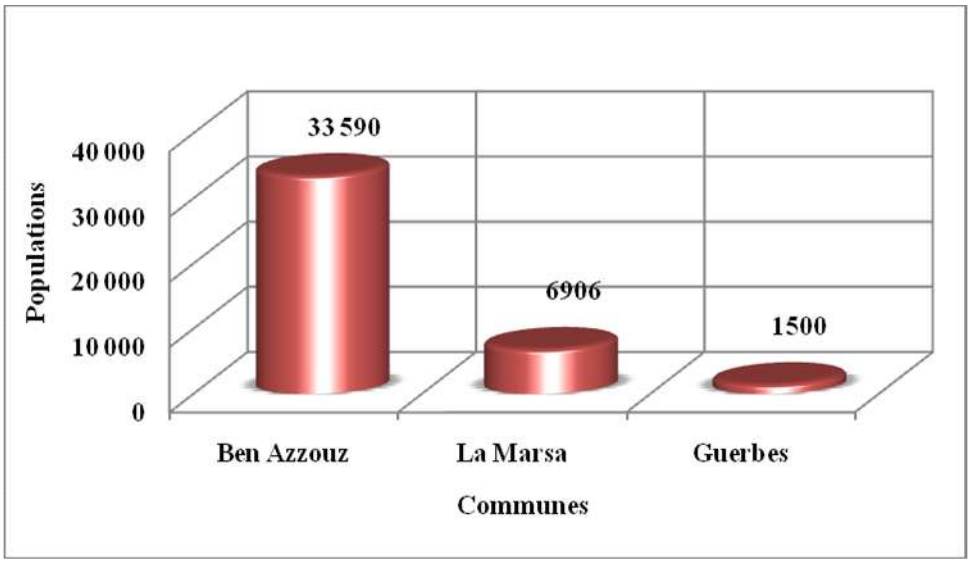


Fig.02. La population dans les différentes communes du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

La Répartition spatiale de la population dans le complexe est illustrée dans le tableau suivant [Tab.01]

Tab. 01. Répartition spatiale de la population communale dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Communes	Agglomérations	Population	Taux d'accroissement
Ben Azzouz	Ben Azzouz	5189	**2.01**
	Boumaiza	5505	**1.98**
	Zaouia	4468	**2.10**
	Ain Nechma	2777	**1.99**
	El-Hamma	2577	**2.09**
	Zone éparse	13074	**1.05**
La Marsa	La Marsa	3609	**1.60**
	Zone éparse	3297	**1.60**
Djendel	Guerbes	1492	**2.02**

Source : APC Ben Azzouz, Azzaba.2015

III. LE COUVERT VEGETAL ET L'OCCUPATION DU SOL

1. Données sur les sols du complexe

La répartition spatiale des sols dépend étroitement d'un certain nombre de facteurs, notamment le climat, la roche mère, la topographie et la végétation. Parmi ces facteurs, le climat revêt une importance capitale quant aux processus pédogénétiques. Son influence est mécanique et chimique. En effet conditionnant les précipitations, les écarts thermiques et la couverture végétale, il détermine le degré d'altération de la roche mère dont est issue la partie minérale du sol et ses propriétés physico-chimiques.

1.1 Classification des sols

1.1.1. Classe des sols peu évolués

Le caractère commun de cette classe est le faible degré d'évolution et d'altération ; la matière organique est peu abondante. Cette classe occupe une superficie de 10 084 hectares**,** cependant trois groupes ont été définis à savoir.

Groupe d'apport alluvial ; ceux sont des sols récents de la vallée formés sur des alluvions calcaires. Ils se localisent le long des lits majeurs de l'oued El-Kebir Ouest; ils sont rajeunis souvent par des dépôts de matériaux neufs en période d'inondation et se caractérisent par la présence d'une nappe phréatique de surface.

Sols d'apport colluvial ; ceux sont des sols situés sur le piémont et bénéficiant de matériaux solubles ou insolubles, transportés le long des pentes. Ils sont formés sur des colluvions calcaires et non calcaires ; généralement très aérés, on les rencontre à l'Est de Boumaiza.

Groupe d'apport alluvial et colluvial ; ceux sont des sols d'apports mixtes formés sur des alluvions et colluvions calcaires et non calcaires. Les sols peu évolués sont des sols profonds

à texture fine à très fine et une texture moyenne à grossière pour les sols d'apports alluviaux et colluviaux. Les sols d'apports mixtes restent bons pour l'ensemble des cultures. L'hydromorphie est moyenne à réduite, elle est en fonction de la teneur en eau des argiles.

1.1.2. Classe des sols vertisols

Cette catégorie de sols est localisée à l'Est de Ben Azzouz, occupe une superficie de 6 402 hectares ; ces sols dont la teneur en argile est élevée [40 à 70%], et la fraction organique est réduite de [1 à 2%]. L'homogénéisation complète du profil jusqu'à 80 cm, est liée au mouvement vertique provoqué par les alternances de gonflement et de retrait des argiles. On distingue deux sous-classes :

Sous-classe des vertisols à drainage externe possible se localisent à l'Est de Ben Azzouz et au Sud d'Ain Nechma couvant une superficie de l'ordre de 1183 hectares, ils sont localisé, donc, sur des pentes et offrent ainsi un certain drainage externe, ils sont formes sur des colluvions peu ou on calcaire et sur des alluvions fines calcaires. Ces sols sont des textures fines à très fines, l'hydromorphie est en fonction du niveau argileux dans le profil.

Sous-classe des vertisols à drainage externe nul ou réduit se sont des sols profonds, présentant une texture fine à très fine, et sont formés sur des alluvions peu ou pas calcaires et sur des terrains à faible pente ou l'action de l'hydromorphie dans la pédogenèse de ces sols surtout durant les périodes pluvieuses, cette sous classe occupe une superficie de 608 hectares.

1.1.3. Classe des sols calcimagnésiques

Cette classe est localisée autour du village d'Ain Nechma, et couvrant une superficie d'environ de 842 hectares **;** ces sols sont formés sur des colluvions calcaires du glacis d'Ain Nechma. Ils sont caractérisés par une qualité insuffisante de calcaire actif, et un taux d'argile élevé avec une texture très fine dans tout le profil.

1.1.4. Classe des sols Fersialitique

Ces sols ont été décrits dans la zone située au Nord-Ouest de Boumaiza, occupant une superficie de 332 hectares ; ils sont caractéristiques des climats méditerranéens [humide et subhumide]. Ce sont en général, des sols anciens formés sur des matériaux calcaires ou non calcaires, bien drainés, formé sur de roches composés de schistes et de micaschistes, la texture est en fonction de la profondeur.

1.1.5. Classe des sols hydromorphes

Cette classe des sols a été décrite dans plusieurs endroits et sont localisés dans des dépressions à submersion temporaire ou permanente ; ils occupent une superficie totale de 1869 hectares, et appartiennent à la sous-classe des sols minéraux ou peu humifères à pseudogley, cependant deux sous-groupes ont été définis

Sous-groupe à pseudogley de surface, cas des sols situés sur des alluvions fins ou calcaires, ayant une texture très fine argilo-limoneuse à très argileuse.

Sous-groupe à pseudogley sont situés à l'Ouest de Boumaiza, ceux sont des sols formés sur des alluvions fins peu calcaires à texture moyenne en surface et très fine en profondeur.

2. L'occupation du sol

L'utilisation actuelle de l'ensemble de la zone consiste principalement à l'utilisation des berges par l'agriculture et le pâturage *[Boumezbeur.2001]*. La surface agricole utile représente 47,52% de la superficie totale de la zone repartie entre terres labourables, arboricultures et autres cultures notamment la tomate, la pastèque et le melon et les forêts [eucalyptus, peupliers, aulnes, et quelques vestiges de chênes lièges] de densité diverse.

D'après la carte d'occupation du sol [Fig.04], le complexe présente une grande diversité thématique, ainsi les classes les plus dominantes sont les pelouses environs 9501 ha soit 26%

- Pelouses et prairies **[9501 ha]**
- Cultures maraichères **[56793 ha]**
- Sol nu **[5288 ha]**
- Zones inondables cultivées **[2323 ha]**

La proportion des sols nus (14 %) témoigne de l'ampleur des défrichements ayant conduit à l'abandon de terres épuisées *[Boussehaba. 2010]* ; leur sensibilité à l'érosion éolienne rend leur reboisement extrêmement difficile.

Ces 04 classes montrent que les principales unités d'occupation des sols sont celles occupées par l'agriculture où les terres labourables dominent et celles forestières représentées surtout par :

- Maquis à oléastre et lentisque **[4964 ha]**
- Maquis à bruyère et myrte **[2515 ha]**
- Chêne-liège [**1881 ha]**

Des zones humides occupent une place de choix dans cette plaine, elles représentent une superficie variable de prés de 2415 hectares.

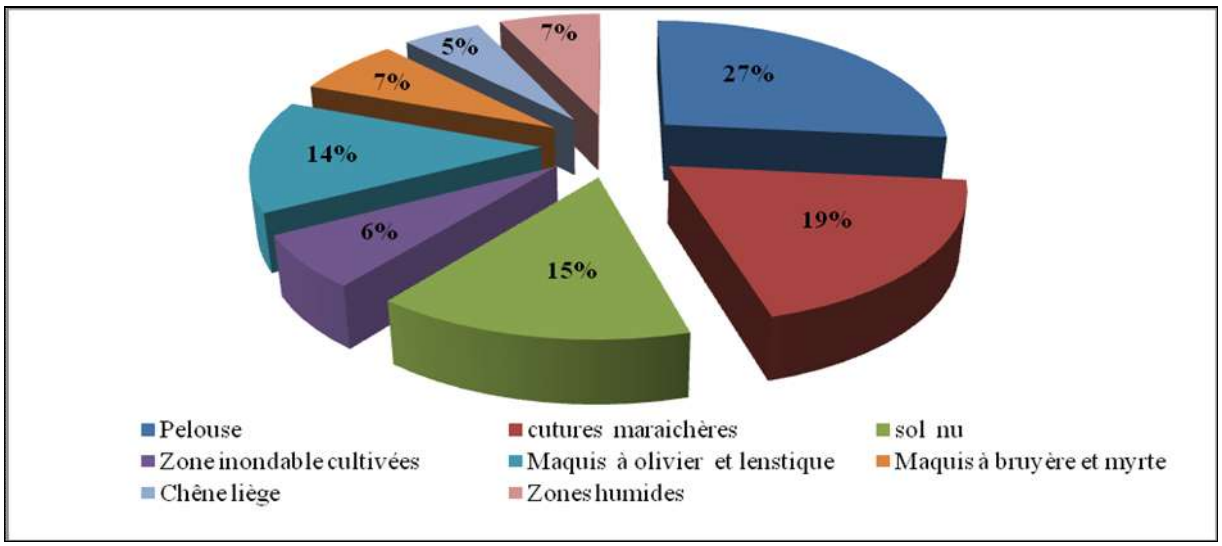
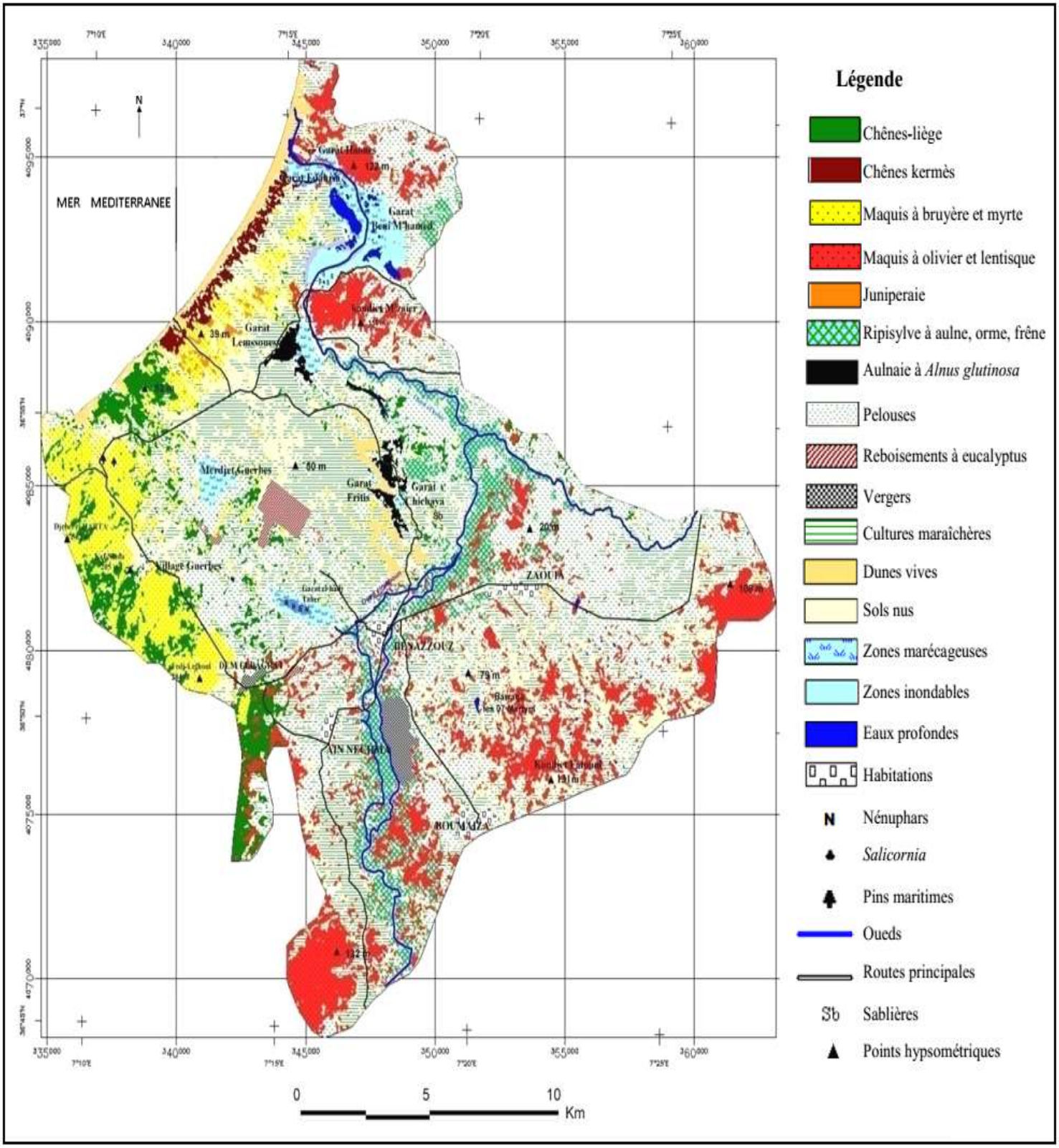


Fig. 03. Proportions relatives des principales unités paysagères du complexe de Guerbes-Sanhadja



Source : Toubal .O et al .2014

Fig. 04. Carte d'occupation du sol du complexe des zones humides de Guerbes –Sanhadja

2.1. Le domaine forestier

La couverture forestière est constituée essentiellement de chêne liège et de maquis. Les trois communes supportant le complexe représentent 9360 hectares de l'espace forestier. Ce dernier se trouve sous un état physique moyen au niveau des communes de La Marsa et Guerbes et fortement dégradé au niveau de la commune de Ben Azzouz [Tab.02]

Tab .02 . Couverture forestière et statut juridique du complexe de Guerbes-Sanhadja

Communes	Superficie [ha]	Statut juridique		Etat physique	Essence dominante
		Domanial [%]	Privé [%]		
Ben Azzouz	2532 .81	97	3	Dégradé	Maquis à olivier et lentisque Maquis à bruyère et myrte Chêne liège
La Marsa	4196	95	5	Bon	
Guerbes	2631.19	88	12	Moyen	

Source : CFW/ DGF de Skikda.2014

2.2. Le domaine agricole

Bien que le secteur de l'agriculture soit l'un des plus gros pourvoyeurs d'emplois dans les trois communes du complexe de Sanhadja [52% du total de main d'œuvre tab. 03] permanents et saisonniers dans la région.

Tab.03. La population active à l'agriculture dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Communes	Population active	% Population active dans l'agriculture
Ben Azzouz	6751	67.04
La Marsa	1722	65.5
Guerbes	610	70
Total	9083	67.50

Source : PDAU Ben Azzouz, La Marsa Djendel

Les activités agricoles pratiquées par la population du complexe sont toujours à l'état traditionnel; représentées par les cultures maraîchères et fourragères pratiquées aux abords des sources et des zones humides et les cultures industrielles saisonnières [melon, pastèque, tomate, pomme de terre, haricots verts et poivron] qui prennent de l'extension dans le massif dunaire de plus en plus défrichées et proches des points d'approvisionnement en eau, au détriment de la végétation qui protège les dunes et les aulnaies.

Tab. 04 .Répartition de la surface agricole totale [SAT] dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Communes	Terres Labourables		Productions permanents			S.A.U [ha]	Parcours et Pacages	Terres Improductives	S.A.T [ha]
	Cultures herbacées	Terre au repos	Prairies Naturelles	Vignobles	Arbres fruitiers				
Ben Azzouz	8819	2163.50	0	24	394.5	11401	3354	380	15135
La Marsa	1245	507.31	0	0	44	1796.3	641	662	3099.31
Guerbes	4078.46	41.08	21	190	322	4652.5	1769	635	7056.54

Source : Direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de Skikda .2015

2.2.1. La superficie agricole utile [SAU]

La répartition de la SAU par type de culture fait apparaitre une prédominance des cultures industrielles, maraichères et les céréales. L'examen des résultats statistiques de la SAU du complexe, consignés au tableau ci-dessous, [Tab. 05]

Tab.05. Répartition de la SAU dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

		Superficie [ha]		
		Ben Azzouz	La Marsa	Guerbes
La surface agricole utile S.A.U [ha]		11401	1796	7056.54
Cultures annuelles	Céréale d'hiver	1960	200	934
	Légumes sec	140	50	240
	Fourrages	500	250	250
	Culture industrielle	4370	315	3980
	Culture maraichère	3235	705	453
S / Total		9885	1520	5857
Cultures permanentes	Plantation	397 dont 262,5 irrigués	56 dont 10 irrigués	150 dont 150irrigués
S / Total		397	56	150
Occupation		10282	1576	6007
Taux (%)		90	88	92

Source : Service agricole de Ben Azzouz et Azzaba .2015

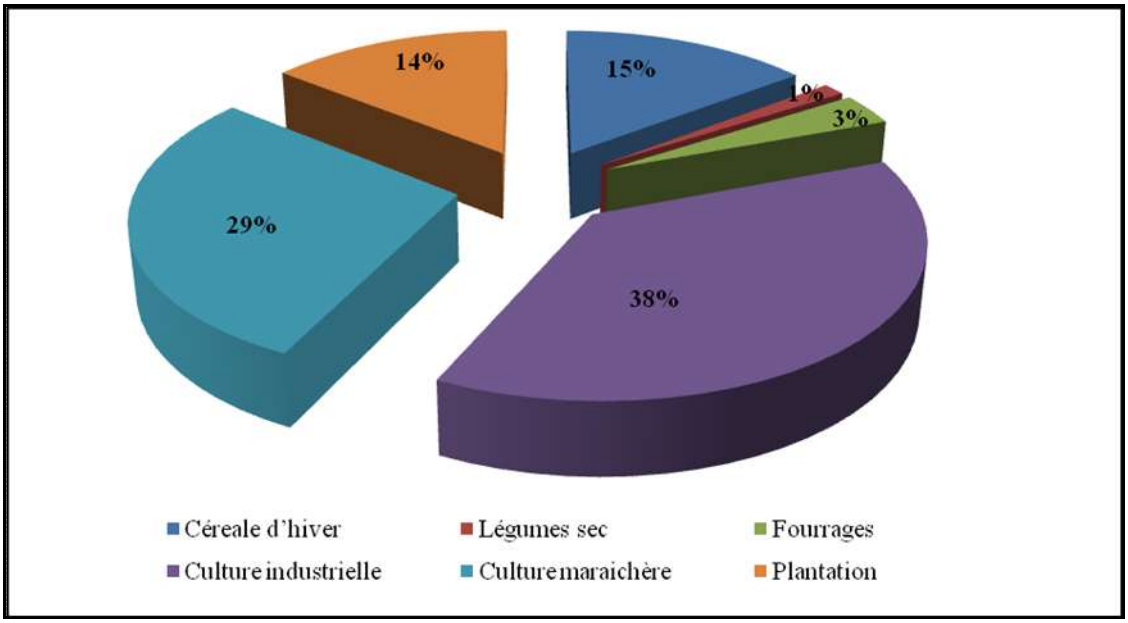


Fig. 05. Répartition de la SAU dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

3. L'élevage

Deuxième activité traditionnelle dans le complexe de Sanhadja après l'agriculture, les systèmes d'élevage qui sont pratiqués dans le complexe de Sanhadja ont une importance considérable pour l'économie rurale. La plupart de la population y compris des citadins dépendent d'un soutien de famille dont les principale sources de revenus est l'élevage. L'élevage est généralement pratiqué selon le mode traditionnel du type extensif, il est caractérisé par la migration des éleveurs dans l'espace [forêts de Sanhadja] à la recherche de fourrage. L'alimentation est basée essentiellement sur le pâturage naturel et auquel s'ajoutent les résidus de récolte [drèches de tomate,]

A ce titre les effectifs enregistrés sont les suivants [Tab. 06]

Tab. 06. Répartition de l'élevage dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Communes	Bovin	Ovin	Caprin	Equin	Poule
Ben Azzouz	15373	15761	9237	712	9586
La Marsa	5667	5789	6149	508	0
Guerbes	1158	3900	810	80	5000
Total	22198	25450	16196	1300	14586

Source : direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de Skikda .2015

Les statistiques agricoles montrent que l'espèce bovine et caprine constitue l'essentiel des effectifs soit 60% de l'ensemble de cheptels et 42500 Kg de laine produite à travers les zones humides de Sanhadja.

En ce qui concerne la production animale on estime 21104886 litres de lait et 27219 quintaux de viande dont 11542 quintaux de viande rouge. Le tableau ci-dessous [Tab.07] récapitule tous les produits d'élevages concernant le complexe de Sanhadja.

Tab.07. Les produits d'élevages dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Communes	Les produits d'élevages					
	Lait [litre]	Viande [quintal]	Œufs 10*3 unités	Miel [kg]	Laine [kg]	Peaux et cuirs [Quintal]
Ben Azzouz	15700285	23515	785.476	3500	30800	989
La Marsa	5004601	1945	0	900	10700	339
Guerbes	400000	1759	498.152	780	1000	147
Total	21104886	27218.54	1283.628	5180	42500	1475

Source : direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de Skikda .2015

4. Les grands ensembles structuraux du complexe des zones humides de Guerbes – Sanhadja

Les composantes topographiques du cordon dunaire de Guerbes, la plaine de Ben Azzouz et la plage de la Marsa montrent un relief très compartimenté qui ne dépend pas uniquement de la géologie de la région, mais aussi des agents atmosphériques qui peuvent lui changer son paysage. Cet aspect de présentation est inespéré des travaux de *[Benderradji .1988]*.d'après ces travaux, le périmètre d'étude s'intègre du point de vue hydrologique dans le bassin versant de l'oued El- Kébir Ouest .La carte topographique de Berrahal [1/50000] met en évidence des ensembles topographiques individualisé très diversifié.

4.1. Montagnes

Deux massifs marqués par des altitudes modestes encadrent le terrain du complexe à l'ouest les monts de Sanhadja et les monts de Ras-Lahdid à l'Est.

Les monts de Sanhadja et Safia forment la terminaison orientale de Djebel Filfila et la limite Sud-Ouest du cordon dunaire. Ces montagnes sont orientés NW-SE, dont les sommets présentent le plus souvent des reliefs arrondies ou allongés [cas du Djebel Laharata 561m et Koudiat Bourbis 312m]. Le contact piémont- montagne au Nord se fait par le biais d'une pente relativement douce [04 à 12%] par contre le versant Sud descend en pente beaucoup plus rapide allant à [12 à 24%]. Bien que ces montagnes ne soient pas trop élevées, le réseau hydrographique prend sa naissance au niveau des lignes de crêtes et profite des terrains tendres pour creuser des petits ravins et par conséquent, constitue des drains qui vont alimenter en aval les oueds et les marécages.

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.

4.2. Collines

Les collines occupent des espaces relativement restreints, elles paraissent planes avec des sommets tubulaires ne dépassant guère 129 m, cas de Chaabat Ain Nechma. Par contre les altitudes de 84 m et 96 m sont très fréquentes. Non accidentées, ces collines, se déterminent vers la plaine de Ben Azzouz en pente douce [4 à 12%], le réseau hydrographique n'est pas intense ; il emprunte surtout les Chaabat intercollinaires tel que Chaabat Oued El-karma et Chaabat Djorf-Manyer pour se déverser au Nord dans Garâat Greaat et au Sud dans Garâat Boumaiza.

4.3. Dunes

Un relief d'altitude modéré et de formes ondulées et constitue le siège d'une érosion éolienne intense. Localisé entre les massifs montagneux [l'Edough et Cap de fer à l'Est, Filfila et Safia à l'ouest], le massif dunaire occupe toute la partie Nord de la plaine, soit tout le littoral de la commune de Ben Azzouz. L'ensemble dunaire s'étend à l'intérieur sur une largeur de quatorze kilomètres [14 Km], en forme allongé [selon la direction des vents dominants du NW-SE] ; la largeur occupe la plaine d'Est en Ouest ou la Garâat Moussissi entrave son extension. Les sommets des dunes varient de 20 m à 110 mètres, entre Boukout Sisg et Merabet Ali. Les pentes varient entre [1 à 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 codon dunaire de Guerbes. Les dunes situées plus à l'Est [dunes de la 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, ses altitudes ne dépassent pas les 60m et les pentes sont faibles. Les dépressions situées au Nord [ex: Demnet Ataoua] sont plus basses que celles situées au sud [ex: Sidi Fritis].

4.4. Dépressions

La faiblesse de la pente [0 - 4%] empêche l'écoulement de l'eau, favorise la formation des auréoles et de mini cuvette fermées dont le plus souvent inondées en raison du substrat argileux appelé Garâat. Elles sont les plus importantes dans les zones jouxtant le massif dunaire et les terrasses des oueds.

4.5. Terrasses

Formées à la faveur des événements hydrologiques lors du Pliocène, toutes les études ont décelées **3** terrasses importantes.

Terrasse 1 ; résulte de l'accumulation d'alluvions d'une épaisseur de 20 à 30 mètres, sur une extension assez étendue, et une continuité spatiale qui lui confère un rôle aquifère non négligeable.

Terrasse 2 ; est localisée sur la périphérie de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest. Elle est particulièrement observable au Sud-est et Sud-ouest de Ben Azzouz et présente une discontinuité sous une épaisseur variant de 3 à 4 mètres. Du point de vue hydrogéologique cette unité n'est pas importante.

Terrasse 3 ; est une petite zone localisée en bordure de la vallée aux pieds des piémonts des massifs avec une très faible puissance, elle est totalement érodée, complètement drainée du point de vue hydrogéologique.

IV.CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN D'OUED EL-KEBIR-MAGROUN/ SANHADJA

Le bassin de l'oued El-Kébir-Magroun/ Sanhadja est limité au nord par djebel Chebebigk et le cap de fer, à l'est par les Monts de Djebel l'Edough, au Sud-est par Mechta Tafra et Ain Mokra [Berrahal]. Au nord-ouest, l'oued débouche sur la mer méditerranéenne *[Daifallah .2017]*. Il draine l'aval du grand bassin versant de l'oued El-Kébir Ouest, où situe le complexe de Sanhadja. Il est à l'origine de la confluence des oueds ; oued Magroun, oued El Aneb et oued Enkouche dans la partie Nord et Oued El Maboun dans la partie Ouest, d'une superficie de 372.5 Km^2. Ce bassin est situé dans l'ensemble physiographique de collines et de plaines, dont l'altitude ne dépasse pas les 50 mètres, occupant environ 71% du bassin et caractérisé par des pentes relativement faibles [Fig.06].

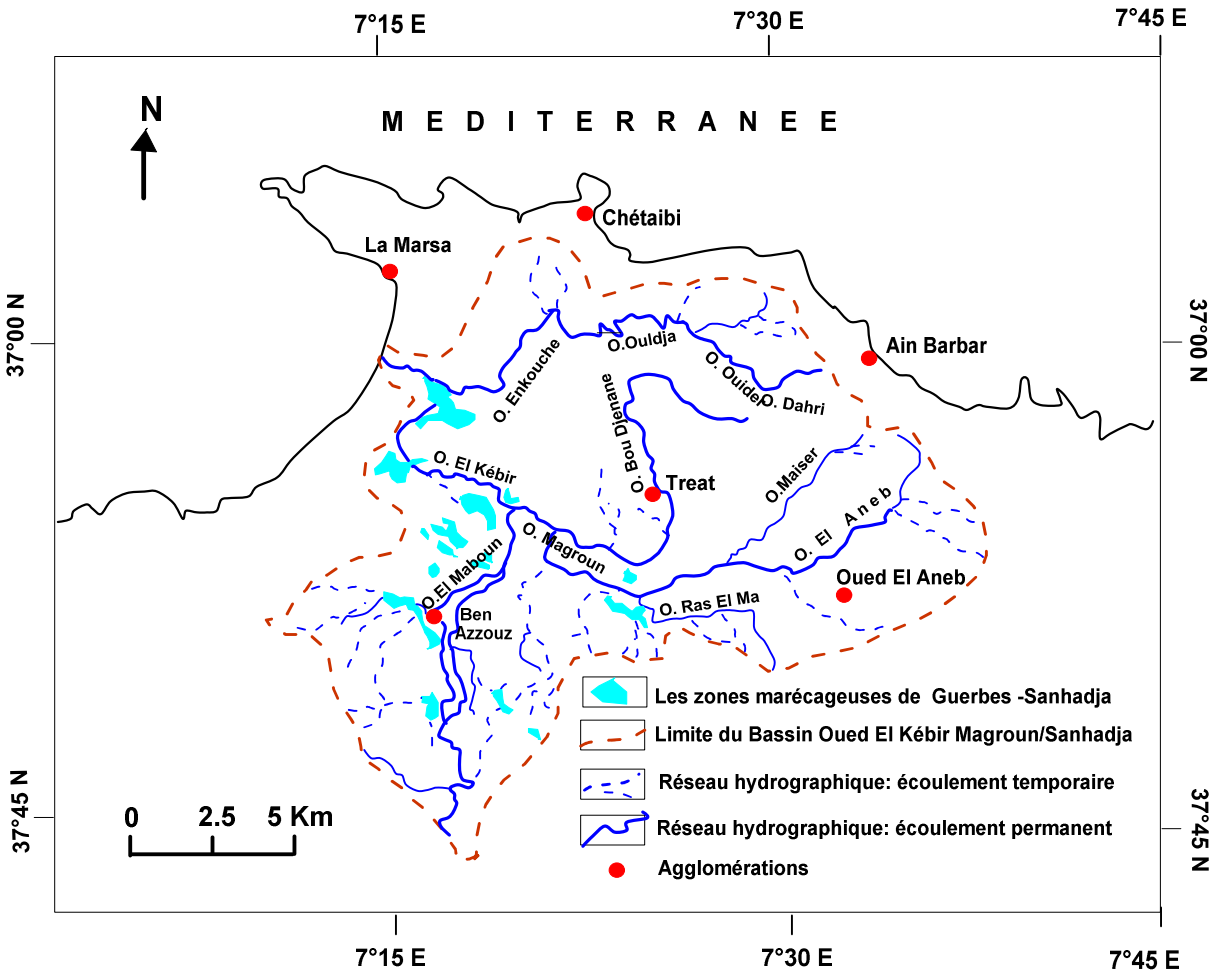


Fig.06.Carte du réseau hydrographique du bassin d'oued El-Kébir-Magroun/ Sanhadja

1. La courbe hypsométrique

L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief. Elle met en évidence le profil type du bassin et les pentes; facteur déterminant de l'écoulement. Il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par tranche d'altitude.

Les intervalles d'altitudes et les surfaces qu'elles occupent sont représentés dans le tableau ci-dessous [Tab.8] .Ils permettent de tracer la courbe hypsométrique [Fig.07] Qui met en relation les altitudes et les surfaces dans un bassin, sous forme de fréquence de superficies inférieur à un seuil donné

Tab.8 .Répartition altimétrique du bassin d'oued El-Kébir-Magroun/ Sanhadja

Tranche altitude [m]	Surface [km^2]	Surface [%]	Surface Cumulée
1000	0.11	0.03	0.03
1000-800	1.6	0.43	0.46
800-600	6	1.61	2.07
600-400	31.5	8.843	10.55
400-200	120	32.214	42.77
200-20	213.2	57.234	100

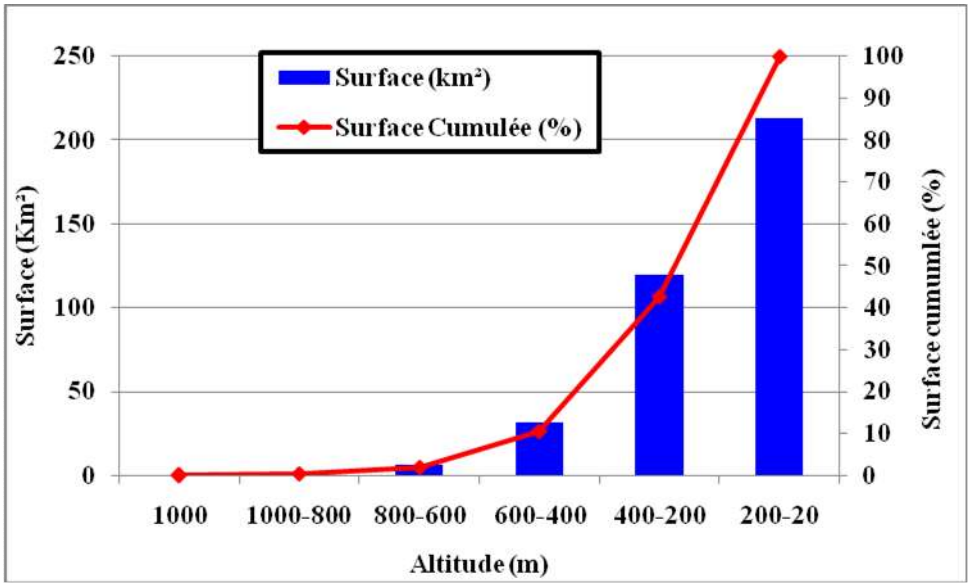


Fig.07. Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques du bassin d'oued El-kebir-Magroun/ Sanhadja

Cette répartition nous indique que les forts pourcentages [57%] accompagnent les altitudes moyennes à faibles [200-20] mètres, ce qui explique que notre bassin ne présente pas une topographie accentuée, donc il est caractérisé par des reliefs modérés allant vers la pénéplaine.

2. La forme du bassin

Cet élément peut être caractérisé par l'Indice de compacité de Gravelius K_C, ayant une influence certaine sur l'écoulement. La forme du bassin détermine l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée, où un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée.

La forme est exprimée par l'indice de compacité, qui correspond au rapport du périmètre P du bassin et sa surface A.

$$K_C = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} = 1.59$$

$K_c > 1.12 \Longrightarrow$ Le bassin est rectiligne

3. Le rectangle équivalent

La notion de rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius, introduite par Roche 1963, *[Mecibah.2017]* permet de comparer facilement des bassins versants entre eux, en ce qui concerne l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

La formule qui nous permet de déterminer les dimensions de ce rectangle fait intervenir l'indice de Gravelius et la superficie du bassin, elle s'écrit :

$$L_e = \frac{K_C\sqrt{S}}{1.12}\left[1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K_C}\right)^2}\right]$$

Le = 42.99 km, l = 8.66 km

4. L'indice de pente global [I_g]

L'indice de pente global (I_g), exprimé en m/km, est le rapport de la différence des altitudes de fréquence 5% et 95% (D, en m); par la longueur de rectangle équivalent du bassin d'oued El-kebir-Magroun/ Sanhadja [L_e], d'où: **$Ig= D/L_e$**

Ig= (600-187) /42.99 = 9.60

5. Densité de drainage

Elle donnée par la relation suivante : $Dd=\sum L_X/S$, ou

Dd : densité du drainage en Km/Km^2

$\sum$L x : longueur totale du réseau hydrographique Km

S : surface du bassin versant en Km^2

Dd= 4.05 Km/ Km^2

La densité de drainage du bassin versant du bassin d'oued El-kebir-Magroun/ Sanhadja est considérable de l'ordre de 4,05Km/Km^2, donc notre BV révèle un type de drainage ; Orthogonal, se caractérise par un réseau hydrographique dense, hiérarchisé aux affluents courts et nombreux.

Tab.9. Tableau Récapitulatif des caractéristiques morphométriques du bassin d'oued El-kebir-Magroun/ Sanhadja

Paramètres		Symbole	Unité	Valeurs
L'altitude maximale		H_{max}	m	1022
L'altitude minimale		H_{min}	m	18
L'altitude moyenne		H_{moy}	m	213.6
L'altitude de fréquence 0.5		H [50%]	m	280
La surface		S	Km^2	372.5
Le périmètre		P	Km	109
L'indice de compacité		Kc		1.58
Le rectangle équivalent	**Longueur**	Le	Km	42.99
	Largeur	l	Km	8.66
Indice de pente globale		Ig	m/Km	9.60
Densité de drainage		Dd	Km/Km^2	4.05

L'analyse morphologique nous a permis de déterminer les caractéristiques physiographiques du bassin versant de l'Oued el Kébir-Magroun /Sanhadja. Celui-ci est de forme allongée favorisant des faibles débits de pointe. Les altitudes qui sont dans l'ensemble moyennes à faibles reflètent un relief modéré, elles sont comprises entre 20 à 1000 m. Ce qui renseigne sur la vitesse des écoulements qui serait faible.

V.CONCLUSION

Le complexe couvre la partie littorale Est de la wilaya de Skikda, Cet ensemble est situé à l'aval du bassin d'oued El-Kébir Ouest, couvrant ainsi l'essentiel de la surface des zones humides soit environ 230 km² du bassin de l'oued El -Kébir Ouest et englobe un nombre de population de 41 988 Habitants [2015].

Le complexe est une région essentiellement à vocation agricole où elle est observée sur l'ensemble de la zone, avec une très grande variété de cultures, céréalières maraîchères et arboricoles aussi l'élevage bovin, ovin et caprin particulièrement demeure dans l'incapacité de procurer des sources de revenu.

Topographiquement, le relief est très diversifié [Massif de bordures, plaines, terrasses, collines, marécages …]. L'altitude atteint 10 mètres en moyenne au centre du complexe et culmine à 561 mètres au Nord-Ouest, 48.5% des terres ont une pente inférieure ou égale à 3% et le reste à 12.5%.

L'analyse des caractéristiques morphologiques du bassin de l'Oued el Kébir-Magroun /Sanhadja nous a permis de dégager les principaux paramètres qui ont une influence certaine sur des eaux surtout superficielle .Qui y circulent

- Une forme allongée ce qui fait que les eaux précipitées mettent plus de temps pour atteindre l'exutoire.
- La dominance des classes altimétrique inferieur à 500 m et l'altitude moyenne est de 213m.

CHAPITRE 2 :

LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES

CHAPITRE 2
LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES

Le complexe des zones humides de Sanhadja fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas tellien, zone plissé alpine de l'Afrique du Nord caractérisée par sa complexité lithologique et structurale. La micropaléontologie a fait la différence entre les études passées et actuelles et a abouti a une nouvelle conception de la géologie de la région [Durand Delga. Raoult et Vila 1967]**.** Il existe plusieurs ensembles structuraux, tectoniquement empilés les uns sur les autres.

- La série autochtone de la bordure occidentale de l'Edough *[Khammar. 1980]* ;
- La zone para-autochtone des terrains Mésozoïques du mont de Safia ;
- Un ensemble allochtone des schistes métamorphiques du Paléozoïque inférieur sur lequel repose la couverture sédimentaire ;
- Un flysch albo-aptien et paléogène recouvert par un flysch à microbrèches présentant une extension limitée ;
- La nappe numidienne dont l'âge a été attribuée au sommet de l'Oligocène et à L'Aquitanien ;
- Et enfin, les sédiments plio-quaternaires déposés en discordance sur l'ensemble de ces formations.

I. LA LITHOSTRATIGRAPHIE DU COMPLEXE

1. Paléozoïque

1.1. Les formations cristallophylliennes

Le massif de l'Edough est le principal affleurement des formations cristallophylliennes. Celles-ci comportent des schistes, des micaschistes et des gneiss ainsi que des calcaires et dolomies métamorphiques associés à des roches basiques variées. Les gneiss qui occupent la zone centrale du massif dessinent un dôme anticlinal dont l'axe est orienté Sud Ouest-Nord Est. Ils sont surmontés par les formations schisteuses sauf vers le Nord-Est où ils sont directement recouverts par les assises du Nummulitique supérieur mais ils peuvent réapparaître à la périphérie du massif soit en position normale soit par le jeu de failles *[Hilly, 1962]*.

Le massif de Boumaiza est l'extrémité occidentale de la série cristallophyllienne à métamorphisme moindre. Cette série autochtone présumée du précambrien est situé à la bordure Sud-Est de la dépression alluviale en rive droite de l'Oued El Kébir Ouest. Cet ensemble métamorphique est recouvert par des sables rouges dans sa partie Nord-Ouest et par des alluvions récentes de la vallée de l'Oued Magroune dans sa partie Nord-est. Les

roches saines, généralement satinées, verdâtres, gris-bleu, se présente sous forme, de séricitoschistes, micaschistes et plus rarement de chloritoschistes. Outre le quartz et les minéraux phylliteux, ces roches peuvent contenir du grenat, du staurotide et de la tourmaline. Des grès légèrement métamorphiques et des quartzites sont associés à ces schistes. Les micaschistes sont plus abondants et sont localisés dans les zones périphériques de l'Edough dans le massif d'Ain Mokra [Berrahal]- Oued el Aneb. Ils sont essentiellement formés de quartz, de biotite et de muscovite associés à d'autres minéraux [grenat staurotide, tourmaline, andalousite et disthène].

Il n'y a pas de coupure nette entre les schistes et les gneiss ; les uns passent en effet progressivement aux autres par l'intermédiaire des micaschistes feldspathiques dont les affleurements peuvent être assez importants.

Les calcaires et dolomies métamorphiques sont inter-stratifiés dans les séricitoschistes, dans les micaschistes et, plus rarement, dans les gneiss. Ils y forment des amas lenticulaires courts et épais ou des bancs plus ou moins continus et d'épaisseur relativement constante. Ils affleurent dans le massif d'Ain Mokra - Oued el Aneb, au Nord du lac Fetzara.

2. Mésozoïque

2.1. Les formations sédimentaires

Cette formation dessine les sommets du Djebel Safia s'érigeant en rempart naturels et surplombant la plaine de Hadjar-soud et celle d'Ain Nechma. Elle amorce avec les grés numidien plus au Nord- Ouest une bande des principaux reliefs de la zone selon une direction SE-NW plus ou moins conforme à celle de l'axe anticlinal Lias-Crétacé inferieur de cette unité.

La sédimentation de la chaine calcaire dans la zone Kabyle a eu lieu au cours d'une courte période et est liée à l'existence des bassins locaux peu profonds. Elle groupe un complexe calcaréo-dolomitique du Lias au centre sur la quelle repose en discordance une série flyschoide de l'Albo-aptien. Des dolomies massives grises d'une épaisseur de 80 mètres datées du Rhétien Sinémurien affleurent à l'extrémité du Sud-est de Koudiat Embarek. Elle est surmontée par des calcaires blanc à gris d'âge Lotharingien – Kimmeridjien d'épaisseur de 200 mètres qu'on observe à Koudiat si Messaoud et Koudiat El-Hadjar. Le Néocomien occupe la zone basse, discordant sur les terres inférieures, il affleure sous forme de calcaires marneux à ammonites pyriteuses avec une épaisseur de 60 mètres.

3. Cénozoïque

3.1. Flysch-oligocène

Le flysch d'âge oligocène affleure au Nord-ouest de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest au lieu dit Ali Ben Ali dans le vallon de l'oued Ksaiba et constitue le premier flysch de recouvrement ultra-kabyle, il présente une alternance d'argilites, aleurolite, marnes, des lits de calcarénites et des brèches calcaires à nummulites souvent importantes.

3.2. Flysch – numidien

Ce flysch numidien est constitué à la base soit par des argilites bigarrées, soit par des marnes sableuses que surmontent des grés quartzeux, il se répand à Kef Siada et Djebel Laharta à l'Ouest, Nord-ouest de la dépression alluviale et repose sur la nappe de recouvrement du flysch oligocène kabyle et sur les roches métamorphiques.

Ce flysch numidien appartiendrait à l'Oligocène vu la présence des arénacés et quelques globigérines de 400 mètres, de puissance *[Durand Delga, 1960]*.

4. Le quaternaire

Les formations quaternaires occupent la plus grande superficie de la vallée de l'oued El-Kebir Ouest. Le caractère de ces sédiments est influencé par le socle géologique et les conditions climatiques. Le travertin et les sédiments sableux sont d'âge Pléistocène, alors que le matériel colluvial, les sables littoraux et les alluvions sont d'âge holocène.

4.1. Quaternaire Ancien ou Pléistocène

4.1.1. Le travertin affleure sous forme de lambeau de 100 mètres de largeur sous les sables rougeâtres au Sud-est de Dem el-Begrat, il est extrêmement poreux et de couleur grisâtre, il est pigmenté de jaune brun par l'hydroxyde de Fer , c'est le sédiment quaternaire le plus ancien de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest .

4.1.2. Les grés de dunes sont composés de grains de quartz et d'hydroxyde de fer, ces grés dunaires s'observent de façon très générale dans la zone de Sidi Lakhdar et le lit de l'oued Dissia et le long du littoral de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest. Ces formations sont prises dans un ciment argilo-calcaire.

4.2. Quaternaire récent ou Holocène

4.2.1. Les colluvions sont constituées de sable, d'argile et d'éboulis de pente, elles se sont formées au pléistocène et pendant l'holocène. Elles se localisent tout le long du contrefort ouest de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest selon un alignement Sud-Est, Nord-ouest.

4.2.2. Le sable rougeâtre d'âge holocène, s'observe dans la vallée de l'oued El-Kébir Ouest, les forêts de Guerbes et de Sanhadja .De bas en haut ils se mélangent à du matériel

sablo-argileux teinté en rouge brun par oxydes de fer, dont la présence est liée probablement au battement de la nappe phréatique. Aux abords du massif métamorphique de Boumaiza à l'Est et Koudiat El-Aneb à l'Ouest ce matériel sableux se mélange a des fragments de schistes, très riches en oxydes de fer dans la région de Ben Azzouz et surmonté par des sables blancs.

4.2.3. Le sable blanc des dunes existe dans la partie littorale, transporté par le vent de direction Nord-ouest, l'orientation générale des dunes est Nord-ouest, Sud-Est, avec quelque kilomètre de longueur sur 500 mètres de largeur et une hauteur moyenne de 100 mètres**.** Des bifaces Acheuléens terminaux ont été découverts par *Morel et Hilly 1956.*A la limite Nord-ouest, et à proximité de la plage de Guerbes, on observe de bas en haut :

- Grés des dunes d'une puissance de 1 m.
- Sable rouge d'une puissance de 2 m.
- Grés des dunes d'une puissance de 4 m.
- Sable blanc récent des dunes.

4.2.4. Les alluvions présentent dans la zone étroite de vallée de l'oued entre le massif cristallophyllien de Boumaiza et le complexe Lias Crétacé du Djebel Safia. Le matériel grossier plus ou moins transmissif à la terminaison Sud du Djebel Safia passe à un sédiment plus fin à Ain Nechma voir argileux avec quelques passées de lentilles de graviers, argilo-sableux à Ben Azzouz pour laisser la prédominance à la composante sableuse au voisinage du massif dunaire.

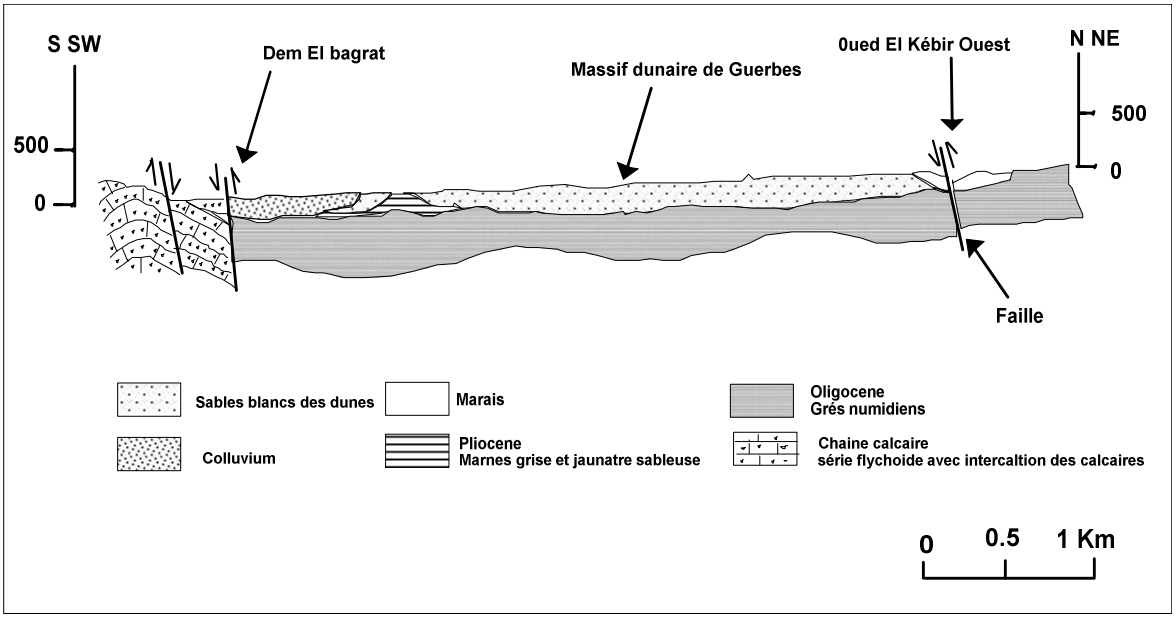


Fig.08. Coupe géologique à travers le complexe des zones humides de Guerbes -Sanhadja [Boulekenaft.2008 ; modifiée par Hedjal.2018]

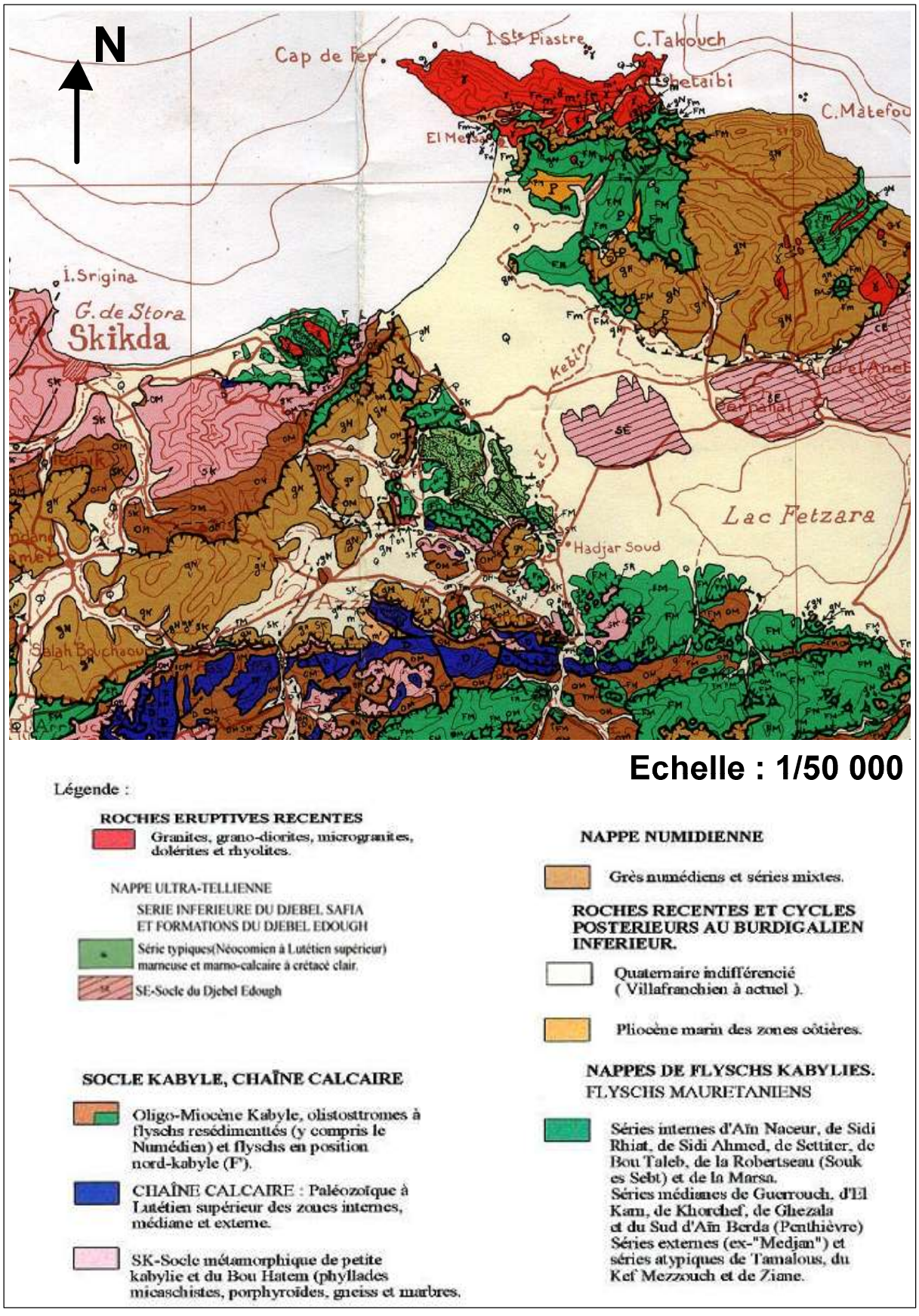


Fig. 09. Carte géologique de la région de Sanhadja / Extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-est Algérien [D'après J.M.VILA. 1980].

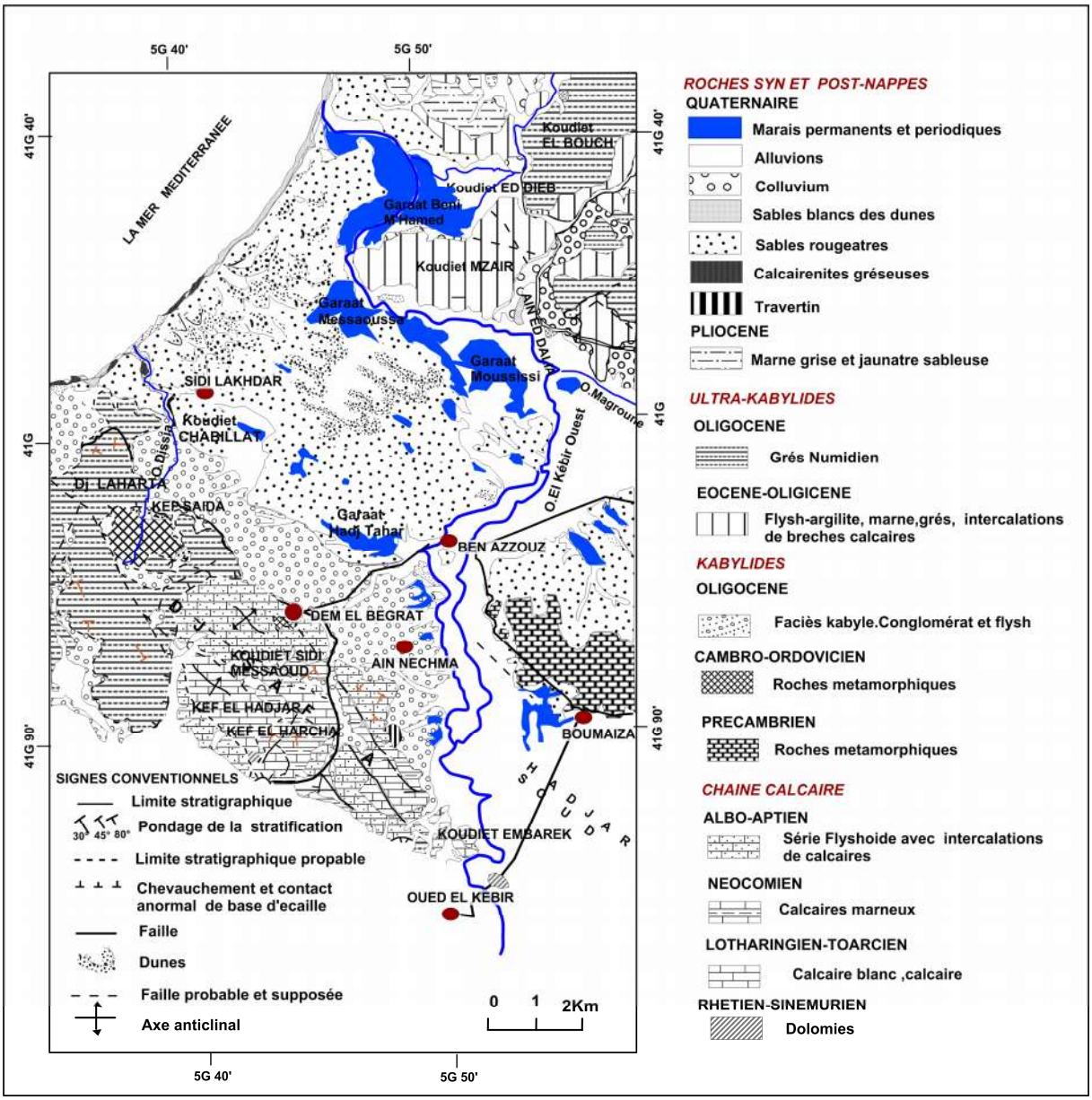
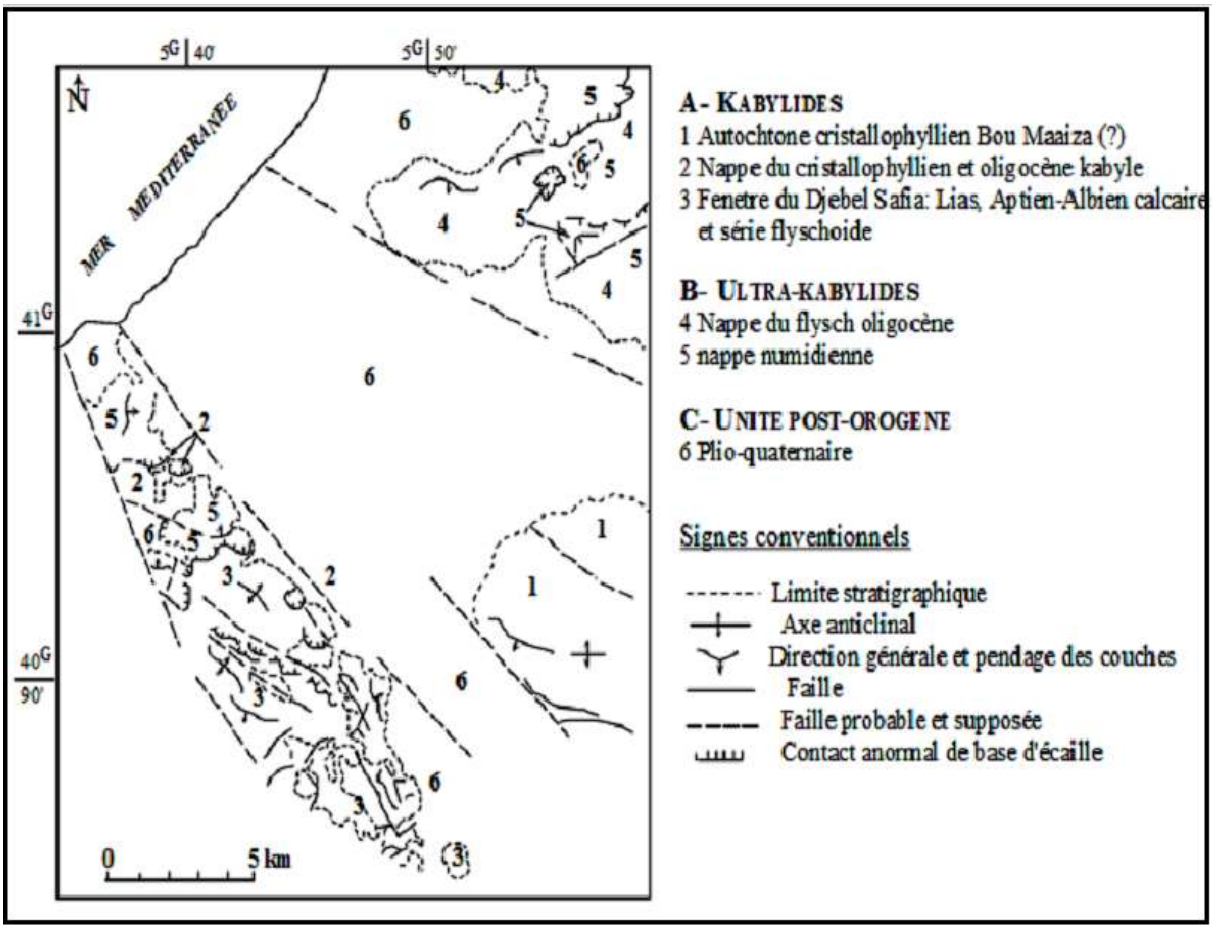


Fig. 10. Carte géologique schématique des principaux faciès de la région de Guerbes-Sanhadja [Khammar.1980 ; modifiée par Hedjal .2018]

II. TECTONIQUE

La région d'étude est caractérisée par l'existence de plusieurs unités structurales synclino-orogéniques et fracturées en divers blocs appartenant aux kabylides et aux ultra-kabylides dont les mouvements relatifs auraient été à l'origine de la vallée de l'oued Kébir Ouest considérée comme l'unité poste-orogénique. Les différents ensembles structuraux sont les suivantes



Source : KHAMMAR.1980

Fig. 11. Schéma structural du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja

1. Structure autochtone

La simplicité extérieure apparente de la structure autochtone isolée des autres structures par des sédiments quaternaires de la vallée de l'oued El-kebir Ouest, se caractérise au Nord-est de Boumaiza par un grand pli anticlinal d'axe Nord -ouest avec un pendage maximum de 30 à 40° sur les flancs [J.M .villa]. Cet ensemble autochtone présent, en effet, une structure beaucoup plus simple dans les assises antécambriennes que dans l'assise beaucoup plus jeune, avant tout il convient de noter la correspondance totale de la schistosité avec la stratification, primitives dans les niveaux de calcaire cristallisés de l'assise antécambrienne dont les structures internes présentent des traits particuliers à savoir un micro-plissement et un gaufrage propre aux schistes métamorphiques du Paléozoïque inférieur . A cet effets, des auteurs inédit auraient émis l'hypothèse de l'appartenance de ces niveaux métamorphiques autochtones à la nappe des schistes métamorphiques, mais sans arriver à conclure par la suite de l'absence de contact avec des couches du crétacé.

2. Structure para-autochtone

Déposés sur la bordure du sillon méso-méditerranéen, ces sédiments ont été charriés au sud pendant la phase la plus ancienne de charriage, à travers le géanticlinal kabyle. La chaine calcaire forme le socle des unités qui lui sont tectoniquement superposées. Dans cette région elle est représentée par la fenêtre tectonique du Djebel Safia *[Durand Delga, Raoult et Vila 1967]* qui dessine un bombement anticlinal déformé d'axe NW-SE et dont la partie orientale est recouverte par des dépôts quaternaires de la vallée de l'oued El-Kebir Ouest [Ain Nechma]. Les deux flancs déformés par des failles parallèles à l'axe, sont occupés par des terrains de Crétacé inferieur dont le pendage varie de 20-70°. Le cœur de l'anticlinal laisse apparaitre des dolomies ou calcaires massifs du Lias. Les assises argilo- gréseuses du Crétacé inferieur déformées en plis disharmoniques. Ces assises ont été soumises à un métamorphisme dynamique qui leur confère une ressemblance avec les schistes métamorphiques du Paléozoïques inferieur. J.M.Villa propose comme socle immédiat de cet ensemble parautochtone mésozoïque, les roches cristallines du massif de l'Edough, mais à l'heure actuelle il n'existe pas de preuves directes pour étayer cette supposition.

3. Structure allochtone

3.1. La nappe de charriage métamorphique kabyle du Paléozoïque inférieur, est une nappe de charriage transgressée par le complexe flysch conglomérat de l'Oligocène kabyle, elle affleure dans la localité de Dem-Begrat en fenêtre sous la nappe de charriage numidienne. Vers le Sud, elle repasse sur les terrains mésozoïques autochtones sous-jacents de Koudiat Messaoud. Les travaux de [Raoult, Villa et D. Delga] ont mis en évidence ce contact avec l'unité tectonique de la chaine calcaire, contact visible à l'Est du Djebel Seba et sur la rive gauche de l'embouchure de Châabet El-Ouara.

Le flysch oligocène kabyle présente une structure plus simple à plis plats, à rayon de courbure relativement grand et dont les pendages sont de 20 à 30°. Dans l'ensemble cette structure se traduit par un anticlinal de direction générale Nord-est qui définit une discordance avec les structures Nord-ouest autochtones d'une part et avec les plis Est-Ouest de l'assise métamorphique du paléozoïque inférieur d'autre part. Cette configuration anticlinale du complexe flyschoide Oligocène kabyle dans le cade géologique régional sépare les bombements anticlinaux du Djebel Safia et de ceux du Djebel Filfila.

3.2. Nappe de flysch argilo-gréseux affleure en grande partie au Nord-Est de la région d'étude, en rive droite de l'Oued El- Kébir Ouest aux Koudiets M'zair et Dieb, la nappe du flysch argilo-gréseux est surmontée par la nappe de charriage numidienne. Au Sud, elle est

masquée par des sédiments d'âge quaternaire. La grande structure synclinale monotone constituée essentiellement de terrains éocènes- oligocènes, affectée par des plis et des fractures secondaires est l'un des traits essentiel de cette unité flyschoide.

3.3. Nappe de charriage numidienne couronne l'édifice structural complexe de la région d'étude. Le soubassement de cette unité surmonte, soit le flysch ultra-kabyle, soit la nappe métamorphique du Paléozoïque inférieur, soit l'Oligocène transgressif kabyle, soit les couches flyschoides crétacées de la chaine calcaire. Dans cette structure interne la nappe numidienne comprend une assise de gré quartzitique souvent subhorizontal discordant sur une assise inférieure d'argiles dont le développement est sporadique dans la région. Ces grés numidiens à Kef Siada s'observent à la faveur d'une base imposante qui émerge dans une topographie masquée par les broussailles et les forêts de chêne-liège. On y relève une stratification Nord-sud nette avec un prolongement Est-ouest de 35° ; sont les sédiments quaternaires de la vallée de l'oued El-Kebir Ouest sont les plus simple, elles se distinguent par le glissement doux souvent subhorizontal de l'assise gréseuse supérieure.

III. CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS

Les formations affleurant dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja selon leur appartenance lithologique et structurale, sont définies par des caractéristiques hydrogéologiques différentes leur capacité d'emmagasinement des eaux et leur participation à l'alimentation des nappes souterraines sont fonction de leur permeabilité : nous distinguons les formations perméables et les formations imperméables.

1. Les formations perméables

1.1. Les formations liasiques du Djebel Safia : De part leur impluvium propre [10Km^2], leur structure anticlinale avec plongement des flancs Nord-Nord-Est de 70° à 80° vers la plaine, leur fracturation intense, les formations calcaires et dolomies du Djebel Safia forment un aquifère important dont les eaux sont en majorité drainées par les alluvions de l'oued El kebir Ouest. Ces formations reçoivent les précipitations représentant un volume important transitant par ce Karst .Aucun exutoire n'est connu à la limite du massif .Il semble que ces eaux deviennent captives sous les dépôts argileux de l'Oued El Kébir.

1.2. Les alluvions de l'Oued El Kébir : Ils sont en relation avec les formations liasiques du Djebel Safia, le massif métamorphique de Boumaiza, les formations numidiennes et le massif dunaire, forment un couloir de 1 à 5 Kilomètres de large sur 35 Kilomètres de long

[Khammar. 1981]. Les zones les plus perméables se situent à la débouche de Oued El Kébir et ses affluent dans la vallée, ainsi que le réservoir alluvionnes le plus important se trouve dans la partie amont de la vallée.

La majorité des apports provient des formations encaissantes, argiles et gés numidiens, marno-calcaires et surtout calcaires secondaires qui demeurent la principale source.

1.3. Colluviun : Il est le résultat du démantèlement, favorisé par une pente très abrupte, des massifs secondaires Djebel Safia et surtout les formations numidiennes de Djebel Sanhadja et Kef Siada qui assurent son alimentation et au bas desquels il se localise selon une bande NE-NW. Des blocs hétérométriques dans une coulée argileuse constituent une structure peu favorable à une infiltration et une alimentation des aquifères profonds éventuels. Etroitement li é aux torrents des montagnes les niveaux les plus grossiers de ce colluviaux représenteraient un drain des eaux de ruissellement.

1.4. Le massif dunaire : Le principe réservoir se trouve dans les dures qui reçoivent des précipitations très importantes sortant en mer ou dans les zones mécageuses de Sanhadja.

Les grés dunaires ou calcarénites gréseuses, les sables rouges et les sables blancs constituent les formations susceptibles d'êtres aquifères.

Les grés dunaires : d'aspect bréchique, ils affleurent à 2 ou 3 kilomètres du rivage dans la localité de Sidi Lakhdar et sur le littoral, puis se perdent dans la mer à une distance inconnue. Il est composé de grains de quartz, de débris d'organisme dans un ciment calcaire qui ne comble pas tous les vides de la roche. Lui conférant une porosité importante constatée in situ par des suintements pérennes.

Les sables rouges : ils constituent les dunes allongées NW-SE et se repartissent sur toute la plaine. Ils ont une proportion d'argile qui croit en fonction de l'éloignement du massif dunaire vers le massif de Boumaiza.

Les sables blancs : est constitué par les dunes récentes et les dunes actuelles, les premières citées forment un bourrelet fixé par les arbustes dont l'altitude n'excédent pas les 100 mètres, et la largeur 4 Kilomètres. A leur limite un étroit cordon constitue les dunes actuelles.

2. Les formations imperméables : Elles concernent en premier lieu les roches métamorphiques du Paléozoïque et les formations flyschoide crétacés et Tertiaires dont la nature lithologique essentiellement plastique traduit un ruissellement des beaucoup plus que l'infiltration. Les terrains numidien ne renferment pas des ressources importantes en eau, leur épaisseur et leur surface d'affleurement considérables leur permettraient de jouer un rôle important dans les nappes qu'ils limitent.

IV. CONCLUSION

L'analyse géologique à mis en évidence une structure complexe constituée par un empilement de nappe de charriage de recouvrement mises en place lors de l'Orogenèse Alpine et s'insérant chacune dans un domaine structural propre. Des sédiments Plio-quaternaire, post-orogéniques se sont accumulés à la faveur du fossé d'effondrement individualisé le long des accidents supposés de direction Sud-est –Nord-ouest.

Cette configuration géologique englobe des ensembles hydrogéologiques à l'intérieur de chaque domaine structural ; du fait de leur épaisseur, de leur surface d'affleurement de leur structure anticlinale, l'état de leur fracturation favorable à l'emmagasinement et la circulation des eaux souterraines. Les dolomies et les calcaires liasiques se classent parmi les plus perméables dans le cortège des formations anté-miocène, cette perméabilité constatée à partir des données lithostratigraphiques et tectoniques demeure relative d'une formation à l'autre. Les sédiments Plio-quaternaire constituant le matériel de remplissage du fossé d'effondrement de direction Sud-est Nord-Ouest, individualisé lors des mouvements de surélévation Miocène, restent le milieu d'investigation le plus favorable pour les eaux souterraines.

CHAPITRE 3 :

LES CARACTERISTIQUES HYDRO-CLIMATIQUES

CHAPITRE 3

LES CARACTERISTIQUES HYDRO-CLIMATIQUES

Dans le but de compléter les caractéristiques physiques de la région de Guerbes - Sanhadja, une analyse des facteurs climatiques s'impose. Elle permet de mettre à jour les facteurs les plus importants qui régissent le climat et enfin d'établir des bilans d'eau, en utilisant différentes méthodes adaptées au contexte régional.

Pour atteindre les objectifs de ce chapitre un effort considérable a été fourni notamment dans la collecte des données sur les précipitations, la température, l'humidité, le vent, au niveau des services gestionnaires en particulier l'agence nationale des ressources hydrauliques [ANRH] et l'office national de météorologie [ONM]. Nous tenterons à partir des données disponibles, de faire ressortir les caractères généraux du climat de la région de Guerbes- Sanhadja, ses nuances spatiales et ses irrégularités temporelles.

I. LES STATIONS METEOROLOGIQUES

Cette étude est basée essentiellement sur les données météorologiques concernant les précipitations et les températures, des stations climatiques les plus représentatives et qui révèlent des données complètes de la zone d'étude dont les coordonnées sont illustrées dans le tableau ci-dessous [Tab.10].

Tab.10. Les Coordonnées géographiques des stations météorologiques

Station	Code ONM/ANRH	Coordonnées Lambert		Altitude en [m]	Période d'observation
		X	Y		
Skikda Port	030801	874.50	406.400	5	1980/81-2015/16
Azzaba	031106	891.35	391.35	93.00	1980/81-2010/11
Ain Charchar	031201	909.50	393.28	34.00	
Berrahal	031302	924.05	398.30	15	

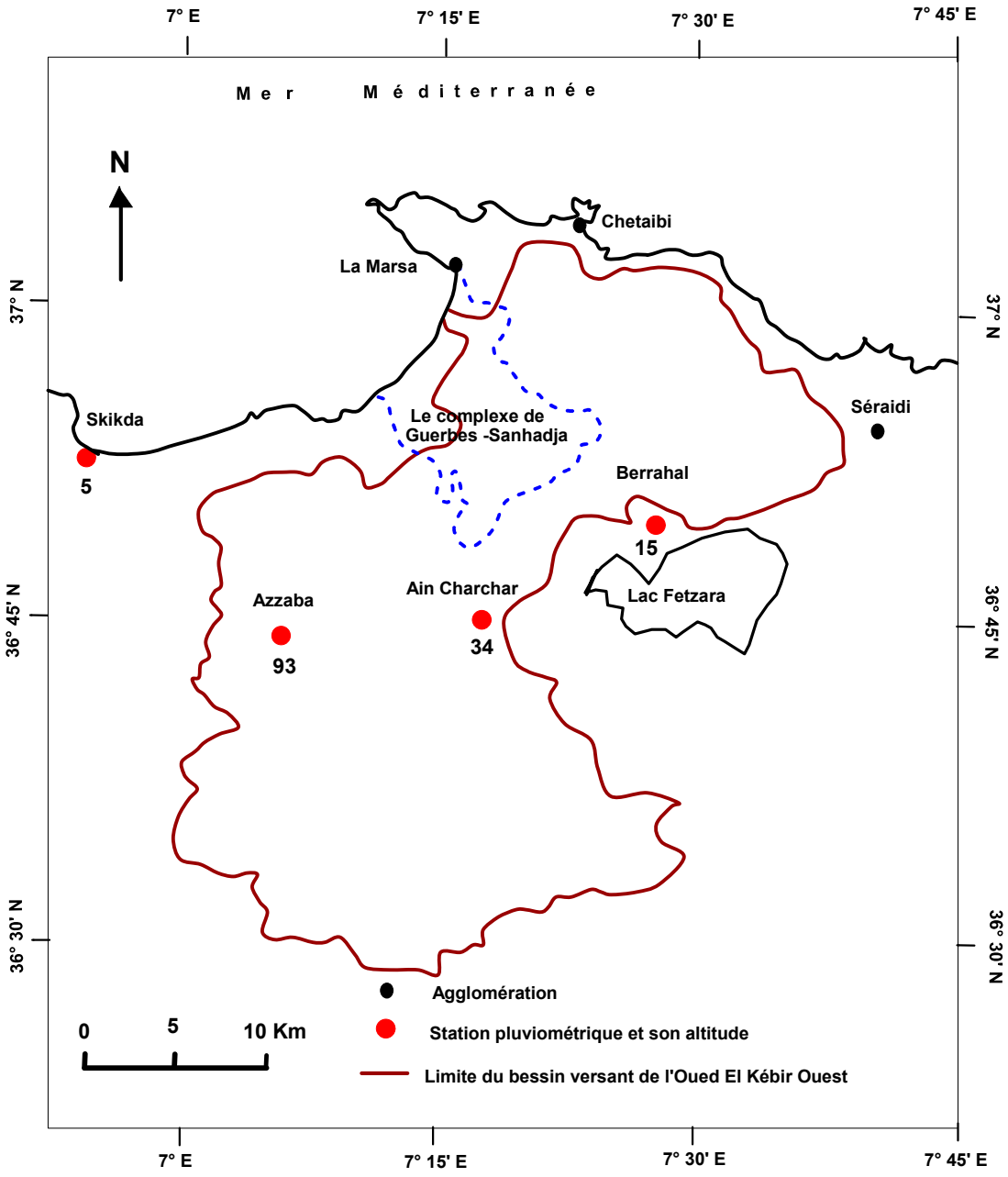


Fig.12 .Carte de situation des stations Pluviométriques

II. LES PRECIPITATIONS

1. Comblement des lacunes

Les stations retenues pour l'étude de la série normale présentent toutes des lacunes d'observations à l'échelle annuelle et mensuelle. Nous nous proposons de restituer les données manquantes. Pour cela, nous avons utilisé la régression linéaire qui consiste à estimer une valeur manquante d'une série pluviométrique lacunaire à partir des observations d'une autre station de série homogène voisine prise comme référence ; aussi l'extension des séries courtes

à l'aide de la série de base [notre cas]. Pour que cette méthode soit efficace il faut que la régression soit linéaire et que les variables confrontées suivent une loi normale.

Après examen des données pluviométriques, on remarque que seule la station de Skikda présente une série complète allant de 1980 à 2016. De ce fait cette station servira de référence et nous permettra d'apporter les correctifs nécessaires aux autres stations.

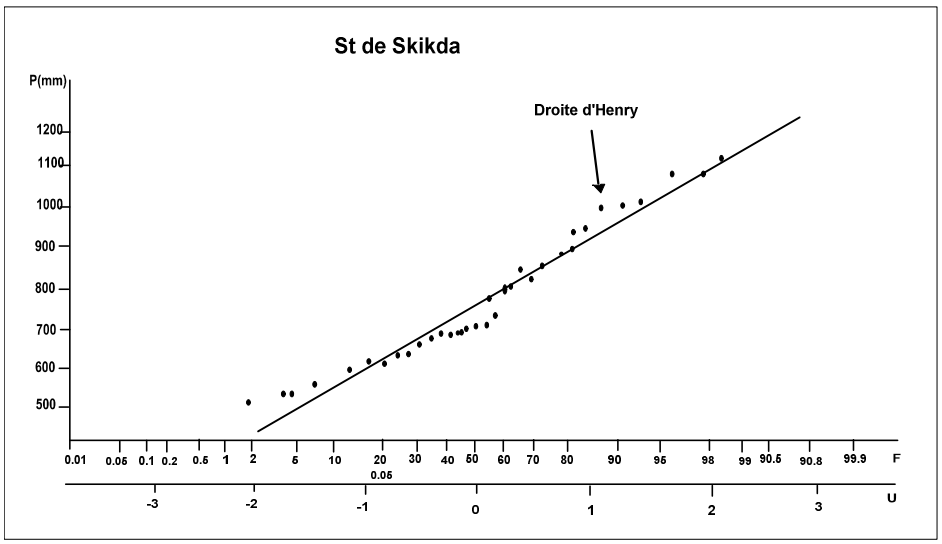
1.1. Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss

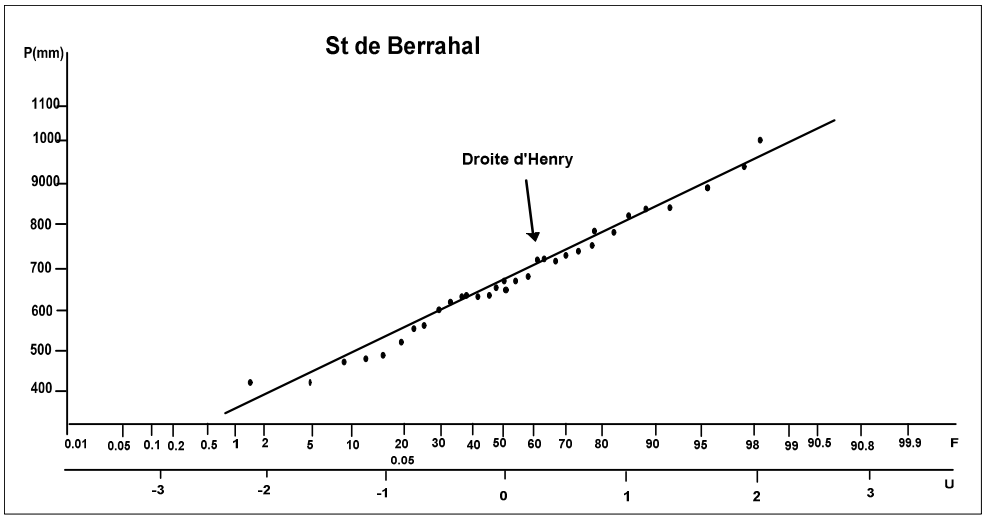
Avant d'appliquer la méthode de la régression simple ; il importe de les ajuster tout d'abord à la loi normale ou loi Gaussienne sur une période de 31 ans allant de 1980/81 à 2010/11, nous avons réalisé un examen visuel sur les valeurs de précipitations à l'échelle annuelle des quatre stations Skikda, Azzaba, Ain Charchar et Berrahal.

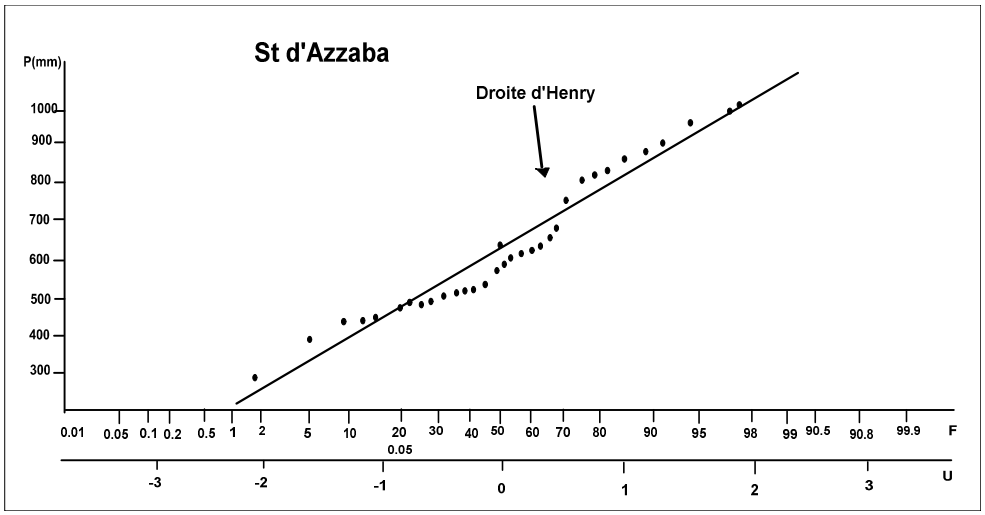
Cette loi est définie par la fonction de répartition suivante : $F(U) = 1\sqrt{2\pi} \int e^{-½U^2} dU$

Avec **U** : Variable réduite de Gauss **F** : Fréquence

Le report des points figuratifs des précipitations annuelles des différentes stations pluviométriques [Fig.13] montre un alignement des points selon une droite théorique qui traduit la bonne adéquation de la loi normale.







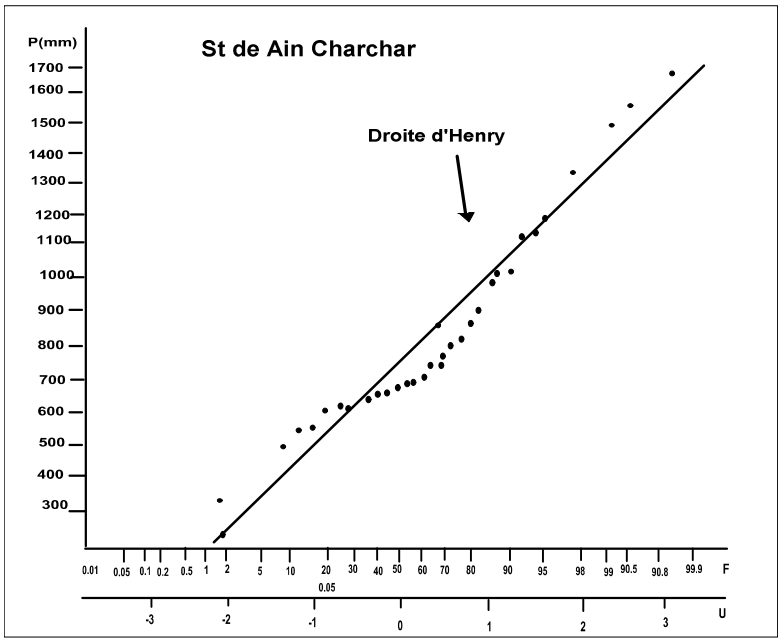
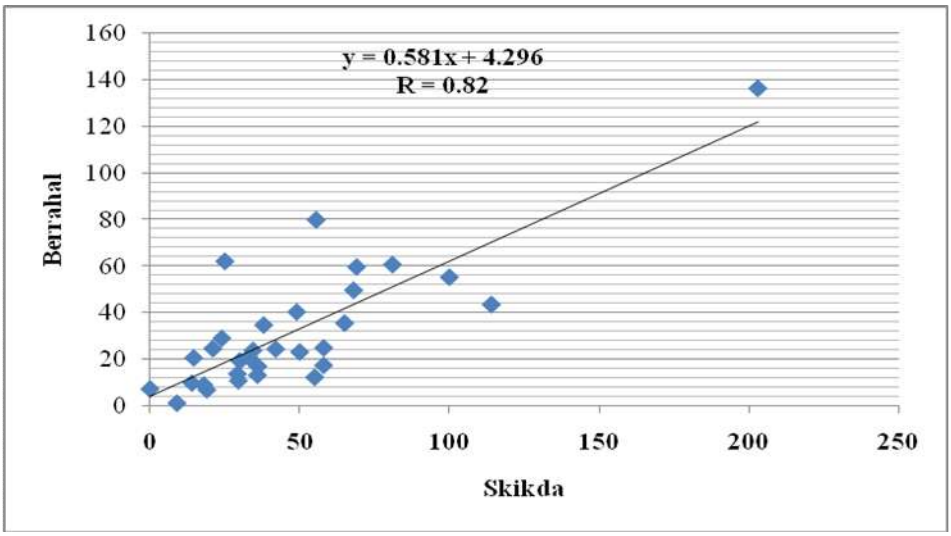


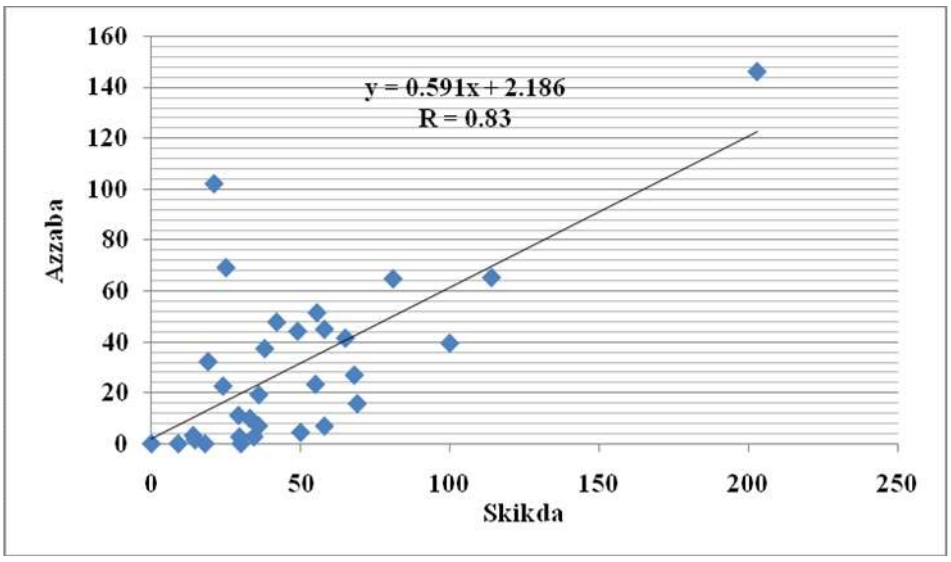
Fig.13 .Ajustement graphique à une loi de Gauss des précipitations annuelles des différentes stations étudiées [1980/81-2010/2011]

A partir de la station de base Skikda déjà choisie nous avons comblé toutes les lacunes à l'échelle annuelle et mensuelle, dans ce cas on procède suivant la démarche de P. Dubreuil. 1974 in Mansouri.2009.

Si la linéarité existe, on peut adapter la méthodologie de l'extension comme suit :

- On établit ensuite graphiquement les liaisons linéaires entre séries mensuelles, ou annuelles, **"Y"** à étendre et série **"X"** de base, ceci pour la période commune ;
- On estime point par point sur la droite de régression les valeurs de la série **Y** non observée mais le coefficient de corrélation est significatif ;
- On fait les sommes des valeurs reconstituées par mois afin d'obtenir les valeurs annuelles correspondantes ;
- Enfin on compare pour chaque année de la période étendue le total annuel Pt, ce dernier est obtenu par sommation des valeurs mensuelles.[Fig.14]





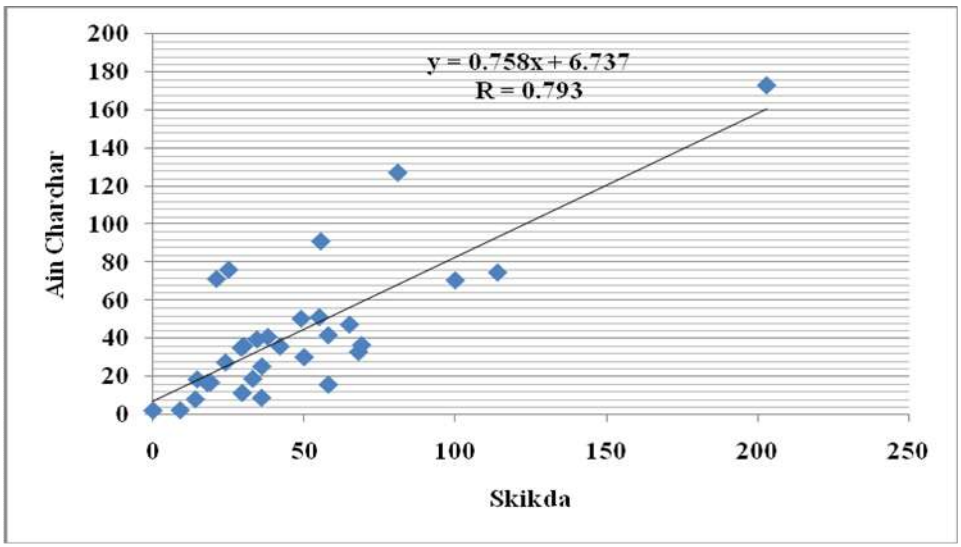


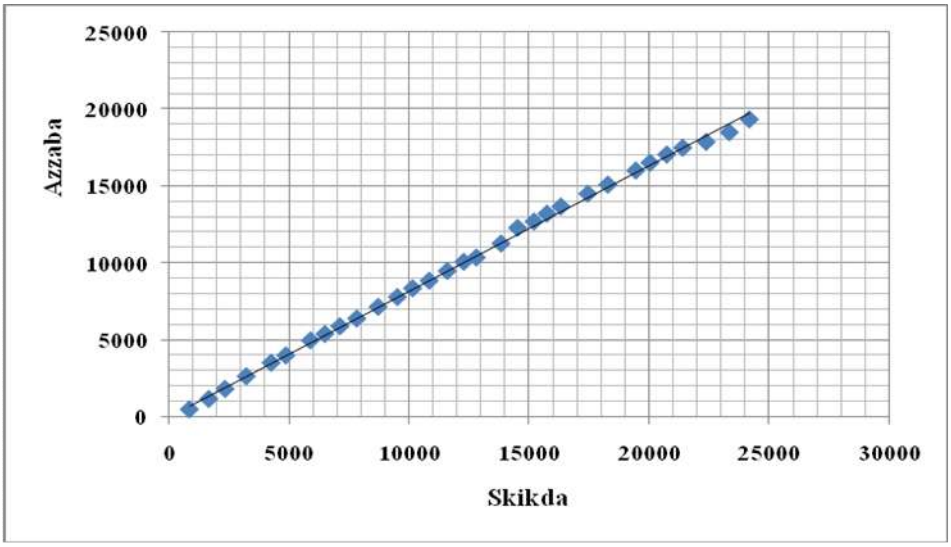
Fig.14. Droite de régression linéaire des précipitations mensuelles du mois de Septembre entre Skikda et celle d'Azzaba, Ain Charchar et Berrahal [1980/81-2015/2016]

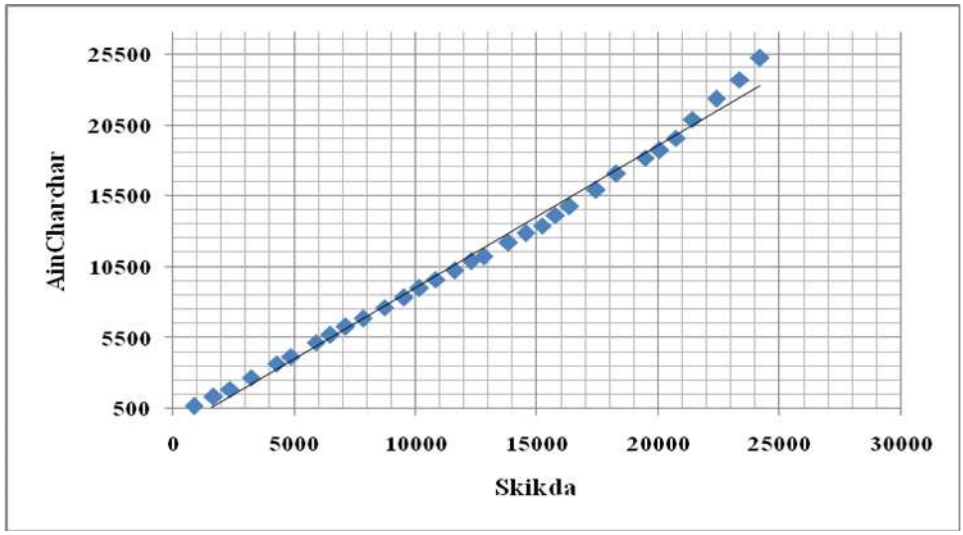
1.2. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques

Une série chronologique est dite homogène si elle présente le caractère aléatoire simple ce qui suppose l'absence de toute organisation à l'intérieur de la série ou si la propriété statistique de l'erreur de mesure affectant ces mesures est restée invariable au cours de la période d'observation. A cette fin, il existe de nombreux tests statistiques parmi on a employé le test d'homogénéité [la corrélation double masse].Il consiste à effectuer le calcul des pluies cumulées pendant un nombre d'années successives à les stations de la zone d'étude, puis à comparer les résultats par groupe de deux stations, on ne considère comme valable que les résultats des stations fournissent entre elles des corrélations linéaires .

Dans le complexe des Guerbes-Sanhadja toutes les stations prises en compte ont été testées graphiquement.

Le report graphique [Fig.15] des cumuls des totaux pluviométriques annuels pour ces stations s'aligne suivant une seule direction, les séries sont donc homogènes.





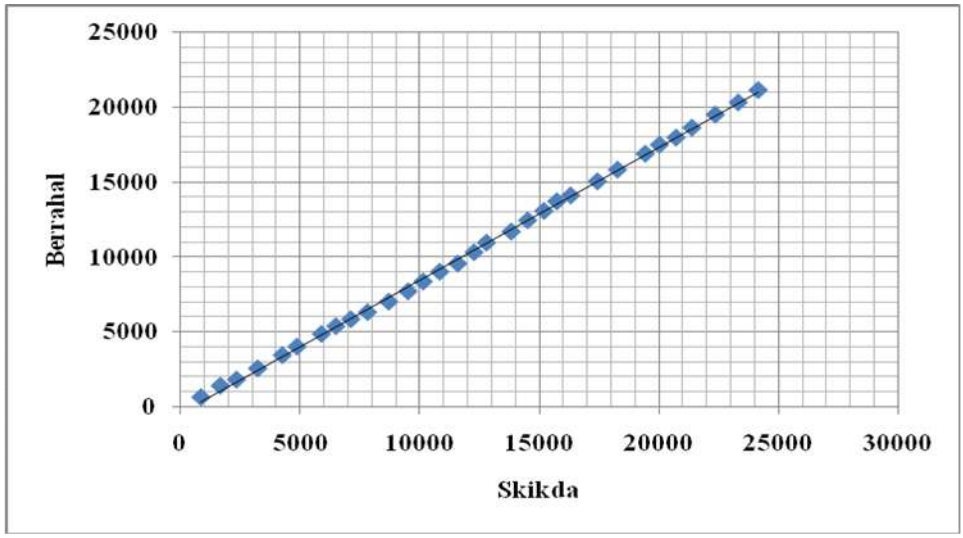


Fig.15. Homogénéisation des données par la méthode de doubles cumuls des différentes stations étudiées dans le complexe de Guerbes-Sanhadja [1980/81-2010/2011]

2. Précipitations moyennes mensuelles

A partir des données pluviométriques observées aux stations énumérées dans le [Tab.10]. On a déterminé la moyenne des hauteurs de pluies mensuelles et annuelles concernant ces stations. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau suivant [Tab.11].

Tab.11.Variabilité spatiale et temporelle des pluies dans le complexe des zones humides de Guerbes- Sanhadja

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Skikda [série 1980/81-2010/2016]													
moy	48.0	71.2	101.6	144.2	112.7	103.3	72.7	59.8	38.3	14.3	2.5	11.6	780.3
max	203	190	248	343	276	246	175.1	148	129.2	87	22.1	64	1162.3
min	0	2	6	0.2	21	1	0	3.2	1.8	0	0	0	518.5
CV%	77	62	66	57	54	60	57	69	82	118	180	150	21
Azzaba [série 1980/81-2010/2016]													
moy	29.61	52.89	94.17	121.67	103.79	94.25	69.75	41.70	24.23	5.87	0.39	10.09	648.4
max	146	148	343.7	302.6	269.4	264.8	199.4	156.3	100.4	40.5	4.3	169	1065.9
min	0	0	3.6	0.17	15.90	0	6.30	2.17	0	0	0	0	287.4
CV%	107	83	84	61	51	75	63	80	98	156	235	298	29
Ain Charchar [série 1980/81-2010/2016]													
moy	41.3	75.9	108.9	162.2	131.5	117	89.4	63.4	49.6	12.0	2.7	8.2	861.94
max	173	273	307.2	377.53	333.5	341.5	311.1	217.1	152.5	69	26	42.5	1642.4
min	2	00	14.1	0.21	20.5	0.5	1.2	3.2	0	0	0	0	346.2
CV%	86	82	70	60	63	77	72	84	80	147	189	144	38
Berrahal [série 1980/81-2010/2016]													
moy	32	62.1	92.1	126.1	101.8	84.4	67.4	55.2	40.5	11.5	2.8	7.4	683.2
max	136.4	198.9	258.9	292.6	206.8	210	160.7	146.8	205.6	46.8	21.8	52.2	1060.6
min	1.4	2.2	10	0.2	5.8	6	10.6	3	0	0	0	0	413.3
CV%	82	67	67	53	51	66	57	68	96	114	177	160	21

La variabilité temporelle, traduite par le coefficient de variation [CV %], qui sont représentées dans la Fig.16 et le Tab.11.

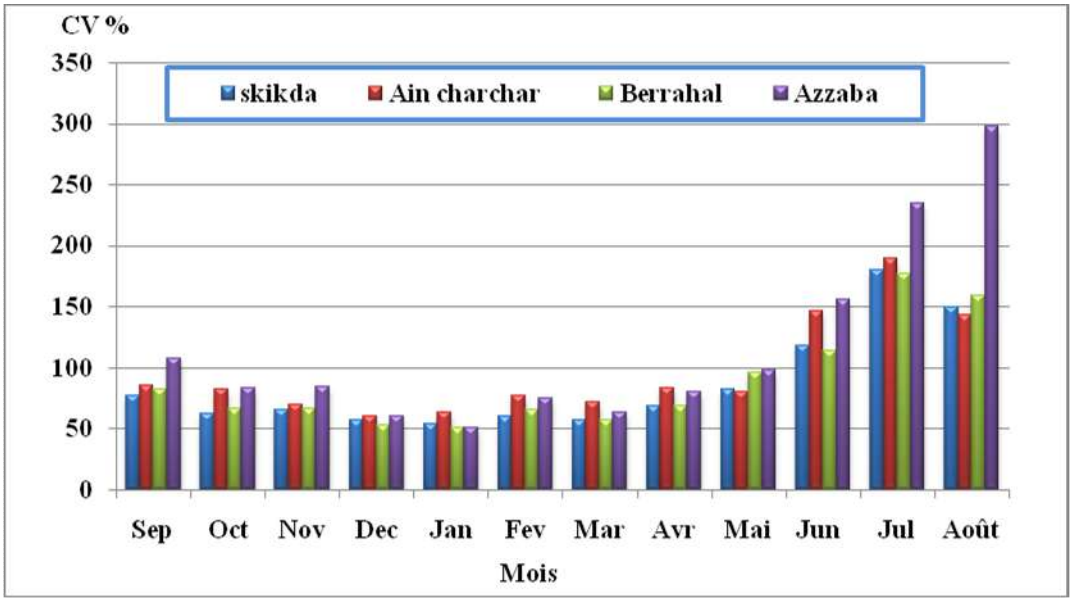


Fig.16 .Variations mensuelles du coefficient de variation

La variabilité temporelle traduite par le coefficient de variation, est très net à l'échelle mensuelle [CV > 50 %]; elle est beaucoup plus accentuée pendant la saison estivale [CV > 100 %] avec un maximum de 298 % durant le mois d'Août au niveau de la station d'Azzaba. A la base annuelle, la variabilité est relativement beaucoup plus faible d'une station à l'autre, ils sont compris entre 21 et 38 % ce qui traduit par une certaine régularité de la distribution des précipitations moyennes annuelles [Tab.11].

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations sont traduites dans les histogrammes de la figure dix sept [Fig.17] , l'évolution de cette pluviométrie montre que la pluviosité dans cette région se caractérise par hautes valeurs de précipitations en hiver dont le mois de décembre est le plus arrosé pour les quatre stations avec une valeur de 160 mm enregistrée à la station d'Ain Charchar,144 mm à Skikda, 126 mm à Berrahal et 121 mm à Azzaba, et une diminution des amplitudes pluviométriques observées au cours des mois les plus secs sont respectivement les mois de juillet, Août et juin .

L'histogramme montre bien au cours de l'année hydrologique la régression du régime des pluies à partir du mois de mai s'effectue la transition vers la saison sèche et la reprise au mois d'octobre de la saison humide.

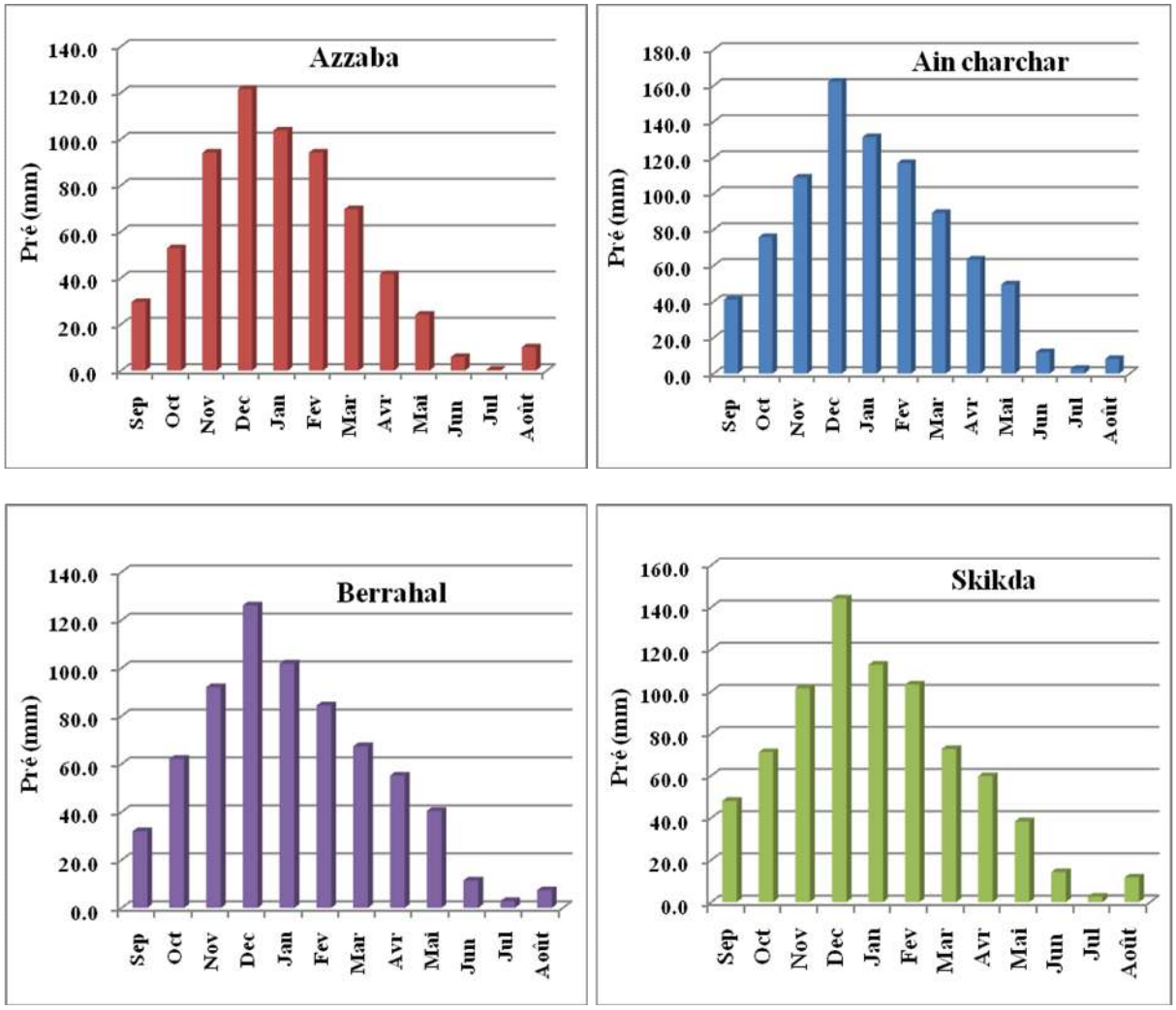


Fig.17. Répartitions mensuelles moyennes des précipitations à travers les différentes stations [1980/81-2015/2016]

2.1. Régime mensuel

L'étude du régime mensuel est facilitée par le calcul des coefficients pluviométriques relatifs grâce à la formule d'Angot 1895, qui exprime de la manière suivante **:**

$$Cp = 365 \frac{Pi/ni}{p}$$

avec **Cp :** coefficient pluviométrique relatif mensuel

pi : Précipitation du mois en mm
p : Précipitation moyenne annuelle en mm
ni : nombre de jours dans le mois

Tab. 12 .Coefficient pluviométrique relatif mensuel d'après méthode d'Angot / 1895

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août
St. Skikda												
Cp	0.74	1.07	1.57	2.16	1.69	1.65	1.09	0.93	0.57	0.22	0.04	0.17
St. Azzaba												
Cp	0.56	0.96	1.77	2.21	1.88	1.83	1.27	0.78	0.44	0.11	0.01	0.18
St. Ain Charchar												
Cp	0.58	1.04	1.54	2.22	1.80	1.71	1.22	0.90	0.68	0.17	0.04	0.11
St. Berrahal												
Cp	0.57	1.07	1.64	2.17	1.76	1.55	1.16	0.98	0.70	0.20	0.05	0.13

Le coefficient pluviométrique relatif mensuel nous permet de diviser l'année en deux saisons la saison humide et la saison sèche, le mois est pluvieux si son coefficient est supérieur ou égale à l'unité et sec dans le cas contraire.

On observe [Tab.12] une saison pluvieuse de cinq mois pour la station d'Azzaba contre une saison sèche de sept mois, les autres stations sont caractérisées par deux saisons qui sont pratiquement égales.

D'après le graphe [Fig.18], il est apparait clairement que le mois de décembre est le mois le plus pluvieux ou le coefficient pluviométrique est de l'ordre de 2.20 et que la pluviométrie minimale enregistrée au mois de juillet se situe entre 0.01 et 0.05 pour les quatre stations.

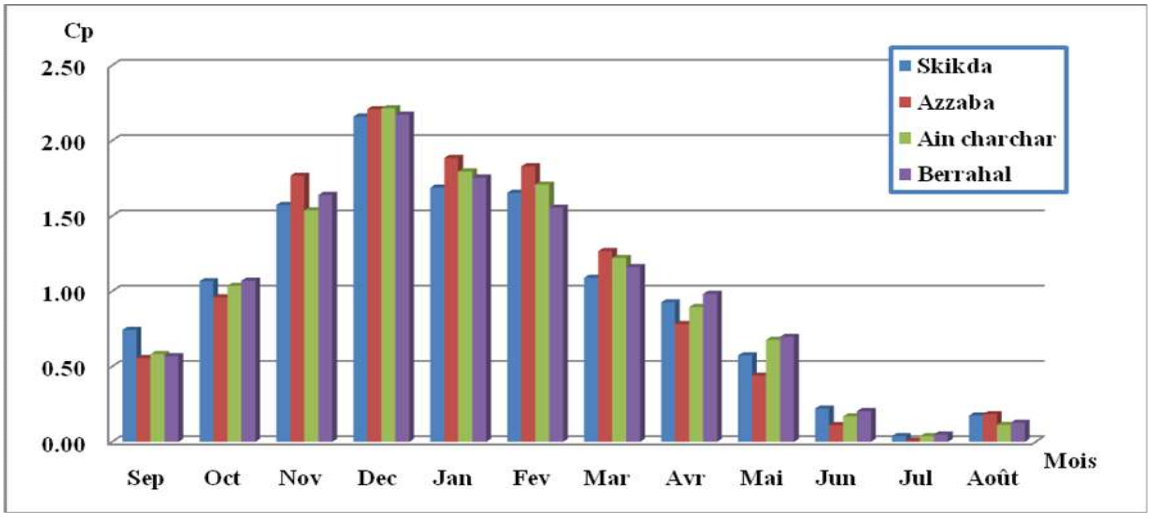


Fig.18. Régime pluvial mensuel des différentes stations [1980/81-2015/2016]

3. Répartition saisonnière des précipitations

La répartition des pluies pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles [automne, l'hiver, printemps et été].

Tab. 13. Répartitions saisonnières des précipitations

Stations	Saisons							
	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Azzaba	176.66	27	319.71	49	135.68	21	16.35	03
Ain charchar	226	26	410	48	202	23	23	03
Skikda	221	28	360	46	171	22	28	04
Berrahal	186	24	312	46	163	27	22	03
Moyenne	202.4	26.25	350.4	47.25	168	23.25	22.3	3.25

On remarque d'après le tableau ci-dessus **[**Tab.13] que la répartition saisonnière des hauteurs de pluie montre que malgré la grande variation des précipitations, on remarque que l'hiver est la saison où sont enregistrées les plus grandes quantités de pluie en moyenne de 350.4 mm soit 47 % des pluies totales annuelles.

L'automne et le printemps sont les saisons où la lame d'eau tombée en automne, équivalent à peu prés à la quantité de pluie printanière environ de 26 à 23% des pluies totales annuelles.

Reste l'été qu'est la saison la plus sèche où la pluviométrie est faible de l'ordre de 22 mm soit 3.25% de la totalité de pluie. La figure suivante [Fig.19.] Traduit la répartition saisonnière des pluies dans la zone de Guerbes-Sanhadja.

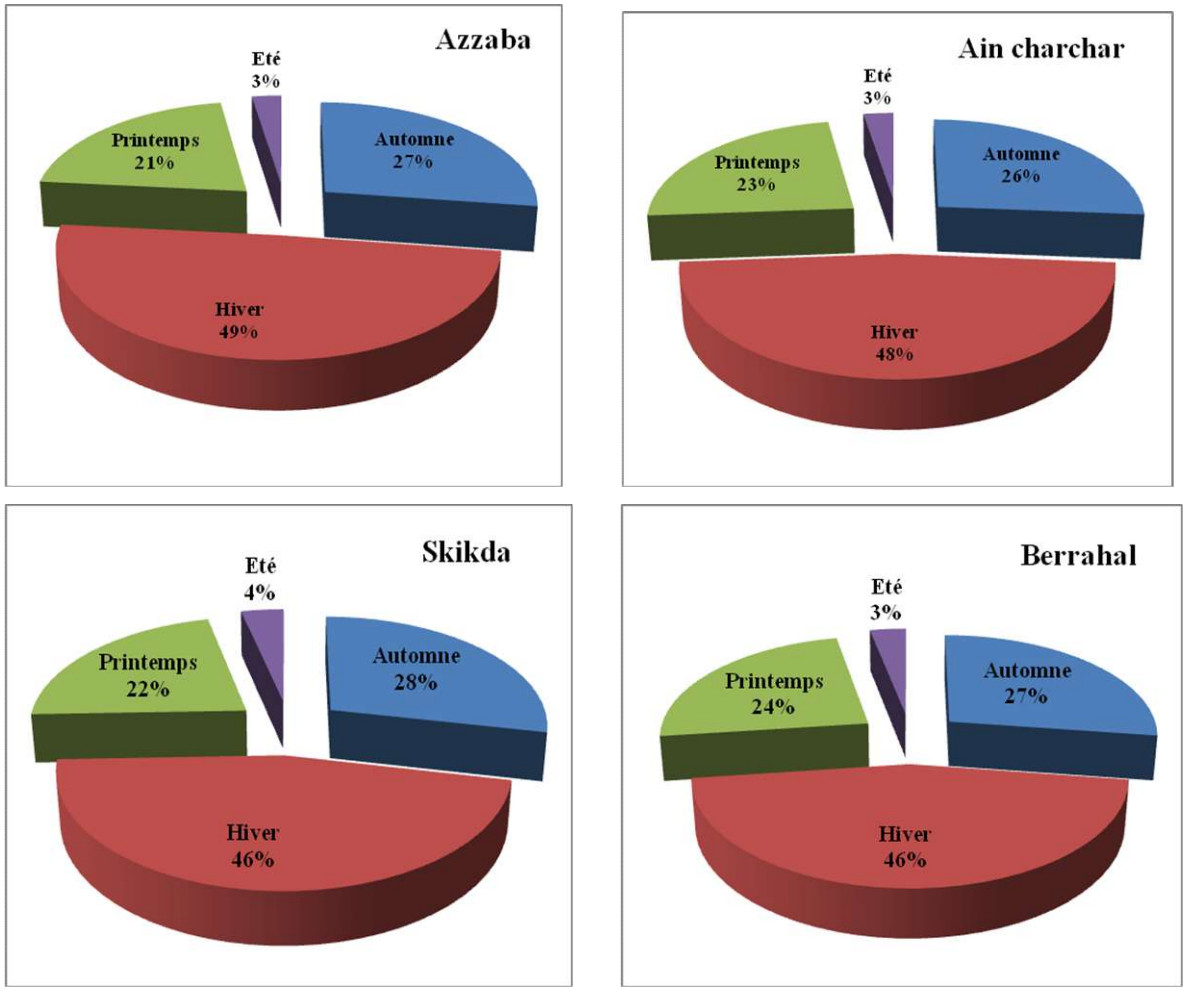


Fig.19. Répartition saisonnière des pluies [1980/81-2015/2016]

4. Précipitations annuelles

La figure ci-dessous [Fig.20] illustre bien l'évolution des hauteurs annuelles des pluies [séries d'observations de 36 années], inégalement répartie au cours d'une même année et d'une année à l'autre, plusieurs facteurs interférents qui influent sur les précipitations, dont les principaux sont l'importance du relief montagneux et la proximité de la mer [Djebel Filfila, massif de l'Edough] le relief très compartimenté et la position par rapport aux vents humides du Nord.

Les moyennes interannuelles des quatre stations ne relèvent que de la plus forte pluviométrie moyenne enregistrée à la station d'Ain charchar avec une moyenne environ 861 mm. Les hauteurs maximales des précipitations atteignent 1642 mm au niveau de la station d'Ain Charchar au cours de l'année [2008 /2009] tandis que la pluviométrie minimale est de l'ordre de 287.4 mm/an à la station d'Azzaba en [1996/1997].

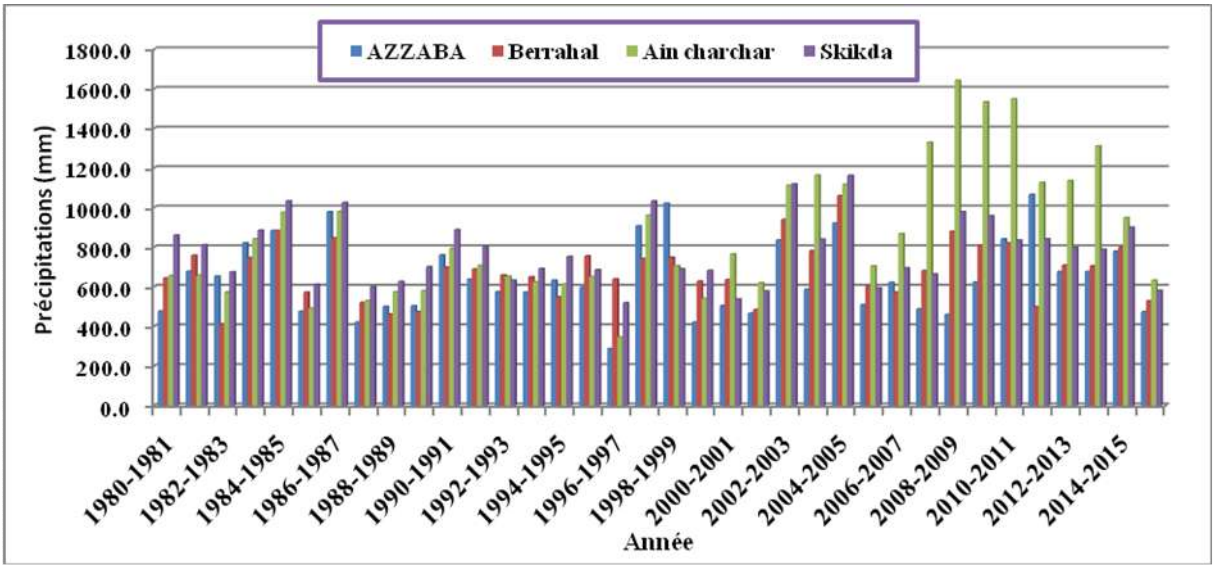


Fig.20. Evolution moyenne annuelle des précipitations à travers les quatre saisons [1980/81-2015/2016]

En comparant les valeurs des précipitations moyennes annuelles avec la carte pluviométrique du Nord Algérien [Fig.21] pour la période [1922/60- 1969 /89] établie par l'ANRH [série ancienne] avec celles de la série récente pour les quatre stations pluviométriques, on remarque qu'il y a une diminution de la lame d'eau précipitée au niveau des deux stations Skikda et Azzaba , par contre au niveau de la station d' Ain Charchar ,la pluviométrie moyenne annuelle augmente et du même ordre de grandeur à Berrahal .

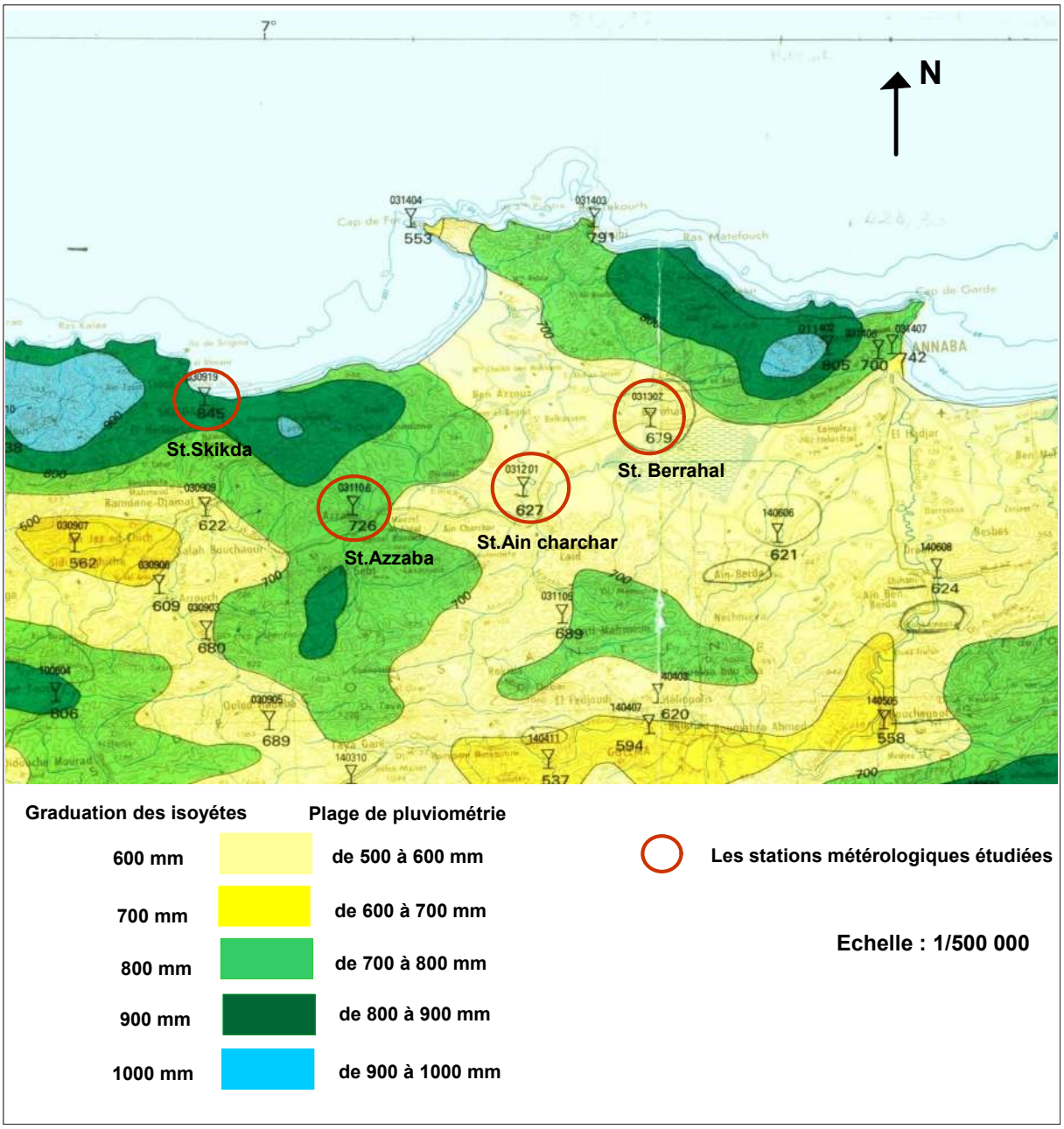


Fig.21. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord [moyennes annuelles ramenées à la période de [1922/1960 -1969/1989] [Source : ANRH]

5. Calcul de la lame d'eau moyenne précipitée

Une méthode à été pour le calcul de la lame d'eau précipité sur le complexe : c'est la méthode arithmétique.

5.1 La méthode arithmétique

Elle est parfaitement utilisable lorsque la région renferme plusieurs stations bien réparties à des altitudes différentes. Le tab.14, résume les résultats obtenus.

Tab. 14. Valeur des précipitations annuelles [mm] selon la méthode arithmétique [1980 /81-2015/16]

Stations	Skikda	Azzaba	Ain charchar	Berrahal	Total [mm]	Moyenne
Hauteur [mm]	780.33	648.39	861.94	683.24	2793.90	743.48

III. LA TEMPERATURE

La température paramètre pour caractérisant le climat, trouve son importance dans l'évolution du déficit d'écoulement qui rentre dans l'estimation du bilan d'eau.

Notre analyse des données de la température est basée sur les données relevées au niveau de la station de Skikda et Azzaba de la période allant de 1980 à 2016. Les séries d'observations sont consignées au tableau ci-dessous [Tab.15].

Tab. 15. Température moyenne mensuelle en C°.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Skikda [série 1980-1981/2015-2016]													
Moy	23.9	21.9	16.8	13.6	12.5	12.5	14.1	16.1	18.7	22.3	25.2	25.9	18.7
Max	25.9	23.3	19.5	16.1	15.2	14.8	17.9	18.3	21	25.5	28.1	29.2	25.3
Min	21	18.2	15.1	10.5	9.9	9.5	12.5	11	13.5	20.3	22	23.6	16.7
Azzaba [série 1980-1981/2015-2016]													
Moy	25	21.5	14.1	11.9	9.2	9.2	13.5	15.5	18.5	22	26.1	27.8	18
Max	33.5	28	24	19.3	13.6	14	18.1	22	26	29.8	32	36.9	24.8
Min	16	14.3	9	8.21	4.5	4.1	5.9	8	10	15.6	16.9	17.8	10.9

Les graphes ci-dessous [Fig.22] représentent les variations mensuelles des maxima, minima et leurs moyennes pour les deux stations considérées.

L'examen des températures moyennes mensuelles ne relève aucune température nulle ou négative, le mois le plus froid est le mois de janvier [09 à 12.5°C], le mois d'août étant le plus chaud [25.9 °C à Skikda et 27.8°C à Azzaba].

La saison chaude s'étend de mai à octobre, mois pendant lesquels les températures mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle, alors que la saison froide correspond à la période allant de novembre à avril.

Les températures extrêmes ne dépassent pas 37°C en été et s'abaissent à 4°C en hiver. La différence entre les extrêmes est de 37°C à Azzaba et 29°C à Skikda, les positions altimétriques de la station d'Azzaba à une altitude environ 93 mètres, elle est relativement non influencée par la mer grâce à sa position en aval par rapport à la chaine montagneuse de Filfilla qui constitue une barrière naturelle et la station de Skikda à 5 mètres d'altitude

expliquent cette différence de températures, l'influence marine étant le principal facteur surtout en été. Donc, les zones hautes sont relativement plus chaudes en été et plus froides en hiver.

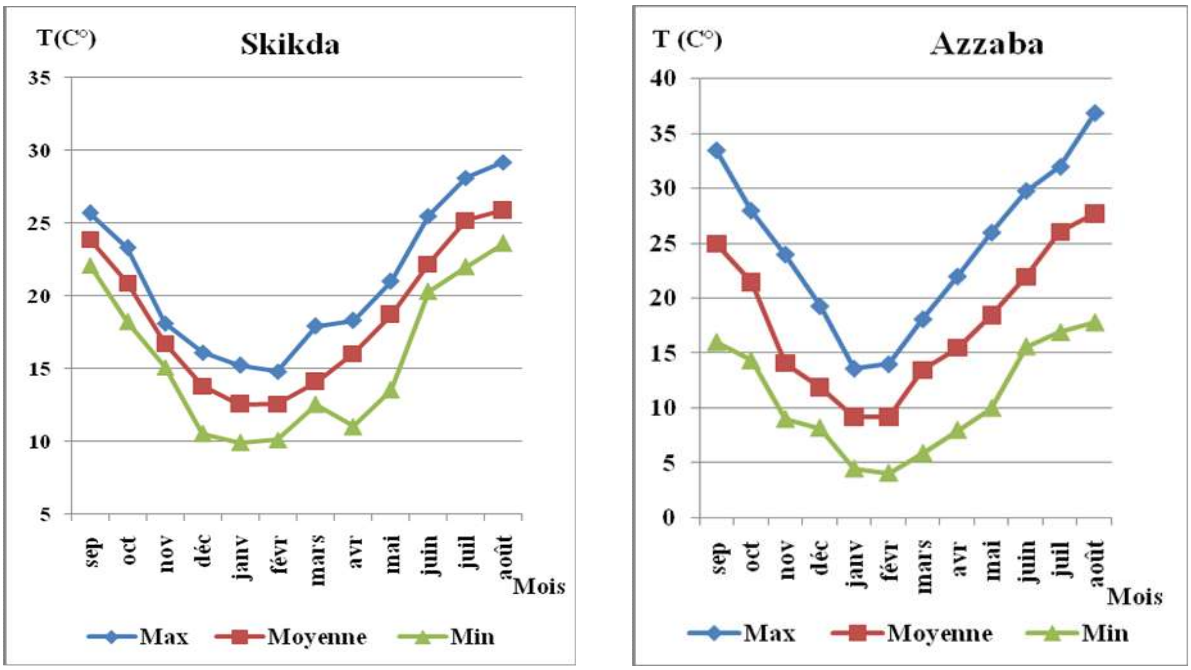


Fig.22. Températures mensuelles moyennes [1980/81-2015/2016]

Enfin, la zone de Guerbes-Sanhadja est caractérisée par un climat doux et humide en hiver, chaud et sec en été caractéristique du climat méditerranéen.

IV. CARACTERISATION DU CLIMAT DE LA ZONE D'ETUDE

1. Relation Température -Précipitation

Le Diagramme Ombro-thermique représentant les températures en double échelle des précipitations selon la définition de Gaussen 1958. Une saison sèche est une saison humide pendant lesquelles les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température ($P \leq 2T$). Cette relation permet d'établir des courbes Ombro-thermiques illustrant la situation climatique.

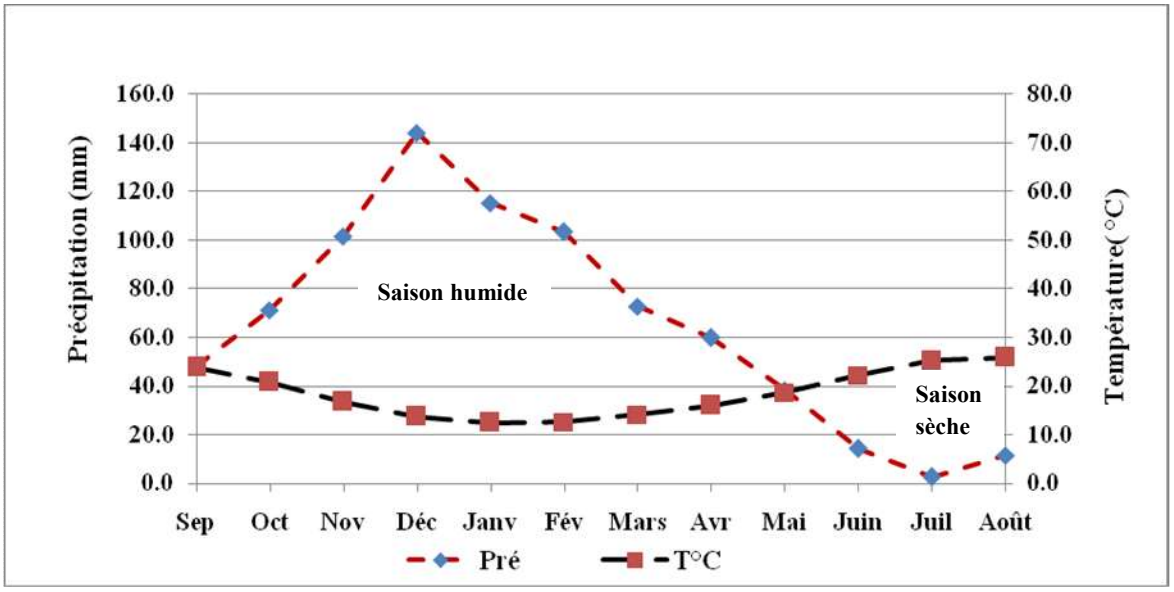


Fig.23 .Diagramme Ombro-thermique de la station de Skikda [1980/81-2010/2016]

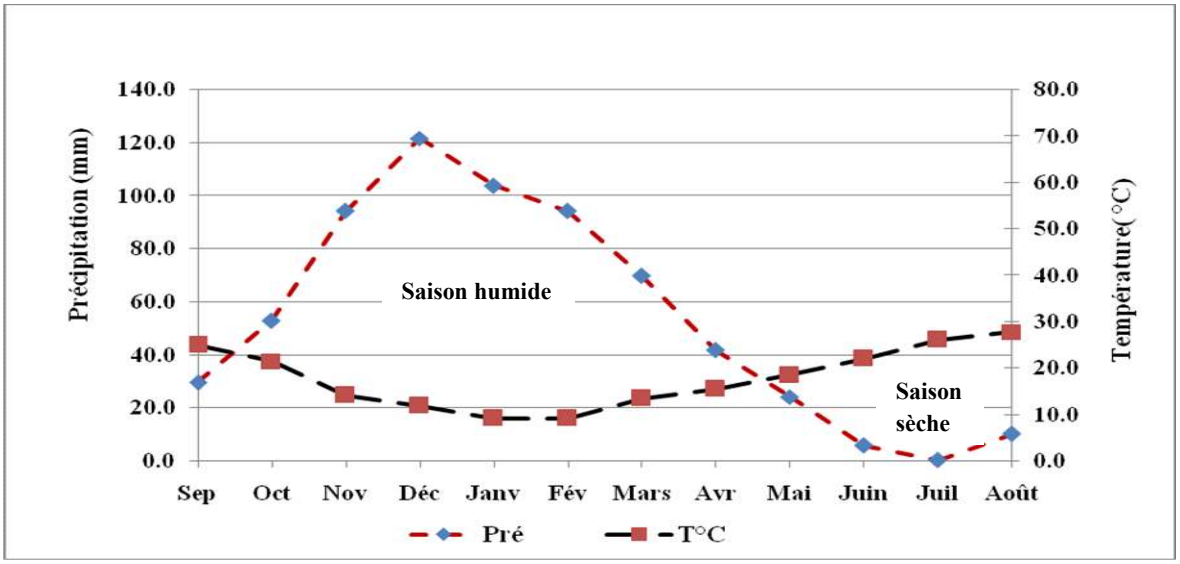


Fig. 24 .Diagramme Ombro-thermique de la station d'Azzaba [1980/81-2010/2016]

La saison sèche est d'une grande importance, pour mieux connaître la saison déficitaire de l'année, afin de pouvoir répondre aux besoins de la demande en eau.

Les diagrammes Ombro-thermiques analysés sont ceux des stations de Skikda et Azzaba où on distingue une saison sèche s'étendant au début de mai jusqu'à la fin d'août et une saison humide allant de septembre jusqu'à la fin d'avril pour la station de Skikda [Fig.23]. Au niveau de la station d'Azzaba, la saison humide débute à la mi- Septembre et la période sèche commence à la fin du mois d'avril [Fig.24].

2. Méthode d'EUVERT [Humidité du sol]

Le rapport P/T établi mensuellement permet de connaître l'évolution de l'humidité du sol. Ainsi quatre régimes sont définis :

- Très sec [TS] où P/T < 1 ;
- Sec [S] où 1< P/T <2 ;
- Sub-humide [SH] où 2< P/T <3 ;
- Humide [H] où P/T >3.

Tab. 16. Evaluation de l'humidité du sol à Guerbes-Sanhadja

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Août
Skikda [série 1980-1981/2010-2016]												
Pré mm	48.0	71.2	101.6	144.2	112.7	103.3	72.7	59.8	38.3	14.3	2.5	11.6
T °C	23.9	21.9	16.8	13.6	12.5	12.5	14.1	16.1	18.7	22.3	25.2	25.9
P/T	2	3.4	6.1	10.5	9.2	8.2	5.2	3.7	2.1	0.6	0.1	0.4
Azzaba [série 1980-1981/2010-2016]												
Pré mm	29.61	52.89	94.17	121.67	103.79	94.25	69.75	41.70	24.23	5.87	0.39	10.09
T °C	25	21.5	14.1	11.9	9.2	9.2	13.5	15.5	18.5	22	26.1	27.8
P/T	1.18	2.46	6.68	10.22	11.3	10.2	5.17	2.69	1.31	0.3	00.2	0.36

D'après les quatre tableaux et la Fig.25, on remarque que la période très sec du sol est identique dans les quatre stations et c'est la saison d'été (Juin, juillet, Août), et la période sèche du sol observé seulement à Azzaba au mois de Mai et septembre. Par contre la période humide et sub-humide occupe tous le reste de l'année où P/T>3.déterminée par la méthode de G.EUVERT.

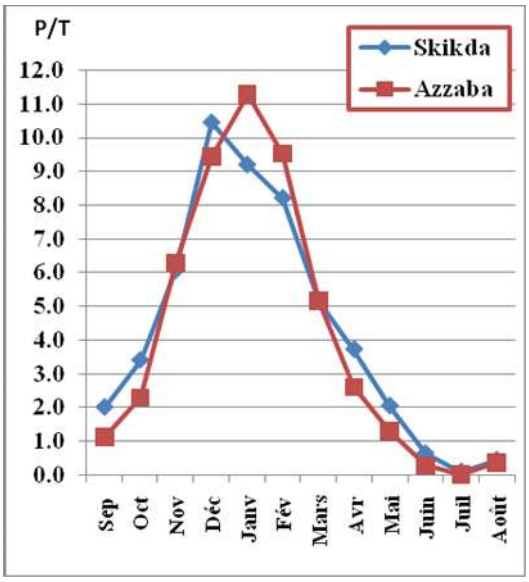


Fig. 25. Évaluation de l'humidité du sol par la méthode d'EUVERT

V. PARAMETRES METEOROLOGIQUES SECONDAIRES

Parmi les autres facteurs du climat qui ont un impact sur le milieu et pour lesquels on dispose des données, on peut citer : le vent, l'humidité relative, l'ensoleillement et l'évaporation. Dans le complexe de Sanhadja, seule la station climatique de Skikda dispose d'observations sur ces paramètres.

1. L'Humidité

L'évolution moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à la station de Skikda est mentionnée dans le tableau .17.

Tab.17. Humidité relative en [%] moyenne mensuelle [1980 /81-2015/16]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Année
Humidité (%)	73	72	72	73	73	73	73	73	74	73	72	73	73

L'humidité relative est le rapport exprimé en % de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la température mesurée au thermomètre sec.

La région de Guerbes-Sanhadja de part la proximité de la mer se caractérise par des taux d'humidité relativement important durant toute l'année avec un maximum observé au mois de Mai [74%] et en minimum en juillet, octobre et novembre [72%] .

2. Les vents

Ils représentent l'un des facteurs les plus déterminants du régime pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat. Sur la région Sanhadja dominent des vents de direction Nord-ouest dont la force est assez constante, au cours de l'année et oscillent entre 2,81 et 3,68 m/s.

Le Sirocco se manifeste particulièrement aux mois de juillet et août mais de manière épisodiques. Le tableau.18, représente la vitesse moyenne mensuelle des vents.

Tab .18 . La vitesse moyenne mensuelle des vents de la station de Skikda [1976/77-2015/16]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Année
Vitesse (m /s)	2.87	3.01	3.49	3.68	3.52	3.40	3.22	3.11	2.81	2.85	2.84	2.82	3.13

3. L'évaporation

Les valeurs de l'évaporation sont celles mesurées à l'aide de l'évaporomètre PICHE réalisées au niveau de la station de Skikda. Les moyennes mensuelles de l'évaporation sont indiquées dans le tableau.19.

Tab. 19. Evaporation mensuelle à la station de Skikda [1992/93-2014/15]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Année
Skikda	100.5	123.8	109.7	71.5	64.4	79.4	99.6	80.9	83.8	103	108.4	111.6	1030.5

Il ressort de l'observation du tableau précédent [Tab.19], que la moyenne maximale de l'évaporation a lieu au mois d'août [112 mm] et la moyenne minimale en janvier [64 mm].

3. L'ensoleillement

Le complexe de zones humides de Sanhadja s'inscrit dans une région à la fois humide et ensoleillée [Tab.20]. Le nombre moyen d'heures d'ensoleillement varie de 136 h/mois soit 4.4 h/j en décembre à 351 h/mois soit 11.3 h/j au mois de juillet. Pendant la période estivale [juin - août], la région de Skikda reçoit plus de 10 heures de soleil par jour. Au cours de cette période de l'année, l'action de l'ensoleillement et de l'humidité relative de l'air est proche de 73 % à Skikda, entraîne un taux d'évaporation relativement élevé soit 120 mm en moyenne.

Tab. 20. Insolation moyenne mensuelle en heure à la station de Skikda [1992/93-2010/11]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
St .Skikda	244	214	152	136	144	172	223	239	282	308	351	314	2778

Enfin, comme toutes les régions méditerranéennes du sud, le vent le plus dominant est celui du Nord-ouest et du Sud-est. Il s'agit d'un vent chargé en humidité [humidité moyenne annuelle de l'air est de l'ordre de 73 % à Skikda]. L'évaporation annuelle est environ de 1031 mm. Elle atteint son maximum durant la période chaude et à fort ensoleillement, allant de juin à novembre [101 à 112 mm/mois] ; le maximum étant observé au mois d'août [112 mm]. Le pouvoir évaporant de l'atmosphère marque son minimum au mois de janvier [64 mm].

VI. BILAN D'EAU

L'établissement du bilan d'eau, pour une période donnée, a pour but la connaissance de la répartition plus ou moins grossière des précipitations entre les composantes suivantes l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration. Ainsi, pour déterminer le bilan de la région d'étude il est indispensable d'évaluer ses composantes.

Le calcul du bilan d'eau relatif à la période [1980/81-2010 /11] repose sur l'application de l'équation suivante : **P = E + R + I**

Avec :

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.
E : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm.
R : Ruissellement moyen annuel en mm.
I : Infiltration moyenne annuelle en mm.

1. L'évapotranspiration

Les phénomènes d'évaporation interviennent dans le cycle hydrologique dès le moment où les précipitations, sous forme liquide ou solide, atteignent la surface du sol. De plus, l'humidité du sol, soit qu'elle provienne des pluies récentes infiltrées à faible profondeur, soit qu'elle remonte par capillarité de la nappe phréatique, constitue directement ou par l'intermédiaire de la couverture végétale un élément important de l'évaporation.

1.1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène complexe regroupant à la fois des processus de transpiration physique de l'eau contenue dans le sol et des processus de transpiration

Correspondant à l'utilisation de l'eau atmosphérique et de l'eau du sol par les végétaux. On distingue : l'évapotranspiration potentielle [ETP] et l'évapotranspiration réelle [ETR].

1.1.1. L'évapotranspiration potentielle [ETP] représente la quantité d'eau qui serait évaporée ou transpirée à partir d'un bassin versant, si l'eau disponible pour l'évapotranspiration n'est pas un facteur limitant. Pour calculer l'ETP, on applique la formule empirique de C.W. Thornthwaite qui se base essentiellement sur la température de l'air.

$$ETP = 16\,(10\,T/I)^{a} * K \qquad (1)$$

$$i = (T/5)^{1.5} \qquad I = \sum_{1}^{12} i \qquad a = 1.6/100*I + 0.5$$

Avec

ETP : l'évapotranspiration potentielle mensuelle en [mm]
T : Température moyenne mensuelle du mois considéré en [° C].
i : Indice thermique mensuel.
I : indice annuel de chaleur.
K : Coefficient d'ajustement mensuel.
Les résultats de l'E.T.P mensuelles sont reportés dans le tableau ci-dessous [Tab.21].

Tab.21. Calcul de l'E.T.P selon la méthode C.W .Thornthwaite [1980/81-2015/2016]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
L'évapotranspiration potentielle en [mm]													
Skikda	113.1	76.8	41.4	25.9	22.8	24.2	45.4	58.3	89.2	125.1	158.5	156.2	936.8
Azzaba	125.1	81.9	30.9	21.0	13.6	14.5	43.7	56.4	89.9	125.0	171.6	179.6	953.3
Berrahal	112.6	71.1	39.8	23.3	20.9	22.6	37.4	55.9	88.8	129.6	155.5	155.5	912.9
Ain charchar	125.1	81.9	30.9	21.0	13.6	14.5	43.7	56.4	89.9	125.0	171.6	179.6	953.3

La carte des valeurs de l'ETP moyennes annuelles de l'Est Algérien [Fig.26], montre que dans le secteur d'étude l'ETP varie autour de 1100 et 1300 mm. En comparant ces valeurs avec ceux obtenus par la méthode de C.W. Thornthwaite, on remarque que les valeurs de toutes les stations étudiées sont plus proches et de même ordre de grandeur avec celles qui mesurées par évaporomètre.

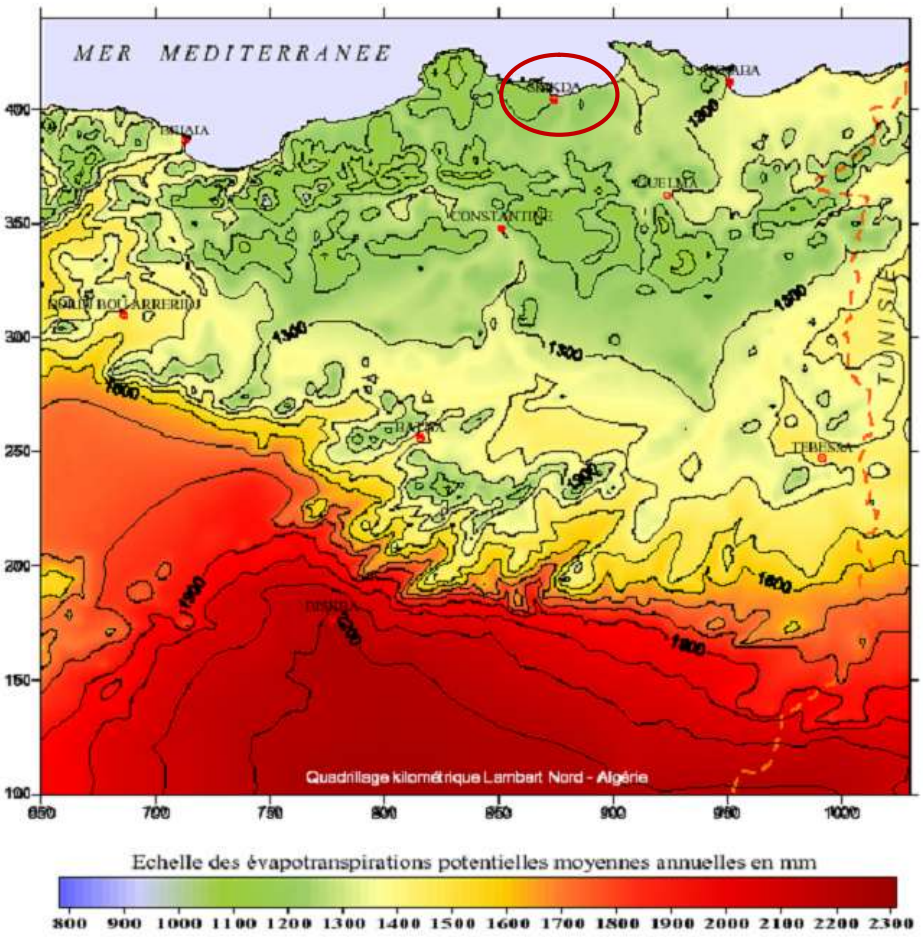


Fig. 26 .Carte de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne de l'Est Algérien [D'après Mebarki. 2005 ; Source : étude ANRH. 2002]

1.1.2. L'évapotranspiration réelle [ETR] est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau libres. Pour calculer l'E.T.R, plusieurs formules sont utilisées.

- **Formule de TURC**

TURC a proposé une formule permettant l'évaluation d'ETR annuelle d'un bassin versant en fonction des températures et des précipitations moyennes annuelles. Applicable à tous les climats.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2 / L^2}} \qquad (2)$$

Où $L = 300 + 25\,T + 0.05\,T^3$

Avec:

P : désigne précipitation moyenne annuelle [mm]

L : désigne un paramètre dépendant de la température [T]

T : désigne la température moyenne annuelle [°C].

Les calculs de l'ETR sont rapportés dans le tableau ci-après [Tab.22]

Tab. 22. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de TURC [1980/81-2015/2016]

Paramètres	P [mm]	T [°C]	L	ETR [mm]
Skikda	780.3	18.6	1086.74	**655.86**
Azzaba	648.4	17.9	1034.27	**570.21**
Berrahal	686.76	17.80	1027.33	**591.75**
Ain charchar	861.9	17.9	1034.27	**643.61**

- **Formule de COUTAGNE**

L'ETR peuvent être estimés en fonction de la température moyenne annuelle et de la précipitation moyenne annuelle, selon la formule suivante applicable si : $\mathbf{1/8\lambda < P < 1/2\lambda}$

Où $\lambda = 1/(0.8 + 0.14\,T)$ Et $ETR = P - \lambda P^2$ **(3)**

Avec :

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en [m]

λ : désigne un paramètre dépendant de la température.

T : désigne la température moyenne annuelle en [°C].

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après [Tab.23]

Tab. 23. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de COUTAGNE [1980/81-2015/2016]

Paramètres	P [m]	T [°C]	λ	1/8λ	1/2λ	ETR [mm]
Skikda	0.780	18.6	0.294	0.425	1.700	**601**
Azzaba	0.648	17.9	0.303	0.412	1.649	**520**
Berrahal	0.687	17.80	0.303	0.411	1.646	**544**
Ain charchar	0.862	17.9	0.303	0.412	1.649	**636**

- **Méthode du bilan d'eau de C.W.Thornthwaite**

D'après Thornthwaite, le bilan mensuel peut être établi avec l'intégration des précipitations et l'évapotranspiration potentielle [ETP]. Cette méthode permet l'estimation pour chaque mois des paramètres suivants :

- L'évapotranspiration réelle [ETR].
- la réserve facilement utilisable [RFU].
- Le déficit agricole [DA].
- L'excèdent [water surplus] [Ex].

Le bilan d'eau de Thornthwaite retrace le schéma des échanges et du transfert des eaux à l'intérieur d'une région. Le principe est basé sur deux cas:

***Cas* : P > ETP $\Rightarrow$ ETR = ETP**

Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation [un sol saturé, quand il aura absorbé une lame d'eau équivalente à une précipitation de 100 mm], le surplus, représentera l'écoulement superficiel.

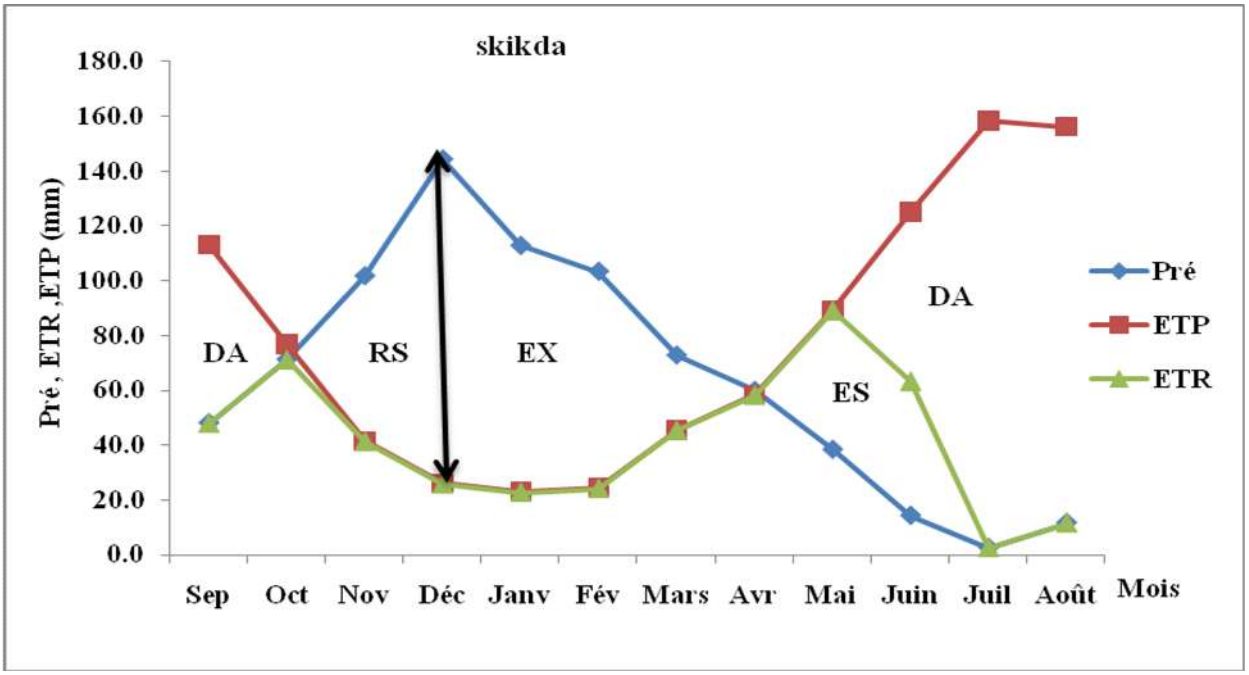
***C*as : P < ETP**

- On évapore toute la pluie.
- On prend la RFU [jusqu'à la vider] l'eau nécessaire pour satisfaire le pouvoir évaporant.
- Si la RFU = 0, la quantité DA = ETP-ETR représente le déficit agricole c'est-à-dire la quantité qu'il faudrait apporter aux plantes pour qu'elles ne soufrent pas de la sécheresse.

Remarque : P, ETR, ETP, EX en [mm], T [°C]

Tab. 24. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda [1980/81-2015/2016]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Pré	48	71.2	101.6	144.2	112.7	103.3	72.7	59.8	38.3	14.3	2.5	11.6	**780.3**
T	23.9	21.0	16.8	13.6	12.5	12.4	14.1	16.1	18.7	22.3	25.2	25.9	**18.6**
k	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
i	10.46	8.63	6.17	4.50	3.94	3.92	4.75	5.78	7.24	9.39	11.31	11.82	**87.93**
ETP	113.1	76.8	41.4	25.9	22.8	24.2	45.4	58.3	89.2	125.1	158.5	156.2	**936.8**
RFU	0	0	60.3	100	100	100	100	100	49.1	0	0	0	**609.4**
ETR	48	71.2	41.36	25.86	22.79	24.18	45.42	58.33	89.23	63.4	2.5	11.6	**503.9**
EX	0	0	0	78.6	89.9	79.1	27.3	1.5	0	0	0	0	**276.4**
DA	65.10	5.61	0	0	0	0	0	0	0	61.70	155.92	144.58	**432.9**

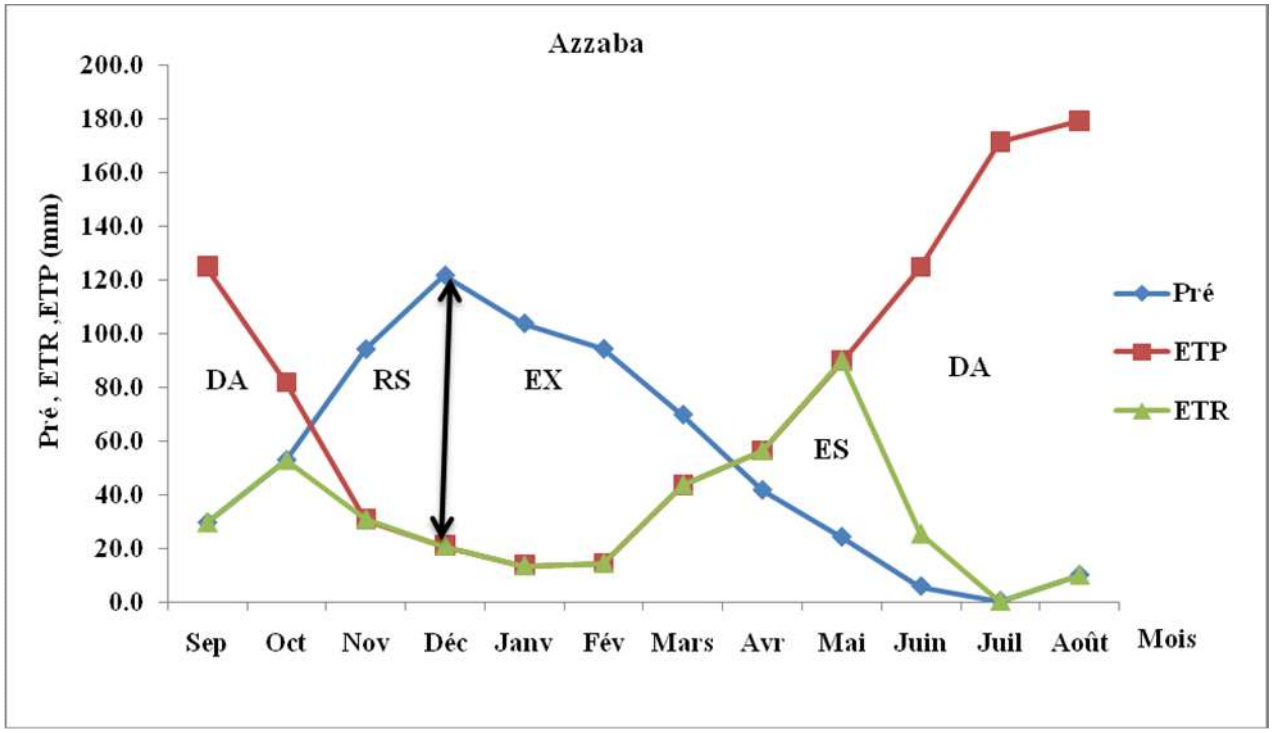


DA : Déficit agricole, **RS** : recharge du stock, **EX.** : excédent, **ES** : épuisement du stock.

Fig. 27. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station de Skikda [1980/81-2015/2016]

Tab. 25. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station d'Azzaba [1980/81-2015/2016]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Pré	29.6	52.9	94.2	121.7	103.8	94.2	69.7	41.7	24.2	5.9	0.4	10.1	**648.4**
T	25.0	21.5	14.1	11.9	9.2	9.2	13.5	15.5	18.5	22.0	26.1	27.8	**17.9**
k	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
i	11.18	8.92	4.74	3.67	2.50	2.50	4.44	5.46	7.12	9.23	11.93	13.09	**84.75**
ETP	125.1	81.9	30.9	21.0	13.6	14.5	43.7	56.4	89.9	125.0	171.6	179.6	**953.3**
RFU	0	0	63.3	100	100	100	100	85.3	19.6	0	0	0	**568.2**
ETR	29.6	52.9	30.87	21.03	13.60	14.53	43.66	56.42	89.93	25.5	0.4	10.1	**388.5**
EX	0	0	0	63.9	90.2	79.7	26.1	0.0	0	0	0	0	**259.9**
DA	95.49	29.06	0	0	0	0	0	0	0	99.52	171.25	169.46	**564.8**

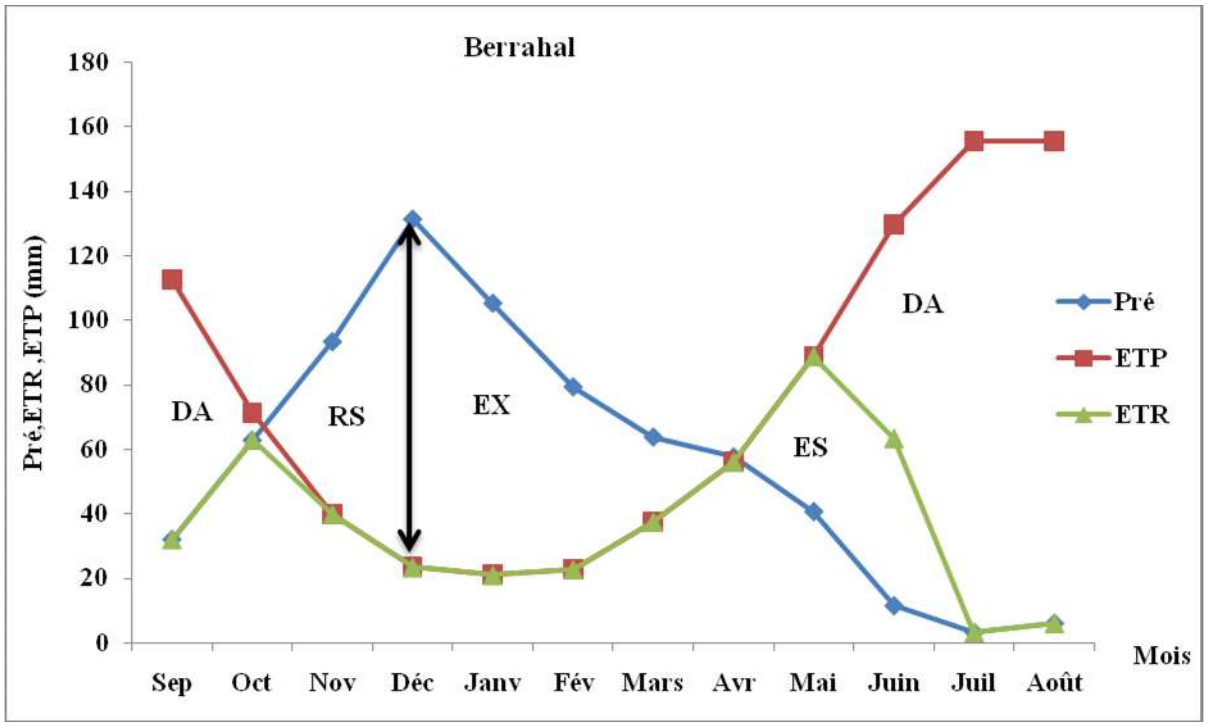


DA : Déficit agricole, **RS** : recharge du stock, **EX.** : excédent, **ES** : épuisement du stock.

Fig. 28. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station d'Azzaba [1980/81-2015/2016]

Tab. 26. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station de Berrahal [1980/81-2015/2016]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Pré	32	62.8	93.3	131.4	105.3	79.3	63.8	57.6	40.7	11.4	3.1	6.0	**686.76**
T°	23.5	19.8	16.0	12.4	11.4	11.5	13.1	15.3	18.2	22.3	24.6	25.6	**17.80**
k	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
i	10.19	7.86	5.72	3.90	3.45	3.49	4.22	5.33	6.95	9.42	10.94	11.59	**83.07**
ETP	112.6	71.1	39.8	23.3	20.9	22.6	37.4	55.9	88.8	129.6	155.5	155.5	**912.9**
RFU	0	0	53.58	100	100	100	100	100	51.9	0	0	0	**605.48**
ETR	32	62.80	39.76	23.29	20.91	22.64	37.36	55.91	88.76	63.34	3.13	5.99	**455.89**
EX	0	0	0	61.59	84.36	56.71	26.41	1.74	0	0	0	0	**230.81**
DA	80.56	8.29	0	0	0	0	0	0	0	66.26	152.41	149.51	**457.02**



DA : Déficit agricole, **RS** : recharge du stock, **EX.** : excédent, **ES** : épuisement du stock.

Fig. 29. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station de Berrahal [1980/81-2015/2016]

Tab. 27. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station d'Ain Charchar [1980/81-2015/2016]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Pré	41.3	75.9	108.9	162.2	131.5	117.0	89.4	63.4	49.6	12.0	2.7	8.2	**861.9**
T	25	21.5	14.1	11.9	9.2	9.2	13.5	15.5	18.5	22	26.1	27.77	**17.9**
k	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
i	11.18	8.92	4.74	3.67	2.50	2.50	4.44	5.46	7.12	9.23	11.93	13.09	**84.75**
ETP	125.1	81.9	30.9	21.0	13.6	14.5	43.7	56.4	89.9	125.0	171.6	179.6	**953.3**
RFU	0	0	78.1	100	100	100	100	100	59.6	0	0	0	**637.7**
ETR	41.3	75.9	30.87	21.03	13.60	14.53	43.66	56.42	89.93	71.6	2.7	8.2	**469.7**
EX	0	0	0	119.2	117.9	102.4	45.7	7.0	0	0	0	0	**392.2**
DA	83.81	6.10	0	0	0	0	0	0	0	53.40	168.92	171.34	**483.6**

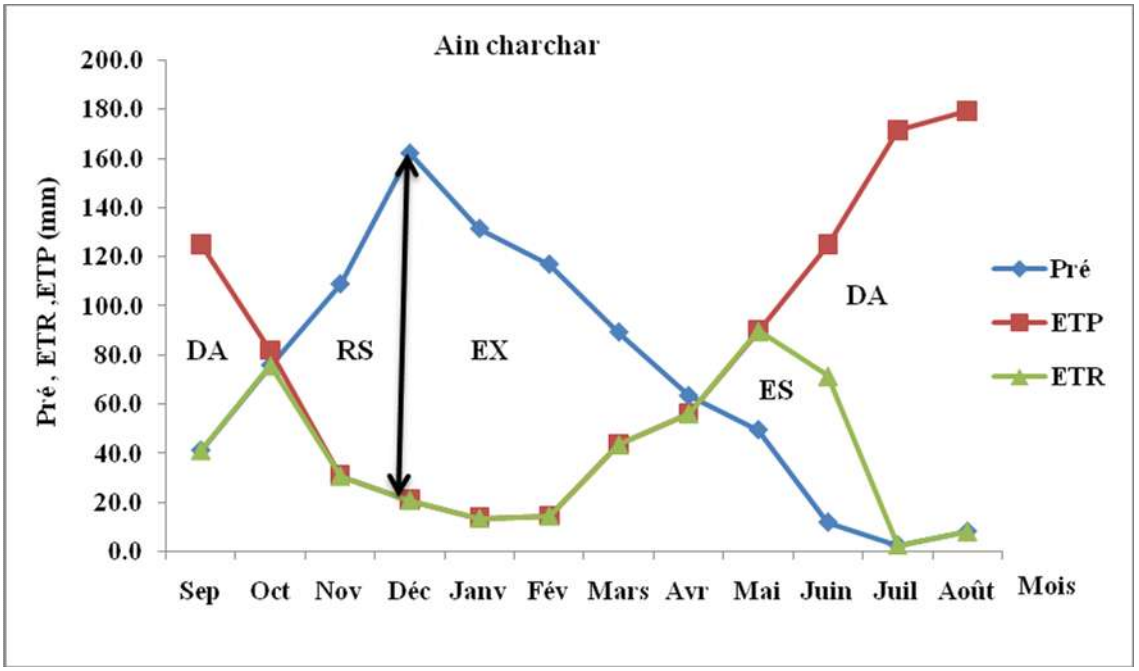


Fig. 30. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station d'Ain Charchar [1980/81-2015/2016]

L'examen des tableaux 24, 25, 26 et 27 permet de conclure que la reconstitution de la réserve du sol commence en Novembre puis atteint son maximum [100 mm] durant la période allant de Décembre jusqu'au mois d'Avril [de Mars à Azzaba]. Durée au cours de laquelle il y aura un excédent qui se traduira par un écoulement qui commence au mois de Janvier et cesse au mois de mais. A partir de ce mois les précipitations ne satisferont plus l'évapotranspiration et c'est le début de l'épuisement de la réserve qui se poursuivra jusqu'à la vider. Un déficit agricole s'observe entre juin et Octobre correspondant à la période d'irrigation. Un maximum de 152 à 171 mm s'observe le plus souvent au mois de Juillet.

Dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, l'évapotranspiration réelle annuelle varie considérablement d'une année et d'un endroit à l'autre. Elle représente en moyenne près 54 %, 60% ,65% et 66 % des pluies annuelles tombées au cours d'une année moyenne à Ain charchar, Azzaba, Skikda et Berrahal respectivement.

1.2. Discussion des résultats

Les différentes valeurs de l'évapotranspiration réelle obtenues par l'emploi des différentes formules sont rassemblées dans le tableau ci-après [Tab.28].

Tab. 28. Récapitulatif des ETR calculé par les différentes méthodes

Méthode	Skikda	Azzaba	Berrahal	Ain Charchar
C.W.THORNTHWAITE	503.9	388.5	455.89	469.7
TURC	655.86	570.21	591.75	643.61
COUTAGNE	601	520	544	636

D'après les résultats obtenus [Tab.28], on peut dire que les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de TURC et COUTAGNE sont assez proches, mais supérieures à celles obtenues par la méthode de Thornthwaite.

L'utilité de la comparaison réside dans les écarts décelés lors de l'application des trois méthodes pour aboutir à une meilleure approche à l'estimation de l'ETR ce qui par suite fera ressortir la formule qui est mieux appropriée dans la zone d'étude. Étant donné que les formules élaborées chacune en un lieu différent. Il est clair que la formule de C.W.Thornthwaite convient aux régions humides tempérées contrairement à celle de TURC qui présente un caractère universel. Pour clore notre analogie, la méthode de C.W. Thornthwaite s'avère la plus efficace, en plus de la similitude des circonstances dans lesquelles elle a été émise, avec notre région d'étude, elle admet un coefficient de correction k.

2. L'estimation du ruissellement

Le ruissellement est l'excès de pluie qui n'arrive pas à s'infiltrer dans le sol, coule à sa surface, s'organise en filets et rejoint rapidement le cours d'eau. Le ruissellement annuel a été approximé par les relations empiriques de ***Tixeront- Berkaloff;*** à partir des résultats du calcul du bilan de Thornthwaite.

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2} \qquad \textbf{(4)} \qquad \text{Si : } P < 600$$

Cette formule est modifiée par Romantchok [1974] comme suit **:**

$$R = \frac{P^3}{3} \quad \textbf{(5)} \qquad \text{Si : } P > 600$$

Avec

R : ruissellement en m
P : précipitations moyennes annuelles en m.
ETP : évapotranspiration potentielle en m.

Etant donné que la pluviométrie dans le bassin versant est supérieure à 600 mm/an dans les quatre stations étudiées, pour l'estimation du ruissellement, la formule de ***Tixeront- Berkaloff*** n'est pas applicable. De ce fait, on va estimer le ruissellement par la formule de ***Romantchok.***

Les calculs de ruissellement sont rapportés dans le tableau ci-après [Tab.29]

Tab. 29. Estimation de ruissellement selon la formule de *Romantchok.* [1974]

Stations	Skikda	Azzaba	Berrahal	Ain Charchar
R [mm]	158.38	90.86	108	213

3. Estimation de l'infiltration

L'infiltration représente la quantité d'eau qui pénètre dans le sol et le sous-sol pour alimenter les aquifères. Le paramètre est difficile à évaluer car, il échappe aux mesures directes, grâce à l'équation du bilan hydrique on peut déduire les infiltrations

$$\mathbf{P=ETR+R+I \Rightarrow I= P-(ETR+R)} \quad \textbf{(6)}$$

Avec

I: infiltration en [mm].
P: précipitations annuelles en [mm].
R : ruissellement de surface en [mm].
ETR : évapotranspiration réelle en [mm].
Les calculs de l'infiltration sont rapportés dans le tableau ci-après [Tab.30]

Tab. 30. Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan d'eau

Stations	P	ETR	R	I
Skikda	780.3	503.9	158.38	118.02
Azzaba	648.4	388.5	90.86	169.04
Berrahal	686.76	455.89	108	122.87
Ain Charchar	861.9	469.7	213	179.2

VII. CONCLUSION

Cette étude montre que le complexe des zones humides de Sanhadja est soumis un climat méditerranéen caractérisé par une saison humide s'étale depuis le mois d'octobre jusqu'à mai et la saison sèche s'étend sur le restant de l'année.

La pluviométrie moyenne sur une période de 36 ans au niveau des quatre stations climatiques prises en compte est de 743.48 mm. Une grande partie de ces pluies participent au phénomène de l'évapotranspiration soit une lame d'eau de 454.5 mm, une quantité appréciable favorisée par la présence d'importantes surface de plans d'eau, il s'agit des marécages qui se répartissent le long de l'Oued El- Kébir Ouest.

L'infiltration est de l'ordre de 147.28 mm soit 19,81 % des précipitations. Ceci nous permet de dire que le système aquifère de la région est bien alimenté.

CHAPITRE 4 :

LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET BIODIVERSITÉ

CHAPITRE 4

LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET BIODIVERSITÉ

I. LES ZONES MARECAGEUSES DU COMPLEXE DE GUERBES -SANHADJA

1. Garâat Béni M'Hamed [36°57' N, 7°16'] de superficie environ 462 hectares

Ce site est constitué des alluvions de l'oued El Kébir Ouest et des colluvions des collines méridionales et septentrionales. Il est occupé par les halophytes. Il est sec en été et en hiver, il est constitué un lieu de refuge ou de passage de nombreux oiseaux hivernants.

Fig.31.Vue du Garâat Béni M'Hamed [HEDJAL ; 2017]

2. Garâat Haoues [36°58' N, 7°18' E] de superficie environ 287 hectares

Cette Garâat est située dans la rive gauche d'Oued El Kebir Ouest. Elle s'étend entre les dunes de Guerbes du côté Ouest et les rives de Oued El-Kebir Ouest du côté Est. Le fond est formé par le sédiment et le sable dunaire. La végétation submergée est dominée par [*Callitriche stagnalis, Potamogeton trichoïdes*]. Les Alismacées représentées par [*Alisma plontago-aquatica*] dont le recouvrement total ne dépasse pas les 25%. Les amphiphytes sont représentées également par le [Carex *divisa, Iris pseudoacorus, Cyperus longus, Juncus tenageia, le juncus bulbosus*], des Scirpes [*Scirpus lacustris, Scirpus maritimus]* et des Typhas [*Typha angustifolia*] *[Samraoui et de Belair. 1997]*.

3. Garâat Dahria [36°59' N, 7°16' E] de superficie environ 30 hectares

Cette lagune est située à environ de 2 Kilomètres de l'embouchure d'Oued El Kebir Ouest. Le substratum est formé des alluvions de l'oued El Kebir Ouest et le sable dunaire. Elle est en

majeure partie à sec en été. Durant l'hiver, ils sont un lieu de refuge ou de passage de nombreux oiseaux hivernants.

4. Garâat Greaat [36°51 'N ,7°21'E] de superficie environ 08 hectares

Située au Sud de la route Ben Azzouz-Oued El- Aneb dans une dépression, au pied des collines argilo-schisteuses orientée du Sud au Nord et est alimentée par un ruisselet qui coule dans la même direction. Trente cinq [35] espèces de plantes ont été enregistrées dans ce marais entouré par un pré humide.

Fig.32.Vue du Garâat Greaat [HEDJAL ; 2014]

5. Garâat El Guelb [36°53' N, 7°18' E] de superficie environ 15 hectares

Une dépression située à l'intérieur de la vallée de l'oued Esseghir**,** forme un marais en hiver, une prairie en été, dominé par quelques hydrophytes, les scirpes et les Cypéracées. C'est un autre site de reproduction pour plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques. La texture du fond est argileuse.

Fig. 33 .Vue du Garâat El Guelb [HEDJAL ; 2017]

6. Garâat Sidi Fritis [36°53'975 N, 7°17' 437 E] de superficie environ 45 hectares

Elle est localisée dans une dépression inter dunaire, orientée Nord-Ouest à Sud-Est. Elle est alimentée par les eaux souterraines dunaires au Nord-Ouest, et par plusieurs sources dunaires à l'Ouest et à l'Est. Elle est composée par deux unités : une broussaille marécageuse d'environ 26 hectares, située au Nord-Ouest et un petit lac de 13 hectares situé dans le Sud-est. Elle est souvent sèche en été, à cause du pompage d'eau pour l'irrigation. Sa profondeur n'excède pas les 1.5 mètres. À l'Ouest, il est délimité par une dune dont la hauteur est de 57 mètres et à l'Est par un pré sec localisé au pied d'une autre dune de 28 mètres de hauteur. Cette étendue d'eau présente une végétation très diversifiée recouvrant plus de 90% du lac.

Fig.34 .Vue du Garâat Sidi Fritis [HEDJAL ; 2014]

7. Garâat Sidi Makhlouf [36°53' N, 7°18' E] de superficie environ 11 hectares

Le substratum et la situation géomorphologique de la Garâat sont identiques à ceux de Garâat Chychaya. Toutes les deux constituent une unité simple, orientée du Nord-ouest au Sud-est vers la plaine alluviale .Elle est entièrement alimentée par le phréatique dunaire.

Fig. 35. Vue du Garâat Sidi Makhlouf [HEDJAL ; 2017]

8. Garâat Hadj Tahar [36°51'774 N, 7°15' 957 E] de superficie environ 112 hectares

Ce plan d'eau douce situé à une vingtaine de kilomètres de la Méditerranée présente une forme ovale très allongée. Cet étang s'étend en longueur du SW au NE au contact entre dunes et plaine alluvionnaire d'un ancien lit de l'oued El Kébir Ouest [oued El Maboun]. La texture du fond du lac est sablo-tourbeuse au Nord, argilo-tourbeuse au Sud. La profondeur moyenne de l'eau varie entre 0,8 et 1,20 mètre ; elle augmente subitement suite aux pluies torrentielles, du fait que la Garâat constitue une cuvette alimentée par les ruissellements des eaux de pluie depuis les montagnes environnantes.

Fig. 36 .Vue du Garâat Hadj Tahar [HEDJAL; 2017]

9. Garâat Dissia [36°53' N, 7°21' E] de superficie environ 02 hectares

Actuellement, ce marais est situé prés de quelques étangs dispersés et utilisés pour l'irrigation. Ces mares se trouvaient à la base de l'ancienne dépression interdunaire et formaient un marais de plusieurs hectares dispersés. Les restes de ce marais sont caractérisés par des bosquets de Saule et des prairies de Bruyère. Le substratum du lac est exclusivement sablonneux.

Fig. 37 .Vue du Garâat Dissia [HEDJAL ; 2014]

10. Garâat Aïn Nechma [36°48' N, 7°16' E] de superficie environ 18 hectares

Cette Garâat est un ensemble de mares et de marais, prairies humides et bassins artificiels se partagent ce site, à proximité d'un maquis résiduel à Oléo-lentisque. Dans le passé, elle était tributaire à Oued El 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. La texture est lourde, à dominante de gypso-colluvionnaire.

Fig. 38 .Vue du Garâat Aïn Nechma [HEDJAL ; 2017]

11. Garâat Echrouk [36° 53' 192 N, 7° 18' 963 E] de superficie environ 60 hectares

Une autre dépression marécageuse située dans le Nord Ouest de Oued Esseghir. Dans le plan d'eau, nous notons le recouvrement de *Callitriche stagnalis, Potamogeton lucens, Salvinia natans,* et *Nymphaea alba.* Pour l'avifaune aquatique, nous citons la présence du 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]*.

Fig. 39 .Vue du Garâat Echrouk [HEDJAL ; 2017]

12. Garâat Zaouïa [36°51'979N, 7°23'587E] de superficie environ 0.5 hectares

Située dans une petite vallée alimentée par un ruisselet qui s'ouvre par intermittence vers Oued El Aneb. La sous-strate est constituée de schiste argileux comme les collines du Sud-Est La Garâat est orientée Sud-Est-Nord-Ouest. Malgré sa petite superficie, le nombre d'espèces végétales recensées est de 33 espèces.

Fig. 40 .Vue du Garâat Zaouia en Eté [HEDJAL ; 2014]

13. Garâat Chychaya [36°53' N, 7°17' E] de superficie environ 50 hectares

L'Orientation de ce marais est Nord -ouest au Sud-est. En Nord-ouest, alimenté par les eaux dunaires souterraines et les dépressions ouvertes vers le Sud-est, prés de la plaine alluviale d'Oued El-Kebir Ouest. Il y a une continuité avec garât Sidi Makhlouf. Le substratum est constitué, au Nord- Ouest par le sable dunaire mélangé avec la tourbe. Ce sol est remplacé au Sud-Est par une boue argileuse de la plaine. Le Nord-Ouest est entièrement occupé par l'aulne, 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

Fig. 41 .Vue du Garâat Chychaya [HEDJAL ; 2017]

14. Garâat Messaoussa [36°55' N, 7°15' E] de superficie environ 322 hectares

Ce site est situé à la rive gauche d'Oued El-Kebir Ouest. *Thomas .1975* est le seul scientifique qui a donné une petite description du site, la direction générale du marécage est de NW-SE, ses processus fonctionnels sont semblables à ceux de la plupart des autres marais de la région. Le marais constitue le bassin de captation de l'aulnaie dans la plaine alluviale d'oued El Kebir. La texture de sol est sableuse au NW à cause des gisements des dunes et devient graduellement argileuse au Sud-Est due aux dépôts alluviaux d'oued Kebir Ouest.

Fig. 42 .Vue du Garâat Messaoussa [HEDJAL ; 2017]

15. Garâat Guerbes [36° 54 N, 7°13E] de superficie environ 25 hectares

Ce plan d'eau situé au Nord-Ouest de Garâat Hadj Tahar dans une dépression Numidienne. Bien que, les eaux de Garaet Hadj Tahar coulent vers Oued El-Kebir Ouest, les eaux de ce site coulent vers la mer. Il est dominé au Sud -Ouest par Djebel Fedj lefhoul, et à l'Ouest par Djebel Filfila, et au Nord-Ouest par des dunes dont l'altitude moyenne est de 50 mètres. Parmi la végétation, nous rencontrons des hydrophytes comme [Callitriche *stagnalis, Ceratophyllum demersum, Lemna minor, Lemna gibba, Potamo geton crispus*]. Autour de la Garâat, 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 Garâat est fréquentée par les Hérons garde - bœufs [*Bubulcus ibis*], la Gallinule poule d'eau [*Gallinula chloropus*]. Les Copépodes [*Copidodiaptomus numidicus, Macrocyclops albidus, Eucyclops serrulatus*],des Cladocères. Les poissons sont représentés par *Phoxinellus punicus. [Samraoui et de Belair.1997]*.

II. EVALUATION DES PRINCIPALES UNITES ECOLOGIQUES

La diversité des unités écologiques fait du complexe de Guerbes-Sanhadja une originalité naturelle unique en Afrique du Nord, de part le nombre de zones humides aussi modeste soient elles, regroupées dans un espace de dimension contenue et reliée entre elles par un chevelu de ripisylves et d'aulnaies introuvables dans un autre endroit. Les milieux terrestres sont occupés par des reliques d'une subéraie qui a été entièrement ravagées par les nombreux incendies récurrents, le surpâturage et surtout le défrichement. A l'heure actuelle, les immenses surfaces boisées par le chêne vert sont couvertes par un maquis de type méditerranéen, touffu et fermé de moindre valeur écologique et économique. Le cordon dunaire est quant à lui recouvert par les formations matorrals fixatrices des sols sableux et permettant de freiner les avancées des sables et de la salinité amenée par les embruns marins.

Les principales unités écologiques du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tab.31. Les principales unités écologiques du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Unités écologiques	Habitats	Importance écologique
Milieux boisés	Subéraie	En raison de diverses menaces, la subéraie est de plus en plus réduite. Elle reste encore l'habitat de nombreuses espèces remarquables, dont un grand nombre de plantes à bulbe et d'Orchidées
	Subéraie complantée en Eucalyptus, Pinus et divers Acacias et Mimosas	Le chêne-liège et son cortège résiste difficilement à la concurrence de diverses exotiques et la diversité floristique va en diminuant
	Maquis à Oléo-lentisque	Ce groupement est souvent favorable à une grande biodiversité dans la mesure où la pression anthropique n'est pas trop forte et le pâturage pas trop intense. Nombre d'espèces trouvent refuge dans les fourrés de genêts et de lentisque. En terrain calcaire, les Orchidées sont plus nombreuses qu'en terrain siliceux.
Milieux cultivés et pasturages	Surfaces cultivées	Peu d'espèces remarquables sont présentes dans ce milieu et appartiennent souvent au groupe des [espèces invasives]
	Prairies humides	Ecotones ou interfaces entre zones humides et plaines cultivées, elles sont favorables à une grande biodiversité : à la fois, espèces de zones humides, espèces de plaines autrefois non cultivées et espèces spécifiques à ce type d'habitat
Milieu dunaire	Dunes littorales en équilibre	Elles sont, actuellement encore, l'habitat d'une série d'espèces rares ; dunes de haut de plage, de front de mer et herbacées sont l'habitat d'espèces végétales encore rares, grandement menacées par le développement balnéaire
	Dunes boisées	En raison de la grande surface occupée par la coccifféraie, type d'habitat allant se raréfiant sur toute la côte algérienne. Elles sont le refuge d'une biodiversité élevée avec quelques espèces végétales rares.
	Dunes en destruction	Soumis le plus souvent à l'érosion éolienne, souvent après exploitation du sable [carrières], la biodiversité tend à s'amoindrir et les espèces ont quelques difficultés à s'installe
Aulnaies et Ripisylves	Aulnaies	Originalité et Valeur paysagère ; Valeur écologique avec rétention et régulation des eaux pluviales ; Grand réservoir de biodiversité et refuge pour la faune.
	Ripisylves	Stabilisation des berges et des terrasses des oueds, habitats et réservoir de biodiversité végétale et animale
Plan d'eau et cours d'eau	Plan d'eau	Plusieurs dépressions inter dunaire présentent une richesse floristique importante qui constitue l'habitat d'accueil de plusieurs espèces migratrices ; valeur paysagère ; Lieu de nidification, de stationnement et d'alimentation d'oiseaux d'eaux.
	Oued El-Kébir et sa ripisylve	Présente le collecteur principal de débordement des garât ; Riche en espèces hydrophile [orme, peuplier, frêne, ..]; Refuge des oiseux terrestres et mammifères.
Littoral	Falaises et rochers maritimes	Probablement l'habitat le plus menacé en raison de sa proximité des plages fréquentées. Quelques espèces se maintiennent encore, mais les plus rares ont disparu.
	Rivages	

Source : CFW/DGF de Skikda.2014

Dans cette analyse, il ressort que toutes les unités écologiques sont touchées par des dégradations ou des menaces à travers les habitats et les espèces qui les composent.

Fig. 43. Les unités écologiques du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [HEDJAL ; 2017]

III. FAUNE ET FLORE

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja garde entière sa typicité qui est illustrée par l'originalité des habitats, leur diversité, la diversité des espèces végétales et animales et l'existence des niches écologiques multiples nées d'une pluralité des conditions climatiques qui s'apparentent à celles d'une zone tropicale [pluie abondantes de l'hiver accompagnées des conditions de températures élevées de l'été]. La typicité de ce complexe réside également dans sa situation géographique exceptionnelle, encastrée entre les monts de l'Edough à l'Est et les collines boisées du Djebel Filfila à l'Ouest, le tout couronné par une vaste ouverture sur la Méditerranée par une large vallée de l'oued El Kébir Ouest. Cette géographie lui permet également de recevoir comme dans un couloir inévitable les flux d'oiseaux migrateurs à leur abordage des côtes algériennes et au retour de migration en servant de large corridor biologique où les aulnaies, milieux originaux par excellence et les différents plans d'eau répartis en chapelet permettent le déplacement des espèces le long d'habitas accueillant et d'une disponibilité alimentaire assurée.

1. La Flore

Selon *Boumezbeur .2001*, le complexe humide de la plaine de Guerbes-Sanhadja présente une valeur particulière pour le maintient de la diversité biologique en raison de la richesse et de la diversité de sa flore et faune. Sur une superficie de 28000 hectares, se rencontrent environ 234 espèces végétales d'origine biogéographiques diverses représentant 145 taxons directement inféodés au milieu aquatique. Cela représente 14% de la flore du nord de l'Algérie [1800 espèces]. Les espèces méditerranéennes représentent le 1/3 des plantes observées, les espèces cosmopolites ne représentent que 14,4% alors que les euro-méditerranéennes occupent 9,2%. Parmi les 234 espèces recensées, 19 sont rares et 23 rarissimes.

1.1. Le domaine forestier

1.1.1. Le Chêne-liège [*Quercus suber* L.] : est présent sur les sols bruns ou podzolisés de la bordure occidentale du terrain d'étude et sur les terrasses quaternaires littorales les plus à l'ouest. Il est assez dégradé à cause de l'exploitation du liège et des incendies. Sa physionomie est plutôt de type maquis arboré. On y trouve *Erica arborea* L., *Erica scoparia* L., *Myrtus communis* L. et *Cistus salvifolius* L. C'est en fait une subéraie thermophile par la présence de *Pistacia lentiscus* L., *Chamaerops humilis* L. et *Olea oleaster* L. Près de la limite nord occidentale du terrain d'étude, sur le djebel El Harta, [562 m d'altitude], subsiste une subéraie humide relique, à *Cytisus triflorus* L. *[Toubal.O.2014]*.

1.1.2. Le chêne-kermès [*Quercus coccifera* L.] : est présent sur les dunes fixées du littoral. Groupement xérothermophile, il réalise un faciès de transition entre les dunes vives et les dunes consolidées à chêne-liège. Il s'y associe *Halimium halimifolium* (L.) Willk. après - des incendies répétés - *Juniperus oxycedrus* L. et *Juniperus phoenicea* L.

1.1.3. Le Pistacia lentiscus L. et Olea oleaster L : indique l'étage thermophile et constitue un stade de dégradation de la subéraie sur sols marno-calcaires au pied des massifs. Les espèces rencontrées en plus sont *Calycotome villosa* [Poiret] Link, *Ceratonia siliqua* L., *Chamaerops humilis* L., *Cistus monspeliensis*. L., *Genista tricuspidata* Desf., *Genista ulicina* Spach. et *Thymus numidicus* L. La dégradation de l'oléo-lentisque donne un maquis bas ou une cistaie à *Cistus mospeliensis* L. et des pelouses sèches à *Asphodelus microcarpus* L., *Urginea maritima* Baker, *Cirsium syriacum* (L.) Gaertn.

1.2. Les aulnaies et ripisylves : Ce système concerne les forêts autour des plans d'eau et le long des cours d'eau. Il est constitué d'aulnaies à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. et de ripisylves mixtes. On distingue :

- Les aulnaies des dépressions dunaires, marécageuses, sur relief plat, qui évoluent vers des tourbières à épaisseur variable de 1 à 6 m *[Benslama et al. 2010]* ; ce sont des aulnaies pures. À la garâat Messaoussa, la dégradation de l'aulnaie donne des ptéridaies exubérantes à *Pteridium aquilinum* L.

- Les aulnes au contact des sols alluviaux gorgés d'eau, à la périphérie des lacs : lac Sidi Fritis, garâat Sidi Makhlouf et garâat Hadj-Tahar, avec *Cladium mariscus* L., espèce herbacée haute, parfois envahissante, qu'il conviendrait de faucher par endroits pour permettre la survie de la faune et de la flore sous-jacentes.

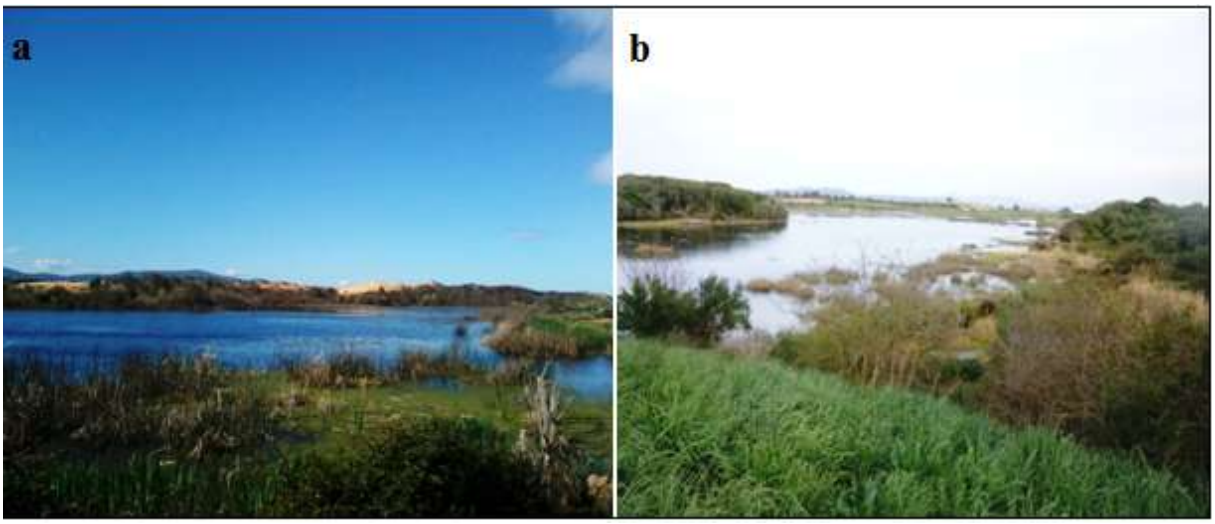


Fig. 44. Aulnaie en bordure des Garâates :a) Sidi Makhlouf ;b) Hadj -Tahar [HEDJAL ; 2016]

La pression anthropique et la retenue des eaux par le barrage Zit Emba [Bekkouche LAKHDAR] tendent à la réduction de la surface des aulnaies en aval et à une perte de leur biodiversité. D'après *Bensettiti .1992*, ces peuplements d'*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Représentent les dernières stations conservées d'une végétation euro-sibérienne très rare en Afrique du Nord. Leur présence s'explique par des conditions géomorphologiques et climatiques favorables au développement et au maintien d'une riche biodiversité.

- Des ripisylves mixtes en forêts-galeries le long des oueds, avec *Ulmus campestris* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Salix pedicellata* (L.) Desf. On les trouve notamment le long des oueds El Kébir et Magroune, sur des sols peu évolués d'apport alluvial.

Le stade avancé du surpâturage et de la coupe peut conduire à l'installation d'espèces invasives, telles *Inula viscosa* L. Ait, *Ricinus communis* L. [subspontané], *Nicotiana glauca* Graham, *Cirsium syriacum* (L.) Gaertn. et *Oxalis cernua* L. En fait, il y a une variation continuelle des limites des habitats, qui dépend des fluctuations des facteurs écologiques et anthropozoïques.

Fig.45 .Aulnaie et ripisylves dans le complexe de Sanhadja-Guerbes a) : Les Ripisylves de l'oued El Kébir Ouest ;b) Aulnaie Messaoussa [HEDJAL ; 2016]

1.3. Le reboisement

Les reboisements sont à base d'acacia, de pin maritime et surtout d'eucalyptus. Ce dernier a été introduit à la fin du XIXème siècle pour assainir les marécages. C'est une espèce à croissance rapide, certes, mais acidifiante, qui élimine donc toute forme de sous-bois. Le pin maritime, lui, est pyrophile, et sa monoculture favorise la chenille processionnaire, parasite redoutable. Nous préconisons le reboisement à base d'espèces autochtones, rustiques et adaptées : dans les forêts couvrant les reliefs, le chêne-liège et le merisier [bon porte-greffe pour le cerisier] ; en bas de pente, le micocoulier, peu exigeant, à bois souple, souvent utilisé en vannerie; dans les endroits humides, le saule, l'orme et le frêne.

Fig. 46. Reboisement le massif dunaire de Sanhadja par l'eucalyptus [HEDJAL ; 2017]

1.4. Le massif dunaire est formé des dunes vives, le long du littoral et vers l'intérieur. Elles sont occupées par *Retama bovei* (Spach.) Webb, *Ephedra fragilis* L. [le plus souvent en formation quasi-monospécifique], *Pancratium maritimum* L., *Euphorbia paralias* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link, *Silene succulenta* Forssk., *Medicago marina* L., *Glaucium luteum* Scop. *et Salsola kali* L

Fig. 47. Retama bovei au niveau du massif dunaire de Sanhadja [HEDJAL ; 2017]

1.5. Les prairies humides

Des prairies humides à *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Scirpus lacustris* L., *Typha angustifolia* L., *Juncus acutus* L., *Cyperus longus* L. et *Iris pseudo-acorus* L. Lorsque l'hydromorphie est plus élevée, on aboutit à des prairies marécageuses à roselières (Merget Guerbes) qui se distinguent par des formations quasi-monospécifiques sous forme d'îlots, telles les typhaies, les phragmitaies, les jonchaies, les scirpaies et les cariceaies, qui constituent des habitats privilégiés pour les animaux amphibiens, les insectes et les oiseaux nicheurs.

Des pelouses humides avec des espèces hygrophiles : *Scirpus littoralis* [Schard.], *Mentha pulegium* L., *Nasturtium officinale* R.Br., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Ranunculus bulbosus* L., *Lythrum salicaria* L. et *Ammi visnaga* (L.) Lam. Elles sont menacées par le surpâturage.

Le système lacustre, quant-à-lui, est constitué de dépressions inter-dunaires [lac Sidi Fritis] et de garâtes profondes [Hadj-Tahar, Sidi Makhlouf…]. On y trouve *Nymphaea alba* L., *Myriophylum alterniflorum* DC., *Potamogeton lucens* L., *Rorippa amphibia* (L.) Bes. et *Salvinia natans* L.

Toubal.O et al. 2014. considèrent le lac Sidi Fritis comme le plus riche de la zone, faunistiquement et floristiquement [46 espèces d'algues] et soulignent son caractère insulaire qui permet sa préservation. La charge polluante et les pompages menacent les herbiers aquatiques des eaux douces.et le tableau suivant représente les principales espèces recensées dans le chapelet des zones humides de Sanhadja [Tab. 32]

Tab. 32 .Les principales espèces recensées dans le chapelet des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Garâat	Espèces dominantes
Garâat Hadj Tahar	*Thypha angustifolia, Phragmites australis, Scirpus lacustris, Scirpus maritima, Cyperus longus, Sparganum erectum, Nymphaea alba, Rumex conglomeratus, Alnus glutinosa, Crataegus oxyacantha, Fraxinus angustifolia, Lotus pedunculatus, Smilax aspera, Hedera helix.*
Garâat Sidi Makhlouf	*Alisma plantago aquatica, Nymphaea alba, Iris pseudo acorus, Lemna minor, chara sp, Lythrum junceum, Lippia nodiflora, Phragmites communis, Ranunculus macrophyllus, Paronychia argentea, Linaria pinnifolia.*
Garâat Aïn Nechma	*Alisma plantago aquatica, Lythrum junceum, Narcissus tazetta, Juncus acutus, Tyhpa angustifolia, Callitriche stagnalis, Lemna minor, Schoenus nigricans, Anthoxantum odoratum, Arisarum vulgare, Bellis annua, Bellis sylvestris, Quercus suber, Daphne gnidium.*
Garâat Beni M'Hamed	*Salicornia arabica, Tamarix gallica, Juncus acutus, Juncus maritima, Alisma plantago aquatica, Ranunculus macrophyllus, R muricatus, Thypha angustifolia, Quercus suber, Olea europea, Rubus ulmifolius, Pistacia lentiscus, Cyclamen africanum, Galactites tomentosa, Funaria hygrometrica,selaginella denticulata*
Lac Sidi Fritis	*Rumex conglomeratus, Poa annua, Juncus maritima, Juncus acutus, Lippia nodiflora, Nymphaea alba, Ranunculus aquatica, Thypha angustifolia, Callitriche stagnalis, callitriche truncata, Chara sp, Lemna gibba, Mesembryanthemum edule, Cynodon dactylon.*
Garâat Haoues	*Olea europea, Pteris aquilinum, Rubus ulmifolius, Urginea maritima, Fraxinus angustifolia, Erica arborea, Cynoglossum cheirrifolium, Mesembryanthemum edule, Mentha pulegium, Alisma plantago aquatica, Alnus glutinosa, Lythrum junceum, Ranunculus ophioglossifolius, Ranunculus macrophyllus, Shoenus nigricans, Scirpus cernuus,Carex remota, Iris pseudoacorus*
Garâat Zaouia	Callitriche *stagnalis, Ranunculus baudotii, Alisma plantago aquatica, Cyperus longus, Eleocharis palustris, Glyceria fluitans, Juncus anceps, Juncus tenageia, Scirpus lacustris et Scirpus maritimus*
Garâat Chychaya	*Ceratophyllum demersum, Lemna gibba, Myriophyllum spicatum, Polygonum senegalense, Potamogeton lucens, Salvinia natans, Utricularia vulga ris et Wolffia arrhiza. Cyperus longus,* des Juncacées, *Juncus acutus et Juncus subulatus*, *Galium palustre*, *Glyceria fluitans, Iris pseudoacorus, Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* et *Scirpus maritimus Typha angustifolia. Fraxinus angustifolia, Populus alba, Rubus ulmifolius*, *Tamarix gallica*
Garâat Messaoussa	*Callitriche stagnatile*, *Lemna minor, Potamogeton trichoïdes*, *Juncacées, Juncus acutus, Juncus anceps, Juncus bufonius, Juncus bulbosus, Juncus conglomeratus, Juncus heterophyllus, Juncus maritimus, Juncus pygmaeus, Juncus subnodulous* et *Juncus tenageia*, *Typha angustifolia* , *Scirpus maritimus*. *Rubus ulmifolius, Alnus glutinosa.*

Source: BARA. 2014; METALLAOUI. 2010

2. La Faune

Le complexe des zones humides de Sanhadja renferme une grande variété des espèces faunistiques dont les principales sont énumérées dans le tableau ci-dessous [Tab. 34].

2.1. L'avifaune aquatique

Au cours des 2 cycles hivernaux, les peuplements d'oiseaux d'eau ayant occupés les plans d'eau du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja sont composés de 54 espèces appartenant à 17 familles dont les plus représentées sont : les Anatidés avec 15 espèces suivies des Ardéidés avec 8 espèces puis les Scolopacidés avec 6 espèces. Ainsi, les Rallidés et les Podicipédidés sont représentées chacune par 3 espèces. Les autres familles sont faiblement représentées [Fig.48]. Chez les Anatidés, le pic d'abondance est noté chez le canard siffleur avec 2320 individus suivi de celui du canard chipeau avec 1710 individus et 1350 individus pour le canard souchet. Le Fuligule nyroca 850 individus et l'Erismature à tête blanche représentée avec un maximum de 67 individus.

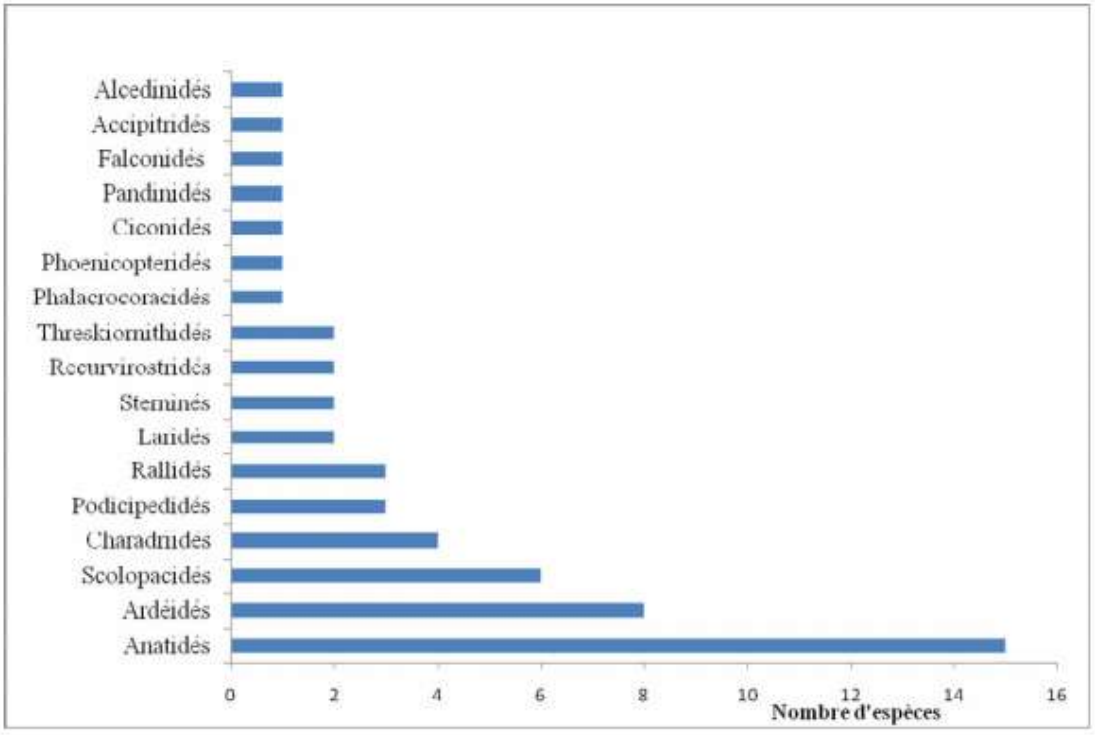


Fig.48 .Distribution du nombre d'espèces par famille de l'avifaune aquatique du complexe de Guerbes-Sanhadja [2008-2012] [METALLAOUI et al]

Les espèces d'oiseaux d'eau présents dans les plans d'eau de Guerbes-Sanhadja durant toute la saison d'hivernage ne les quittent que vers la fin du mois de Mars et début avril afin de regagner leurs terrains de reproduction, dont les principaux hivernants sont :

- **Les Anatidés** : le canard siffleur, le canard souchet, le canard pilet *A. acuta* , le canard chipeau, le canard colvert *A. platyrhynchos* , la Sarcelle d'hiver *A. crecca*, le fuligule milouin, le fuligule nyroca, le fuligule morillon, l'Erismature à tête blanche…,
- **Les Rallidés** : la poule sultane, la poule d'eau et la foulque macroule
- **Les Ardéidés** : le héron cendré, la grande aigrette, l'aigrette garzette…,
- **Les Podicipédidés** : grèbe huppé, grèbe castagneux….

Fig. 49 .Oiseaux d'eau de Guerbes -Sanhadja : a et b) Cigogne blanche ; c) l'Erismature à tête blanche ; d) La poule d'eau [HEDJAL ; 2016]

- **Les mollusques**

Parmi les espèces des mollusques identifiées, *Bithynia numidica* Bourguignat, 1864, est une espèce endémique au Nord-Est Algérien dont la description anatomique n'a jamais été réalisée auparavant. La localité type de cette espèce est l'Oued El Kébir Ouest. Une autre mention importante, est *Stagnicola fuscus* qui est une nouvelle citation pour le complexe. Le tableau ci-dessous illustre les différentes espèces de Mollusques.

Tab. 33. Les différentes espèces de Mollusques

Garâat	Espèces
Garâat Aïn Nechma	*Bithynia numidica*, *Physella acuta* , *Planorbis planorbis*
Garâat Sidi Makhlouf	*Bithynia numidica*, *Stagnicola fuscus*,*Planorbis planorbis*, *Planorbis agraulus*
Garâat Hadj Tahar	*Bithynia numidica*, *Planorbis planorbis* , *Musculium lacustris*
Garâat Messaoussa	*Bithynia numidica*, *Planorbis planorbis*

Source : METALLAOUI et al

2.2. Les mammifères

Selon *Toubal.O et al.2014*, le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja n'ont pas fait l'objet d'une étude systématique, aussi la liste suivante n'est guère exhaustive : sanglier *Sus scrofa*, chacal *Canis aureus*, mangouste *Herpestes ichneumon*, genette *Genetta genetta* [pourchassée systématiquement par les riverains], belette *Mustela nivalis*, hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* et musaraigne *Crocidura* sp.

2.3. Les amphibiens

Les zones humides de Guerbes-Sanhadja abritent six espèces d'amphibiens : *Pleurodeles poiretii*, *Discoglossus pictus*, *Pseudepidalea boulengeri* [Fig. 50a], *Bufo mauritanicus* [Fig. 50b], *Hyla meridionalis* et *Pelophylax saharicus*. Le complexe est l'un des derniers sanctuaires du triton de Poiret *Pleurodeles poireti*, espèce endémique algérienne limitée au djebel Edough et à ses environs immédiats. Cette espèce classée EN par l'IUCN a subi récemment un déclin marqué *[Samraoui et al. 2012]*. Il est à noter la présence de *Gambusia holbrooki*, espèce introduite, largement répandue à travers le complexe, et l'empoissonnement des retenues collinaires avec de la carpe commune *Cyprinus carpio*.

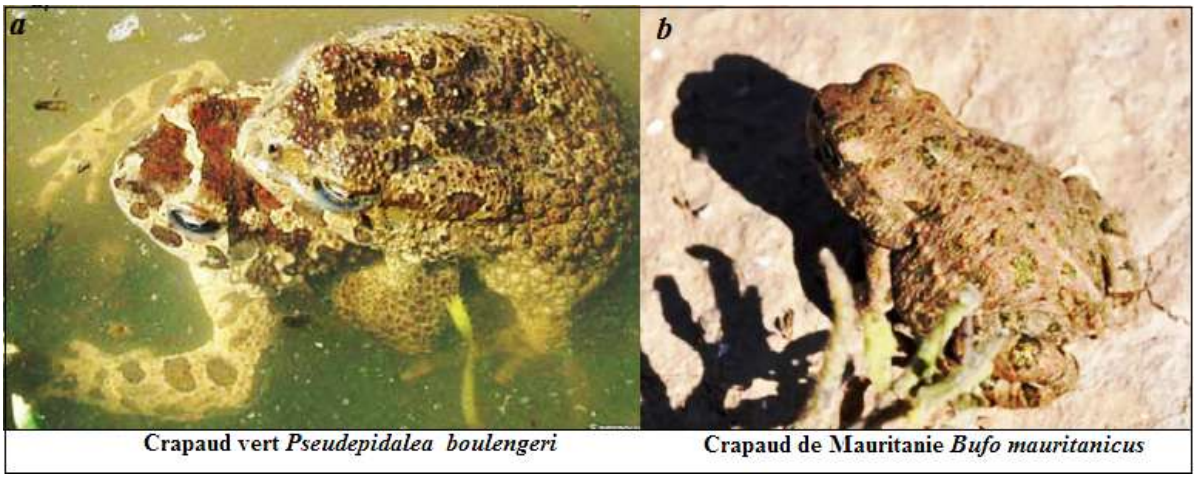


Fig.50 .Les amphibiens du complexe de Guerbes- Sanhadja. [TOUBAL et al ; 2014]

2.4. Les odonates

La richesse odonatologique est appréciable *[Samraoui et Menaï. 1999* avec la présence de

l'espèce relictuelle afrotropicale *Acisoma panorpoides* classée en danger dans la liste rouge de l'IUCN *[Samraoui et al. 2010]*. D'autres éléments afrotropicaux sont présents comme le bélostomide *Hydrocyrius columbiae,* le notonectide *Anisops sardea* et plusieurs espèces de *Cybister*. D'autres invertébrés comme le zooplancton des eaux continentales du complexe ont fait l'objet d'un inventaire relativement récent *[In Toubal.O et al .2014]*.

Tab. 34 .Principales espèces animales du complexe de Guerbes - Sanhadja

Espèces	Paramètres de la valeur patrimoniale
La loutre commune	Espèce rare en Algérie et en Afrique du Nord en raison de la disponibilité d'habitat favorable [zones humides et cours d'eau non pollué avec poissons]
Les Chiroptères	Espèces peu connues mais à grande rôle écologique dans la régulation des populations d'insectes
Erismature à tête blanche	Sanhadja est l'un des rares sites où l'espèce niche et hiverne, la protection des habitats est une condition pour la survie de cette espèce qui est classée en danger
Fuligule nyroca	Les zones humides de Sanhadja hébergent une population modeste en nidification
Talève sultane	Les zones humides de Sanhadja hébergent une population modeste en nidification
Les oiseaux hivernants	Le complexe accueille des contingents importants d'oiseaux en hivernage. Ces derniers représentent une portion importante dans l'avifaune hivernante en région méditerranéenne
Les Rapaces	Ce groupe d'oiseaux généralement en haut des chaines alimentaires est indispensable à la régulation des populations de rongeurs, canards, reptiles et passereaux. Ils sont menacés par les dérangements en période de reproduction et par la baisse de productivité des milieux en proies
Les Reptiles	Sanhadja constitue une contribution à l'inventaire de l'herpétofaune algérienne. La richesse spécifique est très importante avec des espèces d'un grand intérêt écologique. Les Reptiles et les Amphibiens jouent un rôle écologique important dans le maintien des équilibres biologiques naturels
Les Amphibiens	Les amphibiens jouent un rôle indéniable dans la chaine trophique. Les amphibiens de Sanhadja comptent des espèces rares et menacées tel que Discoglossus pictus et Bufo bufo spinosus ainsi que des espèces endémiques au Maghreb comme le triton de poiret [Pleurodeles poireti] et le crapaud de Mauritanie Bufo mauritanicus
Les Poissons	Peu de données existent sur les poissons des écosystèmes aquatiques terrestres de Guerbes-Sanhadja. Cette classe mérite un travail approfondie afin de connaître la richesse spécifique ainsi que le statut des différentes espèces. Néanmoins les informations recueillis sur terrain ont permis de mettre en évidence l'existence de bon nombre d'espèces d'une valeur patrimoniale et aussi économique très importantes comme le Loup, la Dorade, la Carpe, le Mulet et l'Aguille.
Les Odonates	Les invertébrées sont le groupe d'organismes le moins étudié en Algérie. Ils constituent une valeur indicatrice importante de la qualité des biotopes qu'ils exploitent. Pour les Odonates, on estime la richesse à environ une trentaine d'espèces. Leur cycle de vie dépend exclusivement de l'existence des milieux aquatiques et de la qualité de l'eau. Les *Gomphidés* se développent dans les cours d'eau non pollués et sont de ce fait bio indicateurs ; tandis que la plupart des autres espèces se développent en eaux stagnantes. Le peuplement des Odonates de la région compte quelques espèces rares. Leur biologie reste encore mal connue. Certaines sont abondantes sur le plan régional mais rares ailleurs.

Source : CF/DGF de Skikda .2014

IV. LES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

Le complexe, comporte 14 zones humides [Tab.35] Qui ont été inscrit en 2001[DGF. 2001], comme zone humide répondant à cinq des huit critères fixés par la convention de Ramsar.

1. Critères relatifs à la définition des zones humides de Guerbes-Sanhadja

- **Critère 1[retenu] :** La plaine de Sanhadja contient des "sites" d'importance internationale qui fournissent des exemples représentatifs, rares et ou uniques de type de zone humide naturelle que ce soit pour le Maghreb, l'Afrique du Nord, la sous-région Afrique du Nord, Afrique centrale ou bien même la région méditerranéenne ;

La plaine de Guerbes est un carrefour bioclimatique, son massif dunaire continental, en raison de sa morphologie [ondulations orientées NW-SE et creusement des dépressions et vallées dunaires], est propice à une certaine fraîcheur due aux vents dominants de l'hiver comme à une chaleur humide en période estivale. D'autre part, l'appauvrissement de la végétation dunaire favorise en hiver un abaissement rapide de la température dans certains habitats humides ou aquatiques. Aussi, les mêmes sites, ou plusieurs sites à quelques centaines de mètres de distance, peuvent-ils receler simultanément des espèces végétales (et donc animales aussi) d'origine biogéographique tropicale [5% des 234 espèces de flore, directement inféodées aux zones humides] ou septentrionale [28%], d'Afrique sub-saharienne et d'Europe sont donc largement représentées dans cette région avec la région méditerranéenne, soit 34% *[Samraoui et de Belair. 1997]*

- **Critère 2[retenu]:** Le complexe de zones humides de Sanhadja revêt une valeur spéciale de par la nidification de l'Erismature à tête blanche dont les effectifs de 10 couples dépassent le 1% international, du Fuligule nyroca et de la poule sultane et de la présence de 23 espèces floristiques rarissimes;

- **Critère 3[retenu]:** Le complexe de zones humides de Sanhadja présente une valeur particulière pour le maintien de la diversité biologique en raison de la richesse et de la diversité de sa faune et de sa flore. Sur une superficie de plus de 28.000 hectares, se rencontrent environ 234 espèces végétales [sur 1800 au total pour l'Algérie du Nord] d'origines biogéographiques diverses représentant 145 taxons directement inféodés au milieu aquatique, 50 espèces d'oiseaux ainsi que 27 espèces d'Odonates. Parmi les espèces végétales recensées, 19 sont rares et 23 rarissimes ;

- **Critère 4 [non retenu]** : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces végétales et/ou animales à un stade critique de leur cycle de vie ou si elle sert de refuge dans des conditions difficiles.

- **Critère 5 [non retenu]** : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 20'000 oiseaux d'eau ou plus.

- **Critère 6[retenu]:** La population nicheuse d'Erismature à tête blanche du complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja dépasse le 1 % de la population mondiale. La première preuve de sa nidification a été apportée en 1990-91, une population de 10 couples a été recensée *[Boumezbeur, 1993]* ;

- **Critère 7 [non retenu]** Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite une proportion importante de sous-espèces, espèces ou familles de poissons indigènes, d'individus à différents stades du cycle de vie, d'interactions interspécifiques et/ou de populations représentatives des avantages et/ou des valeurs des zones humides et contribue ainsi à la diversité biologique mondiale.

- **Critère 8 [retenu]:** Le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja est un lieu de migration et source d'alimentation de l'anguille et d'autres espèces marines non encore déterminées [mulets, barbeaux, etc..] ;

2. Type de zone humide de Guerbes-Sanhadja

Guerbes-Sanhadja est une zone humide côtière et marine de type : E F G. Ces symboles sont ceux du système RAMSAR de classification des types de zones humides dont *[Boumezbeur.2001]* :

E : Rivage de sable fin, grossiers ou de galets, y compris bancs et langues de sables, ilots sableux et système dunaire ;

F : Eaux d'estuaires, eaux permanentes des estuaires et systèmes deltaïques estuariens ;

G : Vasières, bancs de sables ou de terres intertidaux.

Tab. 35. Le chapelet des zones humides de Guerbes- Sanhadja

Garâates	Coordonnées géographiques		Superficie en [ha]	Altitude moyenne [m]	Description
	Longitude	Latitude			
Béni M'Hamed	36°57' N,	7°16'	**462**	**15**	Lac d'eau saumâtre en été et douce en hiver
Haoues	36°58' N	7°18' E	**278**	**9**	Lac d'eau saumâtre en été et douce en hiver
Dahria	36°59' N	7°16' E	**30**	**13**	Lac d'eau saumâtre en été et douce en hiver
Greaat	36°51 'N	7°21' E	**08**	**18**	Lac d'eau douce généralement remplie toute l'année
Sidi Fritis	36°53'975 N,	7°17' 437 E	**45**	**42**	Lac interdunaire alimenté par les eaux souterraines du massif dunaire
Hadj Tahar	36°51'774N	7°15' 957 E	**112**	**32**	Lac d'eau douce généralement remplie toute l'année
Sidi Makhlouf	36°53' N	7°18' E	**11**	**17**	Lac d'eau douce généralement remplie toute l'année
El Guelb	36°53' N	7°18' E	**15**	**/**	Marais en hiver et prairie en Eté
Chychaya	36°53' N	7°17' E	**50**	**17**	Marécage entre les dunes, remplie d'eau douce
Dissia	36°53' N	7°21' E	**02**	**18**	Petits bassins artificiels dans une dépression dunaire
Aïn Nechma	36°48' N	7°16' E	**18**	**14**	prairies humides alimentée par de nombreux ruisselets
Zaouia	36°51'979 N	7°23'587 E	**0.5**	**8**	Lac d'eau douce alimentée par un ruisselet, remplie d'eau en hiver et prairie en Eté.
Messaoussa	36°55' N	7°15' E	**322**	**32**	Lac d'eau douce entièrement boisée en aulne glutineux détruite à moitié existence de sable mouvant

V. LA VULNERABILITE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja est constitué d'une mosaïque d'écosystèmes abritant une biodiversité riche et originale, dont un certain nombre d'espèces reconnues comme menacées ou vulnérables. Par ailleurs, il procure à la population une quantité importante de biens, services et rôles qu'elles jouent dans le contexte des ressources naturelles et du développement socio-économique local.

En raison de cette multiplicité de valeurs et fonctions, le complexe subit des pressions sans cesse croissantes et les activités qui y menés ne sont pas toujours rationnelles, alors que tout déséquilibre entre le type d'utilisation de la zone humide et sa résistance naturelle ne peut que se traduire par une dégradation de ce patrimoine.

1. Menaces et pressions

1.1. Menaces sur l'écosystème lacustre

1.1.1. L'expansion de l'agriculture

Le complexe est une région essentiellement à vocation agricole dont la surface agricole utile représente 47%, allant du maraîchage aux cultures spéculatives qui exigent une forte consommation d'eau d'irrigation. Lorsque l'irrigation est utilisée surtout en été, c'est le plus souvent au dépend des lacs et zones humides sources d'eau facilement accessibles. Plus de 300 hectares, des terres cultivées irrigués à partir des eaux de quelques zones marécageuses du complexe qui produisaient essentiellement des tomates [82%], des pastèques [16%] et 2% de poivrons , soit 1.13 hm ^{3}, d'eau prélevée au mois de juillet 2016.

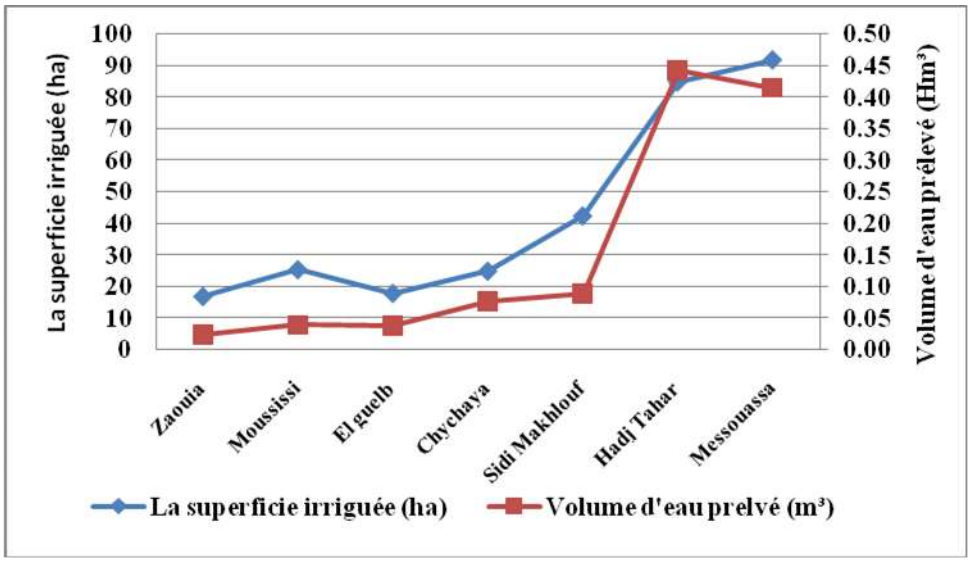


Fig.51. La superficie irriguée ainsi que le volume d'eau prélevé à partir des lacs de Guerbes-Sanhadja [Juillet.2016]

Ainsi que l'utilisation excessive d'engrais et les fertilisants, en effet, 94 % des agriculteurs utilisent les fertilisants azotés [jusqu'à 800 kg/ha de type NPK [15/15] et ces quantités employées n'ont guère diminué, voire ont augmenté [Tab. 36]. L'état actuel d'un nombre des zones marécageuses montre un assèchement [environ 50% sont asséchées en période d'étiage] couplée à une eutrophisation avancée [Fig.52], liée aux rejets d'eaux usées domestiques et agricoles, riches en matière organique.

Tab.36 .Type et quantité des fertilisants utilisées au niveau du complexe de Guerbes-Sanhadja [2016]

Les cultures	La superficie irriguée [ha]	NPK $_S$ [15x3) qx	Urée [46% N] qx	TSP qx
Tomates	2962	29620	5924	-
Maraichères	1580	15800	3160	-
Pastèques	672	6720	1344	-
Pomme de terre	540	5400	1080	-
Céréales	324	-	648	648

Source : DSA Ben Azzouz. 2016

Donc l'agriculture irriguée à des impacts sur l'environnement du complexe [création de chenaux, rectification de cours, création de fossé pour un écoulement rapide de l'eau, engrais, pompages intensifs] avec une diminution de la recharge de la nappe. Ces pressions affectent fortement l'écosystème lacustre [biodiversité, écoulement des eaux, qualité de l'eau……].

Fig.52.Exemples de menaces des activités agricoles portant sur les ressources en eau du complexe de Guerbes-Sanhadja : a): La pollution organique au niveau d'oued el Maboun ;b) : Trace d'eutrophisation au niveau du Garâat Ain Nechma ;c) : Pompage anarchique et intensifs pour l'irrigation Garâat Hadj Tahar ; d) : Assèchement du Garâat Moussissi. [HEDJAL ; 2017]

1.1.2. Problèmes des rejets urbains

A l'instar du réseau d'assainissement, celui-ci ne couvre que les agglomérations de chef lieu et quelque agglomération secondaire. Pour le reste du complexe les rejets des eaux usées se font par des fosses septiques. Ce réseau arrive à satisfaire les besoins de 70 % de la population des agglomérations. Les rejets de ces réseaux s'effectuent en 11 points .Aujourd'hui le complexe connait un grave problème des rejets des eaux usées non traités. Environ 4954 m^3/j d'eaux usées domestiques effectués par les agglomérations rurales le long du cours d'eaux principales sans aucun traitement dans les ruisseaux et les affluents constituent une menace évidente de la qualité chimique des eaux du milieu, rejoignant les marais lors des inondations et atteignent ainsi les unités du complexe des zones humides.

Fig. 53. Les rejets des eaux usées de la région de Zaouia à ciel ouvert [HEDJAL ; 2014]

Tab. 37. Etat de réseau d'assainissement dans les trois communes du complexe de Guerbes -Sanhadja

Communes	Agglomération	Urbaine/ rurale	Population	Taux de raccordement	Linéaire du réseau		Volume des eaux usées m^3/j	Nbre de points de rejet	Lieu de rejets	Milieu récepteur des collecteurs d'assainissement
					primaire	secondaire				
Ben Azzouz	Ben Azzouz	U	5 189	95	6 464	4 533	622.68	3	Oued Kebir	B/décantation
	Zaouia	R	4 468	95	2 914	5 475	536.16	2	Chaabat vers O/ Magroun	B/décantation
	Boumaiza	R	5 505	85	4 291	3 510	660.60	1	Chaabat vers O/ Kebir	B/décantation
	Ain Nechma	R	2 777	96	3 050	2 145	333.24	1	Chaabat vers O/ Maboune	B/décantation
	El Hamma	R	2 577	88	5 287	6 175	309.24	1	Chaabat vers O/ Kebir	B/décantation
	Zone eparce	R	13 074				1 568.88		Chaabat	Chaabat
Total Commune			**33 590**	**86**	**22 006**	**21 838**	**4 030.8**	**8**		
La Marsa	La Marsa	U	3 609.00	90.00	4 373.00	4 377.00	433.08	1	Mer	B/décantation
	Zone eparce		3 297.00				395.64		Chaabat+ oued Enkouche	Chaabat+ oued
Total Commune			**6 906**	**45**	**4 373**	**4 377**	**828.72**	**1**		
Djendel	Guerbes	R	1 492	96	600	3 714	94.92	2	Chaabat vers Mer	B/décantation
Total Commune			**1 492**	**96**	**600**	**3 714**	**94.92**	**2**		
Total			41 988				4 954.4	11.0		

Source : SRE de Ben Azzouz.2017

1.2. Menaces sur l'écosystème dunaire

Malgré l'existence d'une loi consacrée au littoral [Loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral] et qui protège l'écosystème dunaire où les dunes font l'objet d'un classement en zones critiques ou en aires protégées .Cet écosystème demeure menacé

1.2.1. La surexploitation des ressources [Les sablières]

L'exploitation du sable en tant matériau de construction et/ou le manque de surveillance et de contrôle a constitué une autre forme de dégradation, par l'extension des sablières menaçant ainsi le couvert végétal dont le rôle est la fixation du système dunaire.

En creusant les fosses des sablières, les niveaux aquifères de la nappe deviennent plus vulnérables à la pollution. Ces trous béants laissés en l'état permettent l'accumulation de détritus divers surtout qu'ils sont localisés près des habitations. Pouvant servir comme dépotoir, elles constituent une vraie menace supplémentaire pour les eaux souterraines présentent dans les dunes.

Le tableau ci-dessous représente les variations de la quantité du sable exploité durant la période [1995-99].

Tab. 38. La quantité du sable exploité dans le complexe de Guerbes-Sanhadja durant la période [1995-99].

Année	1995	1996	1997	1998	1999	Total
Quantité transporté en (m³)	50 000	-	77 321	83 594	92 000	302 915

Source : district de la forêt de Ben Azzouz.2014

Nous signalons que ces données ont été enregistrées dans une période où le seul exploitant était la commune de Ben Azzouz et sur un seul site. Comment peut-on imaginer alors le risque et les conséquences de la surexploitation du sable avec l'installation de trois sablières dans des sites différents sur le cordon dunaire er de façon illégale et sans aucune limite d'exploitation ?

Fig.54 .Prélèvement illicite de sables à Lakhlalba [commune de Ben Azzouz] [HEDJAL ; 2014]

1.3. Menaces sur l'écosystème forestier

Devant la nécessité impérative de nos jours de préserver les ressources en eau et de contribuer à la protection de la santé publique, de nombreux travaux de recherches et procédés mentionnent le rôle phyto-épurateur des eaux usées et la rétention des produits toxiques par les plantes. Ces procédés montrent que l'utilisateur d'écosystème dans lesquels les végétaux prennent une place prépondérante.

Les formations végétales naturelles des zones humides, tels que celles de Sanhadja sont particulièrement adaptées au rôle d'épuration des eaux usées, malheureusement ces dernières d'années on assiste à la destruction de ce couvert végétal épurateur:

1.3.1. Le défrichement

Le défrichement de milieux boisées se pratique à grande échelle [de l'ordre de 50 ha/an] *[Toubal.O et al.2014]* pour développer des activités agricoles sur des sols certes productifs pendant une ou deux années mais bien rapidement appauvris car insuffisamment structurés [Fig.55 ; Fig. 56].

Fig. 55. Etat par satellite du massif dunaire dans Guerbes- Sanhadja [année 2014][HEDJAL ;2014]

1.3.2. Les incendies

Le facteur de dégradation le plus violent de la forêt est sans contester l'incendie. Elle modifie la composition et la structure de la végétation et empêche la régénération de certaines espèces. Parmi ces derniers, la subéraie est très touchée par les dégradations, pour augmenter les surfaces cultivables sur sols accueillants [Fig.57]. D'après Boudy, 1955 in Raachi .2007 une subéraie pourrait résister au passage de trois feux successifs, suite aux quels, la plupart de

cette formation de chêne liège subit une régression vers l'état de maquis arboré où la densité des arbres diminue. La cause principale étant l'homme, mais devant l'insuffisance des moyens de surveillance et d'interventions, ce problème risque d'échapper au contrôle.

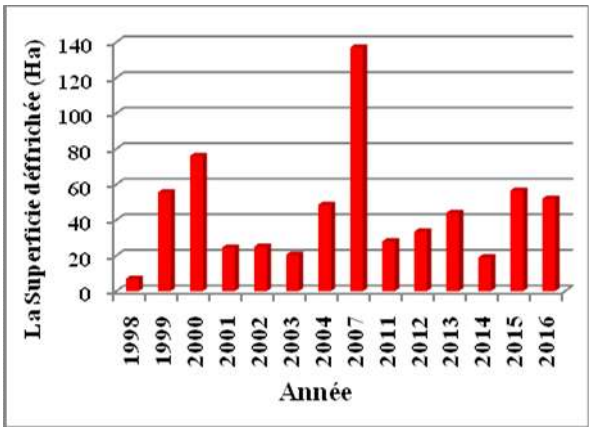


Fig. 56.Les superficies défrichées [1998-2016]
[District de la forêt de Ben Azzouz .2016]

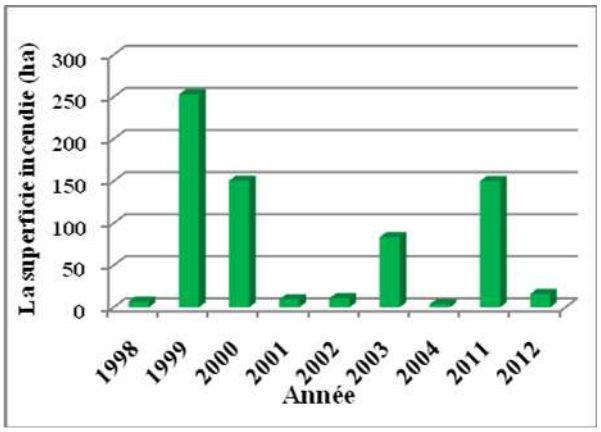


Fig. 57 .Les superficies incendiées [1998-2012]
[District de la forêt de Ben Azzouz .2016]

1.3.3. Le surpâturage

Le surpâturage a lourdement contribué dans le compactage des sols et a eu une double action sur :

- La régénération naturelle de la forêt de chêne liège par le pacage des jeunes plants et des glands. Aussi en présence d'un sol compact, les glands ne peuvent s'enfoncer et germer.
- Le compactage des sols et notamment les sols argileux et marneux, cause leur imperméabilité or une faible infiltration des roches affleurantes indique qu'une grande quantité d'eau ruisselle, par conséquent, une forte quantité de terre peut être emportée. Les sols marneux lorsqu'ils sont secs, restent non érodables, mais dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité à la détachabilité et au ruissellement augmente. *[Raachi. 2007]*.

Pour la réglementation algérienne cette activité est interdite « Le pâturage dans le domaine forestier national est organisé par voie réglementaire. Il est cependant interdit : dans les zones incendiées, dans les aires protégées. *[Article 26 Loi n° 84-12 du 23 juin 1984 portant régime général des fôrets]*. *[Ministère de l'agriculture et du développement rural. Mars .2011]*.

Tous ces facteurs contribuent à la réduction des espaces forestiers dans le territoire du complexe de Guerbes-Sanhadja. Il risque à moyen terme d'entraîner la dévalorisation du patrimoine naturel du complexe. La destruction du couvert végétal entraîne aussi d'autres fléaux tels que la déstabilisation du massif, l'érosion éolienne, la sécheresse….. , qui se répercuteront sur la sédimentation des lacs et leurs disparitions.

Le tableau suivant [Tab.39] récapitule les menaces portant sur le complexe de Guerbes-Sanhadja et les impacts qui en résultent.

Tab. 39 .Les principales menaces portant sur le complexe de Guerbes-Sanhadja et les impacts qui en résultent

Menaces	Lieux	Impacts	Mécanismes et l'effet
L'agriculture	- Massif dunaire ; - Plaine ; - Région des piémonts.	- Eutrophisation des oueds et le chapelet des zones marécageuses; - Abaissement des volumes des eaux des lacs ainsi que les nappes phréatiques.	- Pompage anarchique et intensifs ; - Modification de la qualité des eaux des lacs par lessivage des terrains agricole en période pluvieuse ; - Réduction des capacités des lacs [dépôts solides] .
Les rejets des eaux usées des agglomérations	- Les points d'eaux	- Pollution des cours d'eau et les zones marécageuses.	- Dégradation des qualités des eaux de surfaces et les eaux profondes.
Défrichement	- Massif dunaire ; - La subéraie ; - Cordon littoral.	- Prise de l'érosion ; - Déstructuration des sols ; - Augmentation des ruissellements.	- Lessivage des sols ; - Discontinuité des biotopes ; - Transport solide : Réduction des capacités des lacs et changements de leurs caractéristiques physico-chimiques ; - Modifications des lits des talwegs ; - L'avancée des eaux marines dans l'estuaire ; - La salinisation des eaux de l'aquifère et détérioration de la qualité physico-chimique des eaux.
Sablières	- Massif dunaire	- Destruction de la continuité paysagère ; - Mise en mouvement du sable ; - Destruction du couvert végétal. - Atterissement des zones marécageuses	- Perturbation du milieu pour la faune ; - Avancée des formations dunaires et recouvrements des sols ; - La vulnérabilité des nappes souterraines ; - L'accélération de l'érosion éolienne, entrainant l'ensablent de la zone, y compris les lacs et les dépressions.
Le surpâturage	- Massif dunaire ; - La subéraie ; - La plaine de Sanhadja	- La perte d'écosystème forestier original; - Prise de l'érosion ; - Augmentation	- La vulnérabilité des écosystèmes faunistiques et floristiques ; - La pollution organique des eaux de surface et souterraines par des con

2. La proposition d'un zoning local du complexe de Guerbes-Sanhadja

Ces dernières années le complexe a connu des modifications et des altérations qui ont transformé la physionomie de ses milieux naturels. L'intensification de l'exploitation des ressources hydriques, les incendies de forêts, les défrichements illicites et du pâturage l'ouverture de carrières pour l'extraction des sables ; les aménagements et les interventions sans se soucier de la spécificité de cette aire de protection ont modifié radicalement certains habitats.

- Sur la base également :

De la nécessité de prise en considération des besoins futurs qu'implique l'évolution socioéconomique des différents acteurs qui vivent dans l'aire du complexe et ses zones périphériques immédiats ;

Il a jugé opportun de procéder à l'actualisation et l'application du zonage [en l'application de la loi et en vue d'honorer à l'échelle international, les engagements déjà pris à cet égard par le gouvernement algérien] on opérant selon une approche qui tente de satisfaire dans un cadre d'équilibre harmonieux :

- ✓ Les besoins de protection et de préservation du patrimoine naturel qui abrite de nombreuses espèces animales et végétales ;
- ✓ Les besoins du développement local [Communes, institutions, populations riveraines…..]

Donc, il est fort indiqué de pouvoir disposer d'un zonage local qui tiendra compte des données concrètes du milieu physique et social. La proposition du ce zoning devrait être défini dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources et cela selon la loi N° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 Février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable qui institue notamment par ces articles 5,6, 10,11et 12 une structuration des territoires des aires protégés en trois zones reliées entre elles : zone centrale, zone tampon et zone de transition définies ainsi :

Zone centrale : zone qui recèle des ressources uniques. Seules les activités liées à la recherche scientifique y sont autorisées ;

Zone tampon : zone qui entoure ou jouxte la zone centrale et est utilisée pour des pratiques écologiquement viables, y compris l'éducation environnementale, les loisirs, l'écotourisme et la recherche appliquée et fondamentale. Elle est ouverte au public pour des visites guidées de découverte de la nature ;

Zone de transition : zone qui entoure la zone tampon, elle protège les deux premières zones et sert de lieu à toutes les actions d'écodéveloppement de la zone concernée. Les activités de récréation, de détente, de loisirs et de tourisme y sont autorisées.

La proposition d'un zonage doit impérativement être basée sur une étude menée selon une démarche hiérarchisée incluant :

- ✓ Une phase « ***Diagnostic et état des lieux*** » ;
- ✓ Une phase « ***Commentaires généraux*** » sur l'état général du complexe [forces, faiblesses et contexte juridique, règlementaire et de gestion] ;
- ✓ Une phase « ***Recommandations*** » quant à un nouveau zonage plus en adéquation avec la situation actuelle et future du complexe ;

Une phase « ***Plan de gestion*** » avec propositions d'un programme d'activités à mener sur le court, le moyen et le long terme

Le zonage proposé est donc matérialisée dans la carte ci-dessous [Fig.58]

- Les zones marécageuses et le lit l'Oued El Kébir Ouest et ses affluents sont classés dans la zone centrale ;
- Le massif dunaire de Guerbes, les forêts de Guerbes-Sanhadja [Dem Bagrat, Safia, Kef Fatima] et la plaine alluviale de Sanhadja bénéficient d'un statut de zone tampon, et pourraient jouer un rôle de protection à condition que les agriculteurs et éleveurs, qui occupent la majeure partie par leurs surfaces cultivées ou leurs troupeaux aient conscience que la destruction de leur environnement voue leurs terres à la stérilisation [utilisation intensif d'engrais et pesticides] et leur ôtera progressivement toute source d'alimentation pour leurs bovins [destruction des pelouses et les prairies naturelles] ; Par ailleurs, il ne faut pas non plus que le complexe des zones humides devienne une zone «d'interdiction absolue» à toute les activité socio-économique de développement. Il est nécessaire que ceux-ci évolue et se développe pour devenir des centres d'intérêt d'une gestion rationnelle. Ainsi que la collaboration des riverains dès lors, est impérativement indispensable à la conservation de ce site. Donc toute décision de gestion ou d'aménagement ne peut s'effectuer qu'avec leur participation et implication dans le processus décisionnel.
- Les agglomérations du complexe de Guerbes-Sanhadja sont classées dans la zone de transition.

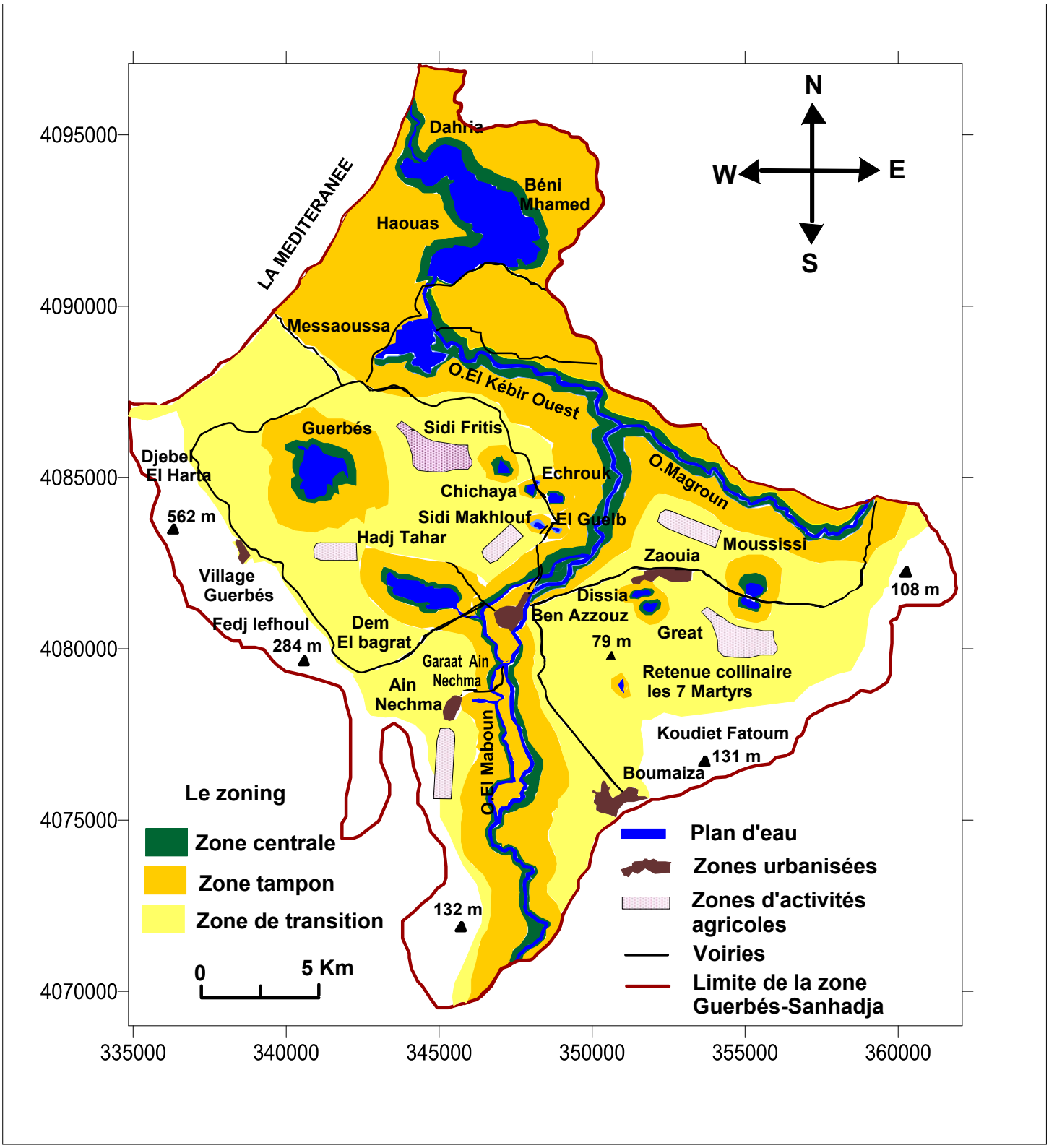


Fig.58. Essai de zonage du complexe de Guerbes-Sanhadja selon la loi N° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 Février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable. [HEDJAL; 2018]

VI. CONCLUSION

La région de Guerbes-Sanhadja est un complexe des zones humides d'importance majeure [classé Site Ramsar 2001 (fiche DGF]] qui est caractérisée par une diversité d'unités écologiques donnant au complexe une originalité dans la rive sud de la méditerranée.

L'originalité du complexe de Guerbes-Sanhadja réside surtout à sa diversité biologique. Une diversité floristique de 234 espèces végétales d'origine biogéographiques diverses représentant 145 taxons directement inféodés au milieu aquatique. Cela représente 14% de la flore du nord de l'Algérie dont 1/3 représente des espèces méditerranéennes, 14,4% des espèces cosmopolites, alors que les euro-méditerranéennes occupent 9,2%. Parmi les 234 espèces recensées, 19 sont rares et 23 rarissimes.

Le complexe de Sanhadja est le site de nidification de deux espèces très rares, l'Erismature à tête blanche et le fuligule nyroca, de nombreuses autres espèces dont les principales sont :

- Le peuplement mammalien compte 13 espèces de mammifères dont 4 Chiroptères, une endémique au Maghreb et la Loutre [Lutra luta] qui est un carnivore très rare dans notre pays.
- L'avifaune est composée de 186 espèces réparties dans 40 familles :
  27 familles de non Passériformes ;
  13 familles de Passériformes.
- L'herpetofaune compte 12 espèces de reptiles et 6 espèces d'amphibiens.

Néanmoins ce patrimoine naturel se trouve sérieusement menacé par différentes activités telles que le pompage intensif à partir des zones marécageuses en période d'étiage, le défrichement illicite à des fins d'activités agricoles, les incendies, l'exploitation des sables de carrière dynamique, éolienne et l'ensablement compromettent l'avenir du complexe des zones humides, ses écosystèmes et sa durabilité.

Pour préserver cette originalité, nous avons proposé un zonage local dans le cadre de la nouvelle loi N° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 Février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable qui divise le complexe en trois zones [centrale, tampon et transitoire], et dans la réalité, ce zonage est appliqué de façon très diverse en fonction des conditions géographiques, du contexte socio-culturel, des mesures de protection réglementaires et des contraintes locales. A noter que le complexe est déjà habité.

PARTIE II

ESSAI DE GESTION INTEGREE PARTICIPATIVE DU COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

- **CHAPITRE 5: RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINE 99**
- **CHAPITRE 6: QUALITE DES EAUX DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 117**
- **CHAPITRE 7: APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA 153**
- **CHAPITRE 8: ESSAI DE GESTION PARTICIPATIVE DES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA 171**
- **CHAPITRE 9: PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DURABLE ET D'AMENAGEMENT DES EAUX DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA 216**

CHAPITRE 5 :

RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINE

CHAPITRE 5

RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINE

I. RESSOURCES EN EAU DE SURFACE

1. Le bassin versant de l'oued El - Kébir Ouest

Le bassin versant de l'oued Kebir Ouest compte parmi les trois bassins versants côtiers du Constantinois centre, situé en rive Sud-Est de la wilaya de Skikda, limité entre la latitude 36°30 et 37°05 Nord et la longitude 7° et 7°38 Est. Cet ensemble couvre une surface de 1619 Km^2. Le bassin versant de l'oued Kebir Ouest est divisé en deux sous- bassins principaux : Oued El-Kébir Ouest/ Hammam et oued El-Kébir Ouest/Magroun.

1.1. Le bassin versant d'oued El-Kébir Ouest / Hammam est formé à la confluence des deux cours d'eau Hammam et Emchekel. Ce bassin s'étend sur une superficie totale environ 1130 Km^2 en amont de celui du Kébir Ouest Magroun. Le bassin versant de l'Oued l'Hammam couvrant une superficie de prés de 523 Km^2 est contrôlé par le barrage Zit Emba. Il constitue la source principale d'alimentation du barrage. Il prend sa source au versant Nord de l'Atlas Tellien et suit le pli anticlinal de l'étendue sublatérale. Ces principaux affluents : Oued Messilga dans la partie Sud- Est, Oued Mougger dans la partie Ouest et Oued Roknia dans la partie Sud. Le bassin versant de l'Oued Emchekel constitue un sous bassin versant du Kébir Ouest en amont de dernier. Il draine une superficie de l'ordre de 606 Km^2 dont les principaux affluents sont ; Oued Fendek et Oued Hamamine dans la partie Sud-Ouest et Oued Zeer.

1.2. Le bassin versant d'oued El-Kébir Ouest/Magroun représente l'aval du grand bassin versant de l'oued El-Kébir Ouest où situe le complexe de Sanhadja. Il est à l'origine de la confluence des oueds ; oued Magroun, oued El Aneb et oued Enkouche dans la partie Nord et Oued El Maboun dans la partie Ouest. Ce bassin est situé dans l'ensemble physiographique de collines et de plaines, dont l'altitude ne dépasse pas les 50 mètres, occupant environ 71% du bassin et caractérisé par des pentes relativement faibles.

2. Le potentiel hydrique superficiel

2.1. Les Oueds

L'Oued El -Kébir Ouest est le cours d'eau principal de longueur totale d'environ 43Km, sa largeur varie entre 20 et 50 mètres, tandis que ses principaux affluents [Oued El Maboun, Oued Magroun et Oued Enkouche] s'étirent sur des parcours de 08 à 13 km. Il prend source

au Sud dans les monts de Djebel Boutellis sur les hauteurs sud d'Azzaba. A la confluence des oueds Emchekel et l'Hammam, l'oued perd sa pente en traversant les dunes de Guerbes pour enfin rejoindre la mer méditerranée à travers la zone marécageuse de Sanhadja**.** L'apport annuel de la lame d'eau est estimé à environ 282 millions de mètres cube.

Tab. 40. Les caractéristiques du cours d'eau d'oued El-Kébir Ouest

Principal Oued	Longueur du cours [Km]	Apport annuel [Hm^3/an]
Oued El-Kébir Ouest	43	282

Source : D R E de Skikda 2013

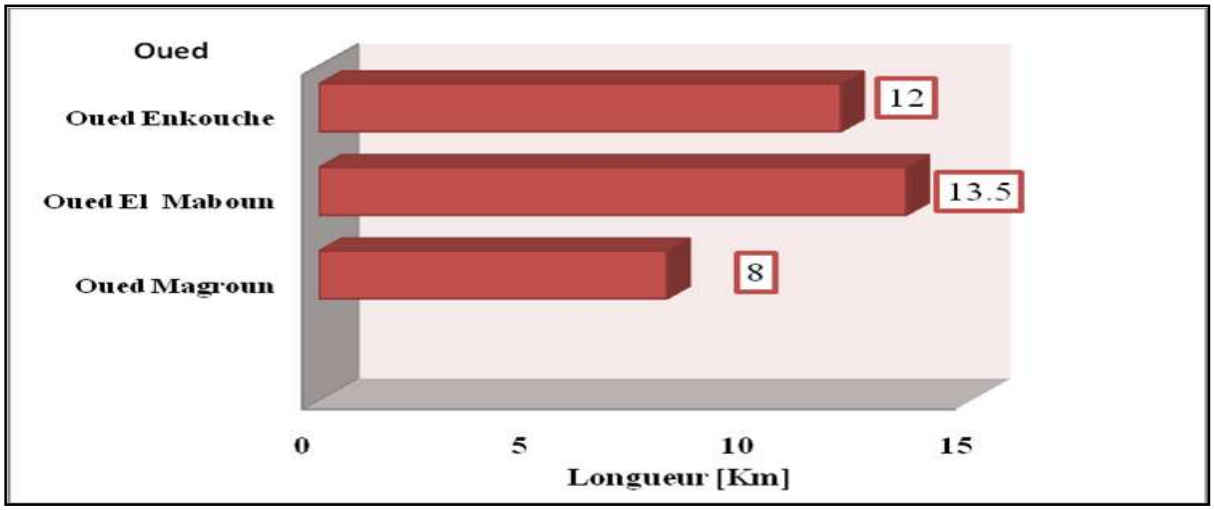


Fig.59. Les principaux affluents de l'oued El Kébir Ouest dans le complexe de Guerbes- Sanhadja

2.2. Barrage de Zit Emba

Le complexe de Sanhadja ne dispose que d'un seul ouvrage hydraulique, implanté dans la commune de Bekkouche Lakhdar [Daïra Ben Azzouz] de coordonnées x : 911.600 m , Y :386,775 m, Z : 58 m, le Barrage de Zit Emba est un ouvrage de grande importance, d'une capacité totale initiale de 120 Hm^3, actuellement elle n'est que de 116.59 Hm^3 [l'envasement de l'ouvrage], il couvre les besoins en eau potable de la région d'Azzaba et assure l'irrigation du périmètre de Zit Emba [7000 Ha] dans la plaine de Ben Azzouz. Son volume régularisable est de l'ordre de 45 millions de mètres cube [Tab.41].

Tab. 41. Caractéristiques du barrage de Zit Emba dans la commune de Bekkouche Lakhdar Daïra Ben Azzouz, wilaya de Skikda

Barrage	Les coordonnées			capacité totale initiale [Hm^3]	Destination	Le volume régularisé annuellement [Hm^3/an]
	X	Y	Z			
Zit Emba	911.600	386.775	58	120	AEP, IRR	45

Source : BENRABAH. S. 2013

La superficie du bassin versant du barrage est de 485 km², de forme compacte triangulaire, la majeure partie de la surface du bassin [68%] est située entre 600 à 200 mètres d'altitude, la hauteur moyenne du bassin est de 376 mètres.

Pour une capacité de 116,59 Mm^3/an, l'évaporation au niveau du barrage est estimée à prés de 10,56 Hm^3/an [station de Zit Emba] et des fuites de 0,36 Hm^3/an *[Benrabah. S. 2013]*.

2.3. Les retenues collinaires

Les retenues collinaires dans le complexe de Sanhadja ; sont destinées essentiellement à l'irrigation des moyens et petits périmètres et l'abreuvage de cheptels, elles sont nombreuses, mais seulement trois grandes retenues au niveau de la commune de Ben Azzouz dont la capacité totale est de 470 000 m^3/an pour un volume exploitable de 220 000 m^3, Les surfaces irriguées sont environ de 95 ha, la retenue de Bouchaala II souffre d'un envasement important. Au niveau de la commune de la Marsa, la capacité des retenues sont faible ainsi que le volume exploité par rapport à celle de Ben Azzouz. [Tab.29]

Tab.42. Les différentes retenues collinaires dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Commune	Dénomination	Coordonnées		Capacité [m^3]	Volume exploité [m^3]	Surface irriguée [ha]	Etat de l'ouvrage
		X	Y				
Ben Azzouz	Bouchaala I	909.000	401.000	100 000	50 000	15	Evacuateur de crue érodé Digue griffe d'érosion
	Bouchaala II	909.350	401.450	100 000	70 000	20	Envasement important
	Sept Martyrs	913.420	403.000	270 000	100 000	60	Bon état
La Marsa	La Marsa	/	/	13 000	10 000	60	/

Source : D R E de Skikda. 2017

2.4. Les Bassins d'accumulations

Ces ouvrages sont destinés à l'irrigation sauf Ben Azzouz et Guerbes qui utilisent ce type de réservoir.

Tab.43. Les différents Bassins d'accumulations dans le complexe de Guerbes-Sanhadja

Commune	Dénomination	Nombre d'ouvrages	Capacité [m^3]	Volume exploité [m^3]	Surface irriguée [ha]	Etat de l'ouvrage
Guerbes	Guerbes	03	300	/	20	Bon état
Ben Azzouz	Ben Azzouz	118	8092139	/	/	/

Source : L'hydraulique Agricole d'Azzaba, Ben Azzouz 2017

2.5. Les marécages du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Les zones humides de Guerbes-Sanhadja présentent un potentiel hydrologique considérable qui est à l'origine de la formation des zones humides d'importance internationale, ces zones marécageuses mobilisant un volume de l'ordre de 19 $Hm^{3.}$ Cette disponibilité d'eau a provoqué depuis quelques décennies, une convoitise pour une agriculture intensive qui s'est développée dans la région y compris sur des aires dunaires défrichées.

Tab.44.Le volume d'eau mobilisé et exploité à partir des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja

	Capacité [hm^3]	Volume exploité [hm^3]
Les zones marécageuses	19.40	8.21

Source : HEDJAL.S. 2017

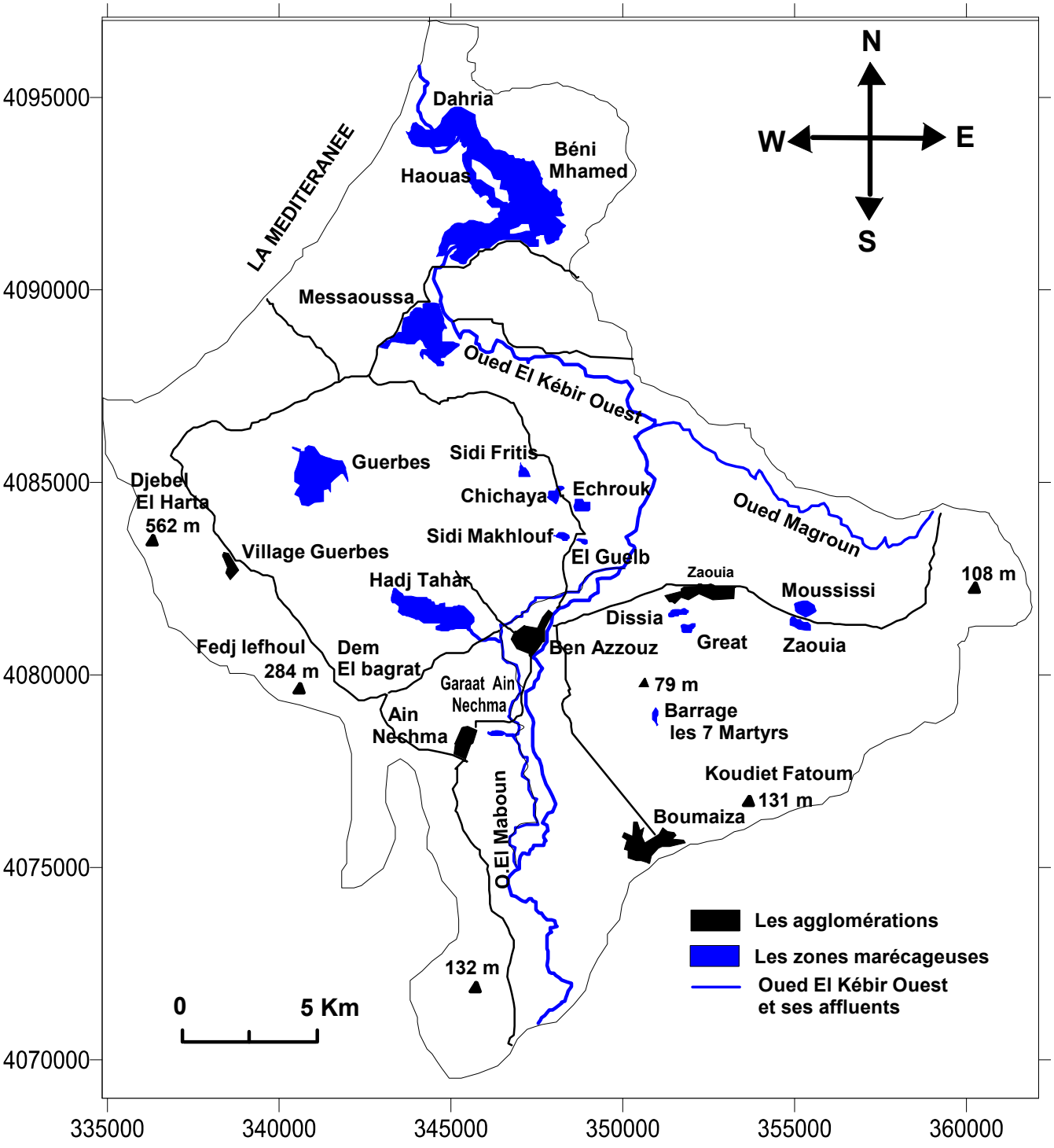


Fig. 60. Le réseau hydrographique du complexe des zones humides de Guerbes -Sanhadja
[HEDJAL et al. 2017. b]

II. RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES

1. Identification des systèmes aquifères

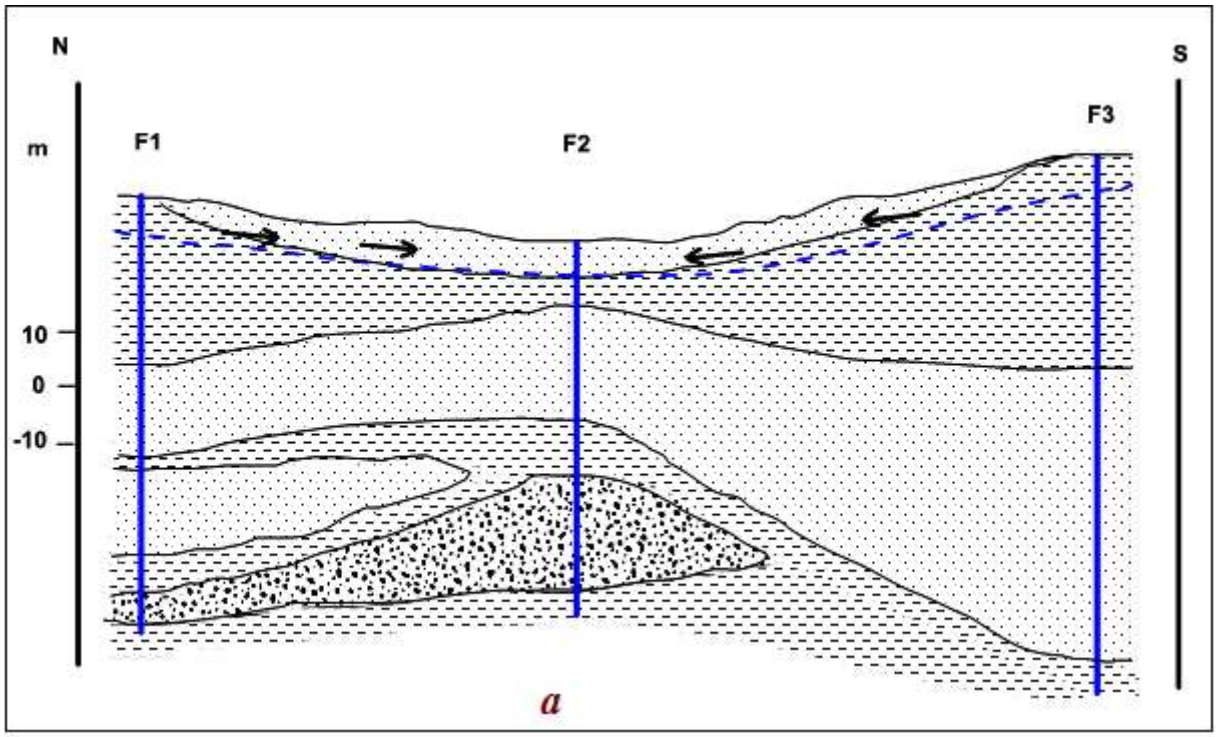
Les formations alluviales et dunaires dans le complexe constituent certainement un des meilleurs aquifères, dont lequel il est possible d'extraire d'importantes quantités d'eau pour les besoins des populations sans pour autant oublier le potentiel en sources d'eau douces percolant à travers les sables ou les formations graveleuses à base argileuse. Là comme ailleurs, pour une meilleure maîtrise de la ressource en eau souterraine dans l'espace étudié, il est nécessaire d'identifier la géométrie des différents systèmes aquifères rencontrés, le type et la nature des nappes aquifères, ainsi que l'évolution latérale de la nappe, à partir des profils hydrogéologiques schématiques, dont les informations sont issues des données de forages.

1.1. Interprétation des profils hydrogéologiques schématiques

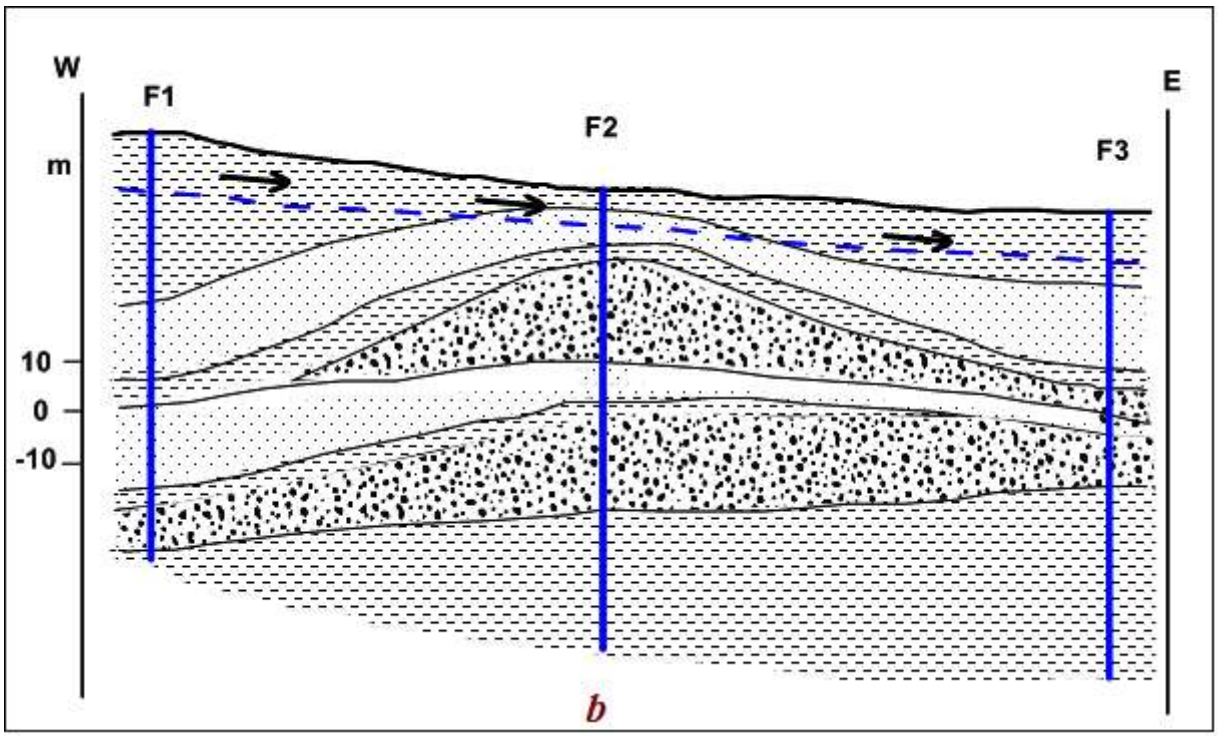
Les forages exécutés dans la zone ont traversés une alternance de sable, graviers et galets avant de percer dans le substratum d'un faciès argile numidien .

L'examen de ces profils [Fig.36] relève l'existence de deux nappes superposées distinctes, l'une est libre localisée au niveau des formations sableuses ,surmontant une nappe profonde contenue dans les alluvions séparées par une couche semi perméable à certains endroit .

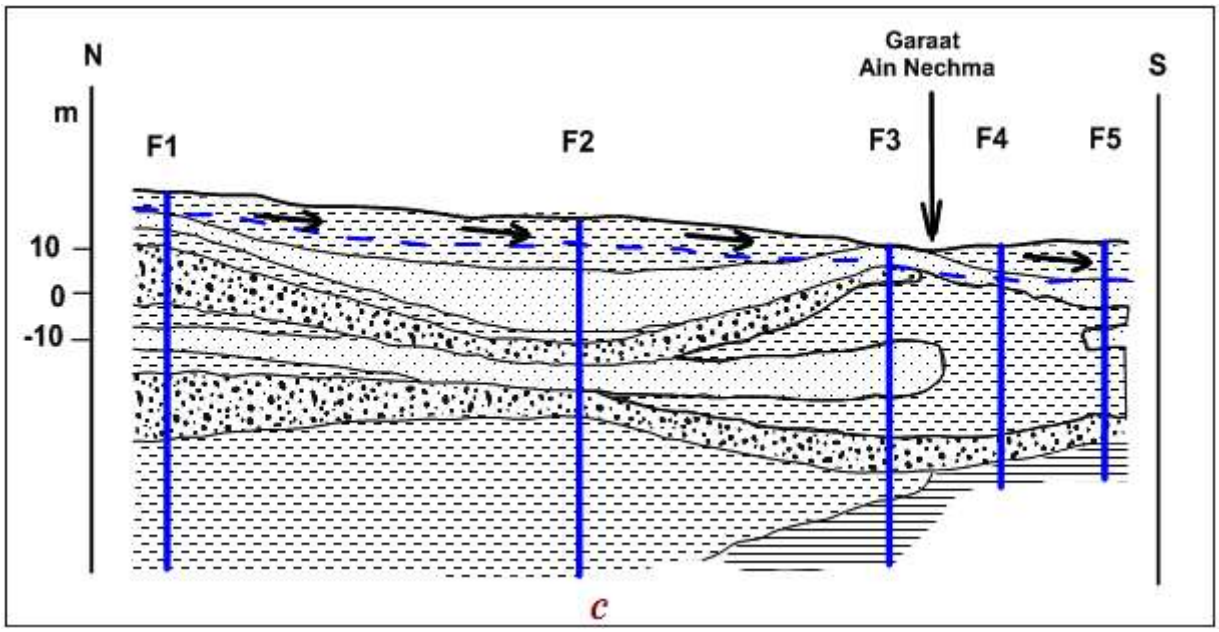
- La nappe libre apparaisse au massif dunaire s'étend du Sud au Nord [Fig.36a] et vers l'Est] [Fig.36d] avec un substratum argileux et un toit sableux à sableux argileux ; ayant une épaisseur de 5 mètres et devienne captive sous un toit imperméable d'argile vers le Nord [profil NS] [Fig.36c] et d'argile et de marne vers l'Ouest [profil EW] [Fig.36d] .A quelques endroits, on remarque l'absence de la couche étanche [qui forme le substratum] où la nappe superficielle et la nappe profonde se confondent [profil WE] [Fig.36b] .
- La nappe captive est formée d'un mélange de sables, graviers et galets de nature alluvionnaire, les profils hydrogéologiques indiquent une croissance des épaisseurs de la nappe du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est [Fig.36], donc plus épais dans la zone Nord-Est où elle remonte en surface, son épaisseur varie de 10 mètres au sud , elle peut aller jusqu'à 35 mètres au Nord
- L'ensemble du système repose sur un substratum constitué par des formations numidiennes caractérisées par une alternance d'argiles et de marne. Depuis le centre de la plaine jusqu'au Sud à Ben Azzouz, les faciès argileux prédominent.



a



b



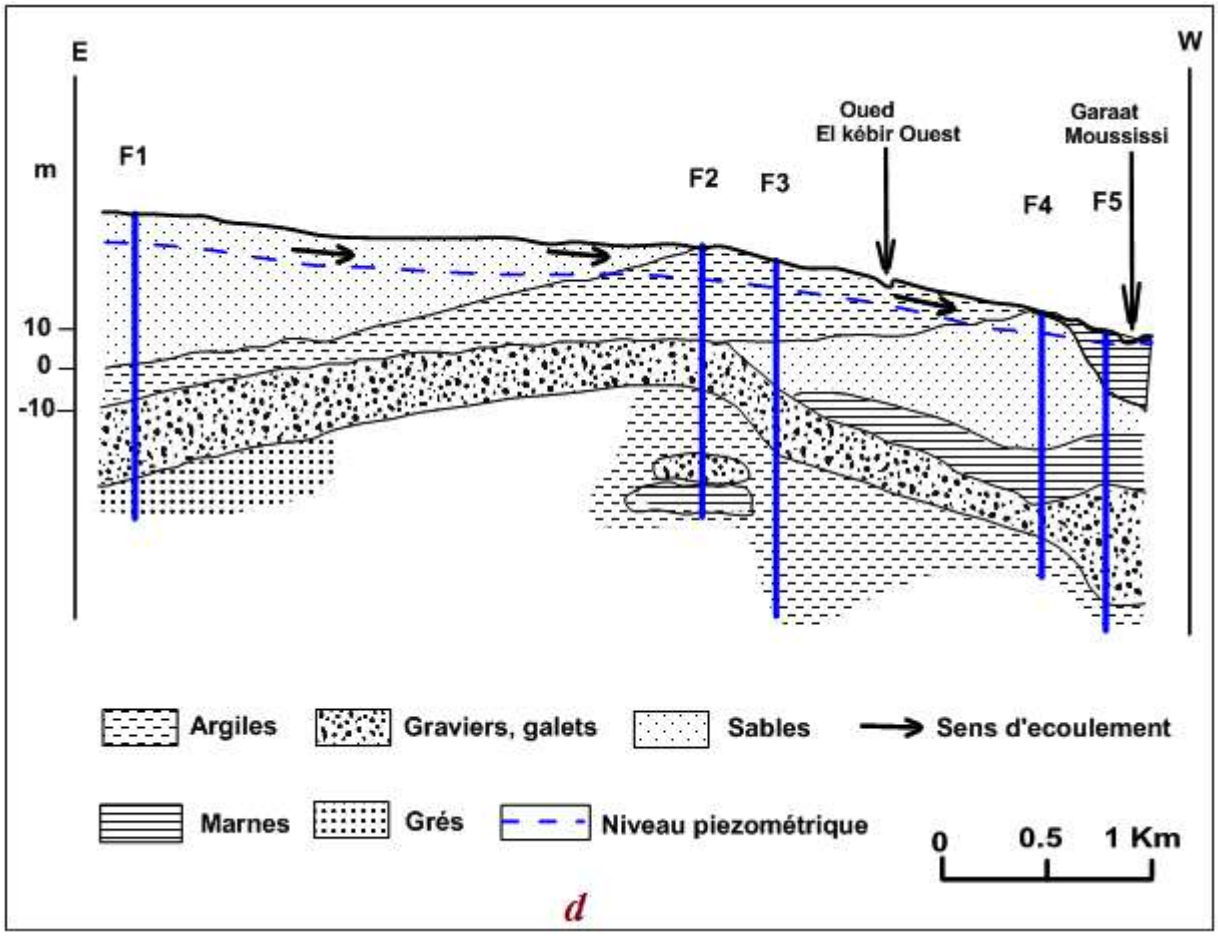


Fig.61. Profils hydrogéologiques schématiques à travers le complexe des zones humides de Guerbes -Sanhadja

2. Le potentiel hydrique souterrain

Les nappes souterraines constituent l'une des principales richesses naturelles du complexe de Sanhadja et sont captées par plusieurs ouvrages [puits et forages]. Elles sont utilisées pour l'irrigation des parcelles agricoles individuelles ou collectives, dans l'alimentation humaine et animale et dans les unités industrielles [usines des matériaux de constructions exemple le ciment et d'autres usines à vocation agroalimentaire telle que les conserveries de tomate très répandues dans la région].

Vu les intensités des activités industrielles et agronomiques dans la région, on a constaté une exploitation importante des horizons profonds de la nappe ceci est expliqué par le nombre très élevé des ouvrages de captage d'eau [forage] ; ces ouvrages sont répartis selon les besoins des usagers ce qui explique la différence du débit d'exploitation d'une zone à l'autre. La nappe superficielle dans la plaine alluviale et à la périphérie du massif dunaire est exploitée par le biais des puits.

Les réserves souterraines dans le complexe des zones humides proviennent directement de la nappe de l'oued El-kebir Ouest, cette dernière se localise entre les deux sous bassins versant : Oued El-Kebir Hammam et Oued El-Kebir-Magroun.

2.1. Les forages

La majorité du potentiel hydrique souterrain est extraite par pompage à partir d'une batterie de forages implantée surtout dans la plaine alluviale de Sanhadja et à l'entour du massif dunaire de Guerbes-Sanhadja.

Donc, selon la Direction des ressources en eau de Skikda et les services techniques des communes concernées, on dénombre prés de 125 forages en service d'état différent, dont quatre forages sont abandonnés pour raison de colmatage ou du rendement très faible et six forges au cours de réalisation. Ces forages repartis sur toute la surface de la zone d'étude, dont la distribution suivant par secteur

- Pour l'alimentation en eau potable, le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja utilise prés de 16 ouvrages pour un débit maximal de 182 l/s dont 134 l/s sont exploité est distribuer pour ce secteur ;
- Pour l'alimentation en eau agricole [AEA] sont affectés 91ouvrages ;
- Les unités industrielles sont variées dans la région d'étude et leurs sont attribuer seulement 08 ouvrages ;

Le tableau ci-dessous [Tab.45] récapitule le nombre de forages ainsi que le volume exploité destiné aux différents secteurs ;

Tab. 45 .Ressources en eau souterraine [l/s] destinées aux différents usages quotidiens dans le complexe des zones humides de Guerbes -Sanhadja

Communes	Alimentation en eau potable		Alimentation en eau industriel		Alimentation en eau agricole	
	Nombre de forages	Volume exploités [l/s]	Nombre de forages	Volume exploités [l/s]	Nombre de forages	Volume exploités [l/s]
Ben Azzouz	10	109	08	44	88	544.15
La Marsa	05	21	-	-	02	18
Guerbes	01	4	-	-	01	1.20
Total	16	134	08	44	91	563.35

La commune la plus dotée en ouvrages hydrauliques captant l'eau souterraine des différentes nappes de la région est celle de Ben Azzouz pour un total de 106 ouvrages, le débit maximum est de l'ordre de 15 l/s dont le débit moyen exploité est de 10 l/s.

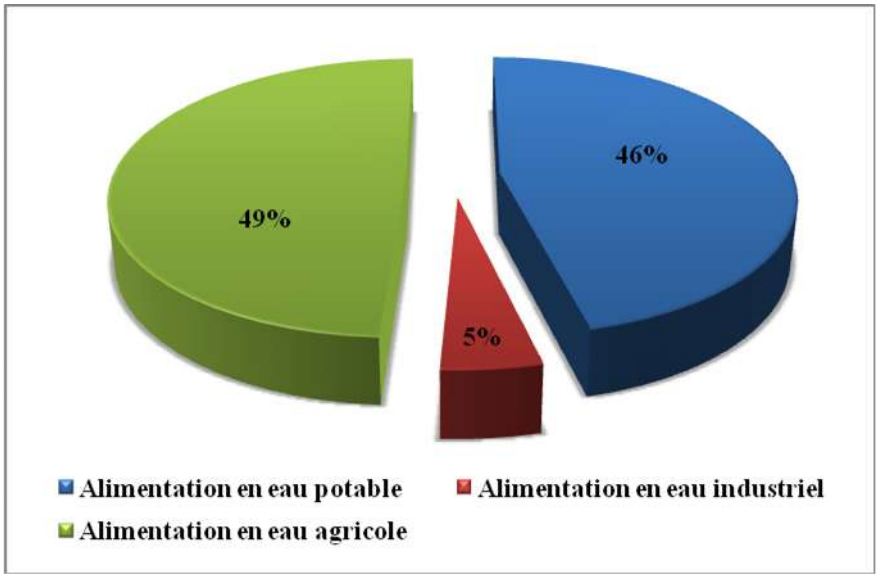


Fig. 62. Répartition le volume d'eau souterraine exploitée selon les principaux types d'usages dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

2.2. Les puits

D'après la Direction des ressources en eau de la wilaya de Skikda et la direction générale de l'agriculture de Skikda, 150 puits sont implantés à travers la superficie de la zone d'étude captant la nappe libre, destinés à l'alimentation en eau potable et divers utilisations [animale, bétail, l'irrigation des terres cultivées …] partagées entre les puits individuels et d'autre collectifs, dont les profondeurs varient entre 3 à 5 m et une capacité moyenne de 5 m^3 .Ces puits contribués un volume annuel environ 0.237 Hm^3 .

2.3. Les sources

D'après la Direction des ressources en eau de la wilaya de Skikda [2017], existe des sources ne sont pas captés dont le débit varie de 1 à 2 l/s.

Le tableau suivant [Tab.46] récapitule le volume exploité des ressources souterraines dans le complexe des zones humides de Sanhadja.

Tab. 46. Le volume annuel exploité des ressources en eau souterraines dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Ouvrage	Nombre d'ouvrage	Volume exploité [Hm^3/an]
Puits	150	0.237
Forage	121	15.15
sources	/	/
Total	**271**	**15.38**

III. LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU DANS GUERBES-SANHADJA

Le complexe reçoit des hauteurs de pluie moyennes annuelles de l'ordre de 744 mm, traduisant ainsi un apport total globalement très important de l'ordre de 312 hm^3/an. Les ressources en eaux renouvelables constituent un apport de 121 hm^3/an soit 39% de cet apport. Ce potentiel hydrique considérable, malheureusement, se trouve confronté à d'importants problèmes de gestion de la maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place, réduisant le volume de mobilisation à prés de 57 hm^3/an dans le complexe [Hedjal et al; 2017 .b] .

Globalement, les ressources en eau mobilisées dans le complexe sont évaluées à prés de 30.46 hm^3/an, soit environ 53 % des ressources en eau mobilisables. Les eaux souterraines, dont le volume est estimé à 15 hm^3 /an, sont mobilisées à hauteur de 51 %. Cependant, le volume exploité pour les eaux de surface est de l'ordre de 14 hm^3/an, avec un taux de 50 % qui est réellement mobilisé.

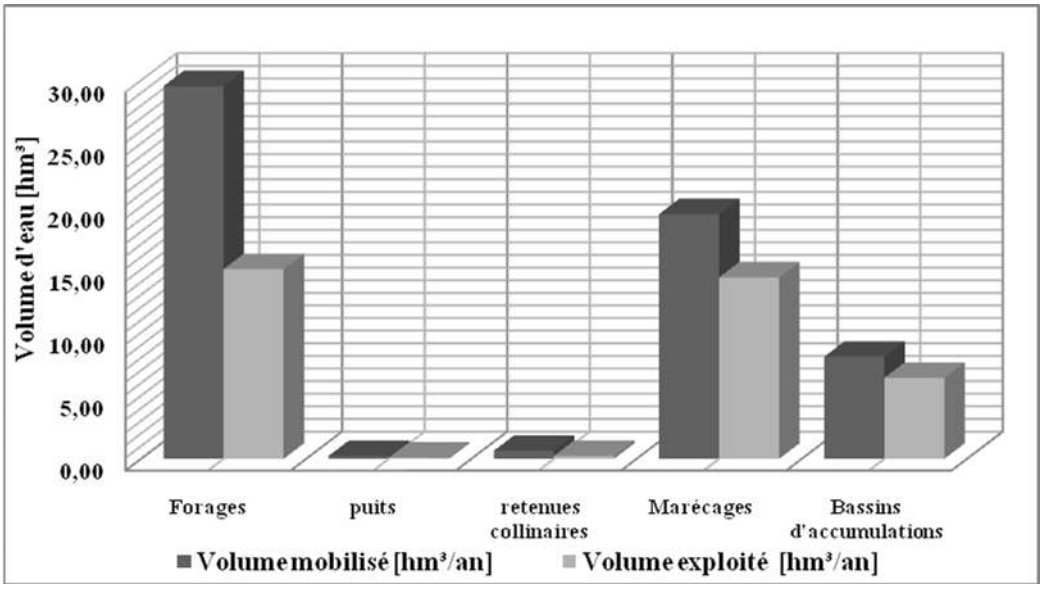


Fig.63. Le volume d'eau mobilisé et celui prélevé dans le complexe de Guerbes-Sanhadja

1. La mobilisation des eaux de surface

Les ressources en eau de surface qui est mobilisé par les différentes infrastructures dans le complexe de Guerbes-Sanhadja sont estimées à prés de 28,14 Hm^3/an**,** dont les zones marécageuses représentent un volume de 19 Hm^3, soit 68% de la totalité des ressources mobilisées *[Hedjal et al .2016.b]*.

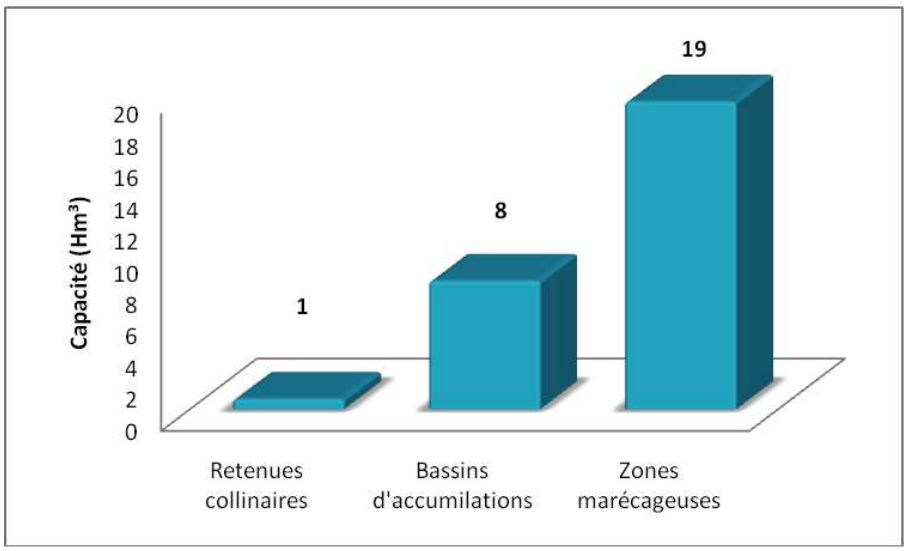


Fig. 64 . Le potentiel hydrique des eaux de surface dans le complexe de Guerbes Sanhadja

Le volume d'eau de surface prélevé est de l'ordre de 14 Hm^3/an [Année 2016], dont 55% proviendraient des zones marécageuses qu'il faut maintenir un certain niveau de survie d'écosystème surtout en période d'étiage réserves renouvelables en absence de précipitations [été sous climat méditerranéen].

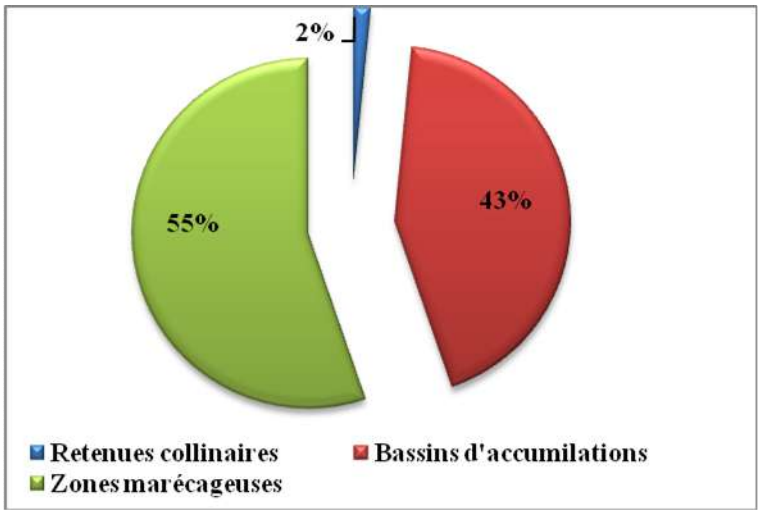


Fig.65. Volume d'eau de surface prélevé dans le complexe de Guerbes- Sanhadja

2. La mobilisation des eaux souterraines

En matière de mobilisation, les eaux souterraines sont estimées à 29,29 Hm^3 par an, mais seulement 15.03 Hm^3 sont exploitées, soit un taux de 51 % des eaux souterraines mobilisables.

Tab. 47 .Répartition des ressources en eaux souterraines mobilisées et exploitées dans Guerbes-Sanhadja

	Forage	Puits
Volume mobilisé [Hm^3]	29.55	0.237
Volume exploité [Hm^3]	15.03	0.1

IV. L'AFFECTATION DES RESSOURCES EN EAU DANS GUERBES-SANHADJA

1. L'alimentation en eau potable des agglomérations

Dans le complexe de Guerbes-Sanhadja, l'alimentation en eau potable est essentiellement d'origine souterraine, 16 forages sont destinés à cet usage [Tab.48].

Tab. 48. Répartition par Commune les forges destinées à l'AEP dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Communes	Non du forage	Prof [m]	Débit max [l/s]	Débit Exp [l/s]	Affectation par agglomération	Moyen de Stockage	
						Nb	Capacité [m3]
Ben Azzouz	Dem-el Bagrat	150	25	16	Ben Azzouz	2	400
	Boumaiza 1	80	15	10	Boumaiza	2	1000
	Hjer-soud	80	25	18	Frayj-Boumaiza		
	Ain Nechma	130	12	07	Ain Nechma-Toraycha	1	500
	Ain Nechma Bis	140	18	15	Ain Nechma-Toraycha		
	Ain Chaiba	70	15	10	El Hamma	1	500
	El Hamma	30	18	15	El Hamma		
	Zaouia	62.5	06	3	Zaouia	1	300
	Emjez Stah	70	04	03	Emjez Stah	1	250
	Emjez Stah Bis	70	14	12	Ben Azzouz		
La Marsa	R'emaila 01	30	4	2	La plage	5	2400
	R'emaila 02	76	08	05	La Marsa centre		
	R'emaila 03	45	06	05	La Marsa centre		
	Sidi Merzougue	45	07	06	Sidi Merzougue	1	500
	Mechtat Lazrague	100	06	03	Mechtat Lazrague	1	500
Djendel	Guerbes		4	4	Guerbes	1	500
Total		/	261	139	/	16	6850

Source : SRE Ben Azzouz .2017

Le complexe des zones humide de Sanhadja compte environ 37 067 habitants selon le recensement de 1998, et de 41 996 habitants suivant l'estimation 2017. Ces agglomérations ont un linéaire total de réseaux de distribution de plus de 71 km, et disposent d'un potentiel de stockage de 7650 m^3. La situation actuelle et l'état général des équipements hydrauliques se résument dans le Tab.49.

Les dotations en eau présentées par habitant dans le complexe de Sanhadja sont supérieures à la moyenne nationale [150 l/j/hab], mais elles sont très inégales suivant les agglomérations. Cependant, pour la partie Nord, elle est de l'ordre de 116 l/j/hab et, elles n'atteignent pas les [40 l/j/hab] dans la partie Est du complexe, ou cette hétérogénéité, dépend le nombre d'habitants ainsi que le nombre des sources destinées pour chaque agglomération.

En ce qui concerne les zones éparses, qui s'alimentent de manière traditionnelle par l'utilisation des puits individuels ou collectifs. Mais ceci n'empêche pas que pour certaines zones, le problème d'approvisionnement sera dans un avenir proche résolue, soit par des forages qui ne sont pas actuellement exploités [le cas de la zone éparse de Lamraydia et Lakhlalba] pour des raisons d'énergie ou bien à partir des adductions d'A.E.P des agglomérations secondaires cas de Boumaiza et Aouadi Mabrouk [Projets en cours de réalisation].

Tab. 49 .Caractéristique des réseaux d'A.E.P dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

COMMUNE	Volume Produit [hm³/an]	Dotation [L/j/hab]				Vol réel délivré [hm³/an]	Taux de raccordement [%]	Longueur du réseau [Km]			Taux de perte sur réseau [%]		Nbr de branchements en AEP
		théorique	réelle	Urbaine	Rural			Adduction	Distribution	TOTAL	Adduction	Distribution	
Ben Azzouz													
Ben Azzouz centre	0.883	150	171	202	140	0.618	80	7.74	7.424	15.164	40	20	1046
Boumaiza	0.946	150	117	134	100	0.252	90	3.247	7.053	10.3	10	20	940
Ain Nechma	0.694	150	210	240	180	0.450	90	2.42	5.175	7.595	10	10	467
El Hamma	0.946	150	915	870	960	0.568	70	2.431	10.823	13.254	40	30	802
Zaouïa	0.095	150	37	37	37	0.066	60	0.15	4	4.15	20	40	1115
Medjez Stah	0.347	150	151	151	151	0.075	90	0.15	2.893	3.043	20	20	465
La Marsa													
La Marsa centre	0.347	150	116	132	100	0.277	80	15.6	21.774	37.374	30	30	2023
Sidi Merzoug	0.158	150	972	972	972	0.126	80	1.61	5.415	7.025	20	20	120
Lazrague	0.186	150	1016.8	1016.8	1016.8	0.148	90	1.1	5.61	6.71	20	20	170
Djendel													
Guerbes	0.002					0.0015	100	7.773	12.807	20.58			
Total	4.35					2.58							

Commune de Ben Azzouz	Population	Production [m³/j]	Besoins [m³/j]	Dotations L/j/hab	Adduction [Km]	Distribution [Km]	Déficits et surplus
Laftaimat	1108	Piquage refoulement DN 400 **604.8**	166,2	436	0.300	2.8	/
Frayj	1350	Piquage refoulement DN 200 **532,6**	202,5	276	0.450	3.2	/
Dem Bagrat	1420	Piquage refoulement **172,8**	213	121	2.400	2.3	40,2

Source : SRE Ben Azzouz .2017

2. L'alimentation en eau agricole

Le complexe est une région essentiellement à vocation agricole dont la surface agricole utile représente 47,5% ; bien que ce secteur soit l'un des plus gros pourvoyeurs d'emplois dans le complexe de Sanhadja environ 67% du total de la main d'œuvre. Les cultures industrielles restent cependant dominantes, devant les cultures maraichères, céréalières et fourragères qui exigent une forte consommation d'eau d'irrigation.

La variété des sources d'approvisionnement et le calcul théorique des besoins en eau pour l'agriculture rendent difficile l'évaluation du taux de satisfaction de cet usage par rapport aux ressources disponibles en eau .A Sanhadja, les agriculteurs utilisent la petite et moyenne hydraulique [forages, puits, retenues collinaires …] où le volume d'eau annuel destiné à l'irrigation est de l'ordre de 21Hm^3, dont 35% d'origine eau souterraine irrigant une superficie de 10265 hectares.

Tab. 50. Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans Guerbes-Sanhadja

Communes	Superficie irriguées en [ha] à partir de :				
	Forages	Puits	Retenues collinaires	Marécages	Prise au fil de l'eau
Ben Azzouz	290	617	840	2095	2691
La Marsa	56	134	/	225	869
Guerbes	84	686	3.5	510.5	172

Superficie irriguées en [ha] par systèmes d'irrigations :			
Communes	Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte
Ben Azzouz	5695	1503	69
La Marsa	959	325	/
Guerbes	1285	343	86

Superficie irriguées en [ha] par types de culture				
Communes	Maraichages	Arboriculture	Grandes culture fourrages	Cultures industrielles
Ben Azzouz	2235	332	350	4350
La Marsa	475	29	130	650
Guerbes	563	168	150	833

Source : DSA de Skikda .2015

Selon le tableau ci-dessus on remarque que la contribution des zones marécageuses est importante où la surface irriguée est de l'ordre de 2830.50 Ha. Ce soutirage d'eau d'irrigation

à partir de ces zones humides protégées dont l'importance ne fait que croître constitue un enjeu majeur.

3. L'alimentation en eau industrielle

Dans le complexe de Sanhadja on trouve les industries agro-alimentaires ainsi que les industries de matériaux de construction très développées localement dont l'usine de Hadjar soud. Cette cimenterie qui exploite les calcaires du Djebel Safia.

Ces industries sont de faibles consommatrices d'eau à l'échelle du complexe des zones humides, elles utilisent les eaux souterraines pour mener à bien leurs activités.

Les prélèvements d'eau effectués par les industries dans Guerbes-Sanhadja peu documentés. Toutefois, les données disponibles à cet égard indiquent, pour l'année 2017, une dotation moyenne journalière totale de 8209.6 m^3, est distribuée pour le secteur de l'industrie, pour un total de 08 forages.

Tab. 51. Les principales unités industrielles et leurs besoins en eau [m^3/j] dans Guerbes-Sanhadja

Commune	Etablissement	Activité	Débit Max [l/s]	Volume exploité [m^3/j]
Ben Azzouz	Izdihar	Conserverie	30	1728
	Omr Ben omar	Conserverie	12	864
			3	259.2
	Boumaiza	Briqueterie	8	345.6
	ORAVI Boumaiza	/	4	172.8
	SIFCO	Papier ondulé	4	20
	Hdjar soud	Production du ciment	60	4820

V.CONCLUSION

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja présentent un potentiel hydrologique considérable qui est à l'origine de la formation des zones humides d'importance internationale ainsi que son sous-sol est bien doté en ressources d'eau souterraine, même si toutes les nappes ne présentent pas des capacités d'exploitation intéressantes. Les dépôts alluviaux [formations meubles du quaternaire], formés le long de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest ainsi que le massif dunaire constituent le magasin essentiel des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja. L'établissement des coupes hydrogéologique, a mis en évidence l'extension des formations hydrogéologiques sous- jacentes, ce sont principalement des nappes libres et captives d'épaisseurs variables séparées par une couche semi perméable à certains endroit dont l'ensemble du système repose sur un substratum constitué par des formations numidiennes caractérisées par une alternance d'argiles et de marne .

En matière d'approvisionnement en eau potable, les dotations en eau présentées par habitant dans le complexe de Guerbes-Sanhadja sont supérieures à la moyenne nationale [150 l/j/hab], mais elles sont très inégales suivant les agglomérations. Cependant, dans la partie Nord, elle est de l'ordre de 116 l/j/hab et, elles n'atteignent pas les [40 l/j/ hab] dans la partie Est du complexe, ou cette hétérogénéité, dépend le nombre d'habitants ainsi que le nombre des sources destinées pour chaque agglomération. Pour la totalité de ces agglomérations, le volume produit annuellement est de l'ordre de 4.35hm^3, mais le volume délivré réellement est de l'ordre de 2,58 Hm^3/an, Cette situation explique les fuites importantes, la faiblesse de la capacité de stockage, et l'état mauvaise des réseaux de distribution et de l'adduction. Concernant l'activité agricole, le volume d'eau annuel destiné à l'irrigation est de l'ordre de 21Hm^3, dont 35% d'origine eau souterraine irrigant une superficie de 10265 hectares. Le tissu industriel dans le complexe est concentré dans la commune de Ben Azzouz, se sont des industries agro-alimentaires à une faible consommation d'eau, dont les besoins de ces unités s'élèvent à 8209.6 m^3/ jour

CHAPITRE 6:

QUALITE DES EAUX DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

CHAPITRE 6

QUALITE DES EAUX DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES- SANHADJA

I. LE CHIMISME ET QUALITE DES EAUX DE GUERBES-SANHADJA

Malgré l'importance indéniable des aspects quantitatifs, les questions de qualité de l'eau sont au cœur des enjeux futurs. Il est primordial de souligner que le domaine de la préservation de l'écosystème et la protection des ressources en eau contre les différents types de pollutions, en tant que composante du système de la gestion participative des ressources en eau est un défi majeur pour les prochaines années.

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, classé site Ramsar depuis Février 2001 est apparu comme un site présentant un intérêt écologique et hydrobiologique.

Néanmoins, bien qu'il soit caractérisé par un réseau hydrographique très dense ses ressources en eau sont confrontées à des problèmes de qualité qui est provoquée par les cultures et l'élevage intensif qui sont à l'origine des deux tiers de la pollution par les nitrates et les eaux usées domestiques non épurées. La charge de ces rejets est de plus en plus croissante avec le développement socio-économique de la région *[Hedjal et al .2018.a]*.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente partie de la thèse qui s'intéresse à la qualité des eaux de surface et souterraines sur la base des résultats des analyses physico-chimiques, effectuées en 2016.

1. CHIMIE DES EAUX DE SURFACE

Dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, on compte un grand nombre des zones marécageuses dont l'alimentation est assurée par les nappes souterraines et le débordement de l'oued El-Kébir Ouest et ses affluents pendant la saison hivernale. Dans le but de bien appréhender l'évolution de la qualité des eaux de ces zones marécageuses. Il consiste à la réalisation de deux campagnes de prélèvement d'échantillons d'eau [Février et Juin 2016,].

A cet effet, dix stations d'échantillonnage [Fig.66] largement réparties sur le complexe ont été choisies de telle sorte qu'elles soient représentatives, accessibles, témoins des caractéristiques réelles de ces eaux au niveau des différents sites prospectés et permettant de cerner l'ensemble des processus physiques et chimiques définissant le fonctionnement de cet écosystème.

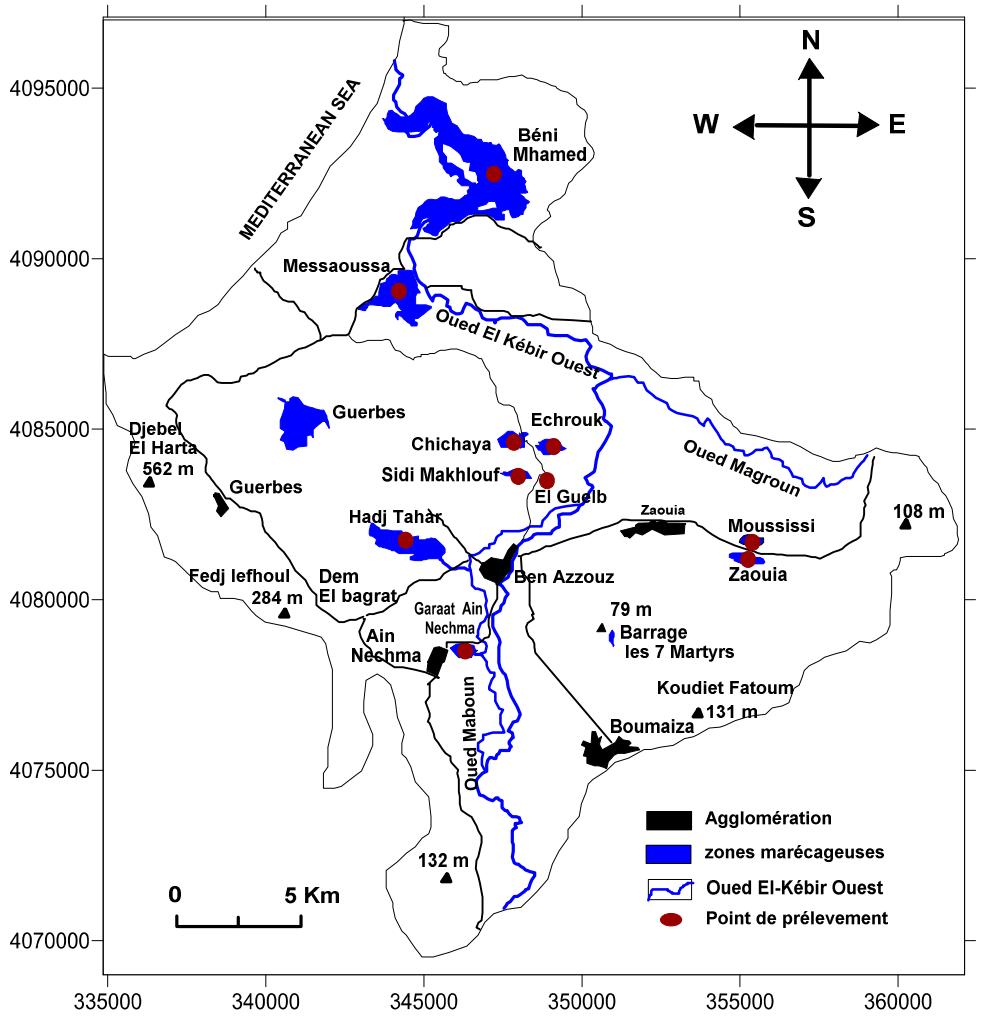


Fig. 66 .Carte d'inventaire des points de prélèvements

1.1. Faciès chimique

1.1.1. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet de représenter sur un même graphique de nombreuses analyses autorisant des regroupements par famille présentant des faciès similaires, permettant ainsi une première classification des échantillons les uns par rapport aux autres avant une étude plus détaillée point par point. *[Piper, AM, 1944]*

D'une manière générale, quel que soit la période [étiage ou crue] les faciès des eaux sont presque identiques [Fig.67]. En étiage, le diagramme de piper montre que le faciès des eaux des zones marécageuses est du type chloruré et sulfaté calcique et magnésien avec une tendance vers le faciès hyper chloruré calcique et Hyper sulfaté calcique. Le cation le plus dominant étant le Magnésium et les anions, les Chlorures. En période de crue, le faciès des eaux est globalement identique à celui de la période d'étiage à savoir chloruré et sulfaté calcique et magnésien. Cependant, on observe que sur le plan des cations dominants, le Magnésium est prépondérant.

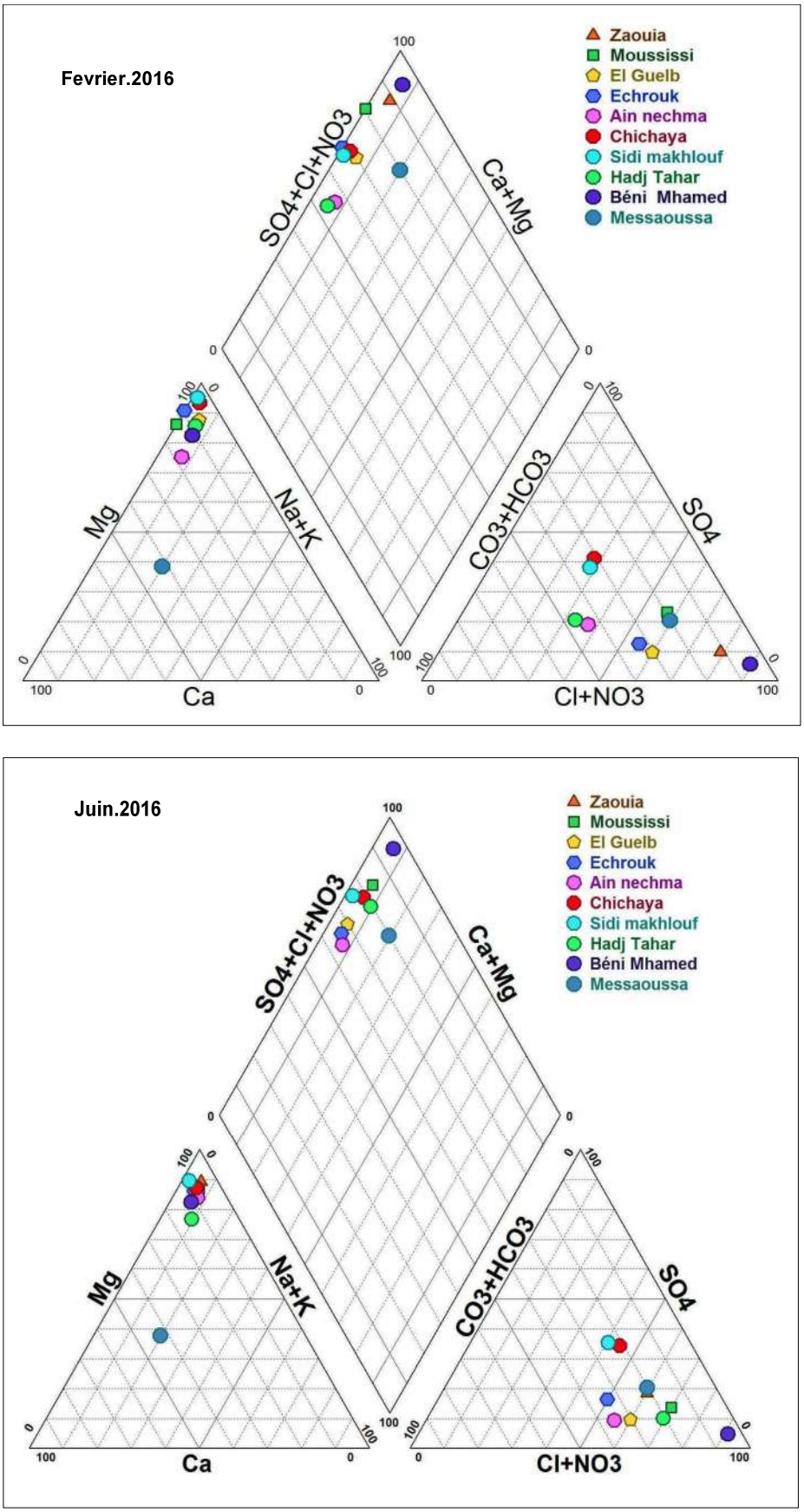


Fig.67. Représentation graphique des eaux de surface de Guerbes-Sanhadja sur le diagramme de Piper [Févier et juin .2016].

1.1.2. Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le report des résultats d'analyses sur le diagramme de Schöller-Berkaloff [Fig.68], et on a révélé l'existence des faciès suivants :

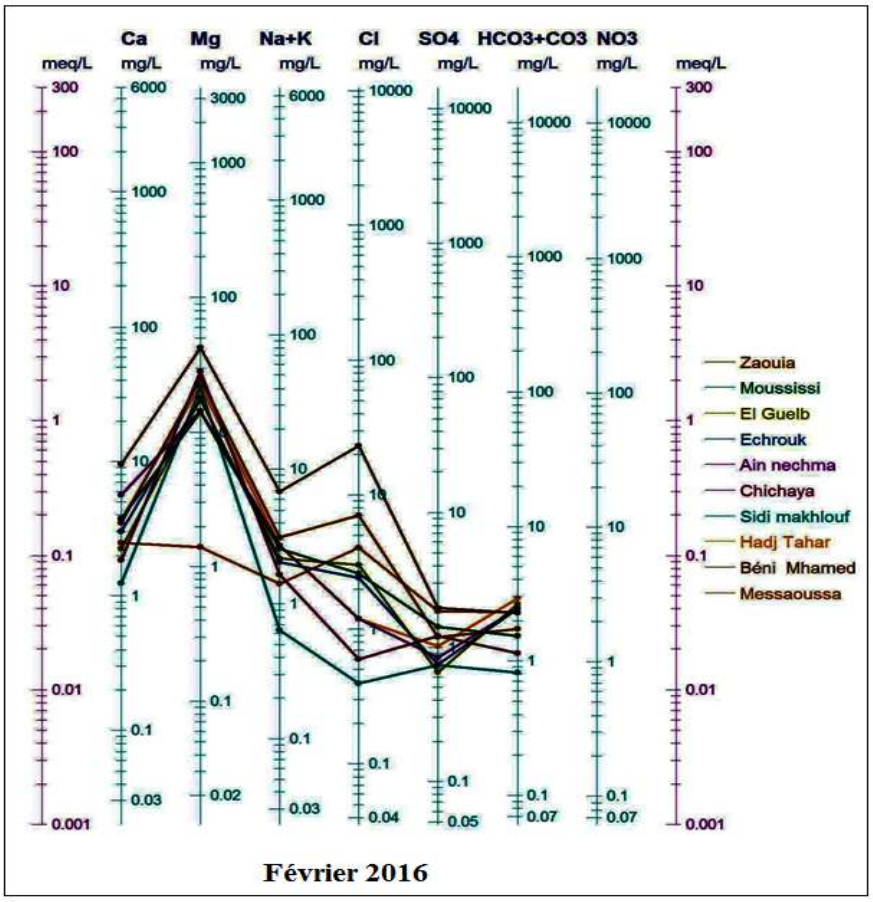
- Bicarbonatée magnésien.
- Chloruré magnésien
- Sulfaté magnésien
- Chloruré calcique

La répartition spatiale des faciès chimiques des eaux de surface dépend de plusieurs facteurs notamment la nature lithologique des formations à travers lesquelles l'eau a circulée, les variations saisonnières du climat, les éventuelles actions anthropiques et les conditions de recharge *[Hedjal.2014]*.

Pour les eaux de surface, en période de crue, le faciès dominant est Bicarbonaté magnésien [50 % des échantillons] qui est à l'origine de lessivage des terrains calcaréo-dolomitiques du lias environnant de la plaine alluviale. La famille chlorurée magnésien représente [40 % des échantillons] reflète l'influence des apports des schistes métamorphique de Boumaiza qui sont à l'origine du magnésium, et les chlorures dont la solubilité est favorise par l'évaporation se combinent au magnésium pour donnée le faciès chloruré magnésien. En période d'étiage, le faciès chlorurée magnésien qui prédomine [50%]

Tab. 52 .Les faciès chimiques des eaux de surface selon les diagrammes de Schoeller- Berkaloff

<table>
<tr><th rowspan="2">Les zones marécageuses</th><th colspan="2">Faciès chimique</th></tr>
<tr><th>Juin.2016</th><th>Février.2016</th></tr>
<tr><td>Zaouia</td><td rowspan="4">Chloruré magnésien</td><td rowspan="4">Chloruré magnésien</td></tr>
<tr><td>Moussissi</td></tr>
<tr><td>El Guelb</td></tr>
<tr><td>Béni Mhamed</td></tr>
<tr><td>Echrouk</td><td rowspan="2">Bicarbonaté magnésien</td><td rowspan="2">Bicarbonaté magnésien</td></tr>
<tr><td>Ain Nechma</td></tr>
<tr><td>Chychaya</td><td rowspan="3">Sulfaté magnésien</td><td>Sulfaté magnésien</td></tr>
<tr><td>Sidi Makhlouf</td><td rowspan="3">Bicarbonaté magnésien</td></tr>
<tr><td>Hadj Tahar</td><td>Chloruré magnésien</td></tr>
<tr><td>Messaoussa</td><td>Chloruré calcique</td></tr>
</table>



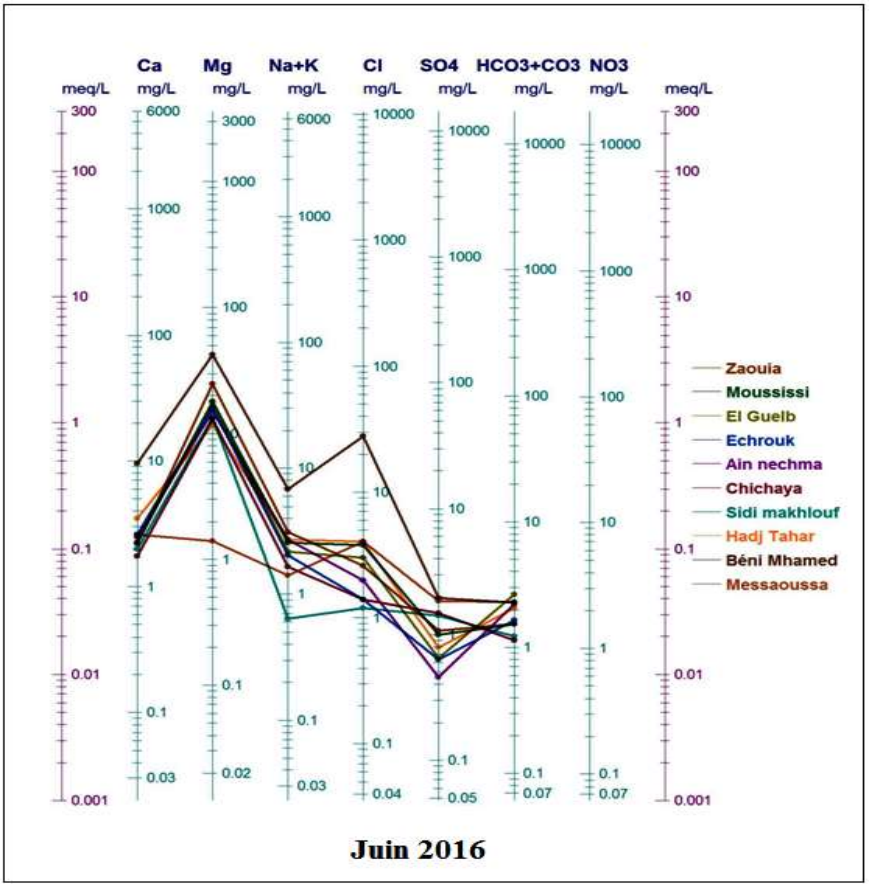


Fig.68. Représentation graphique des eaux de surface de Guerbes-Sanhadja sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff [Févier et juin .2016].

1.2. Les Paramètres physico-chimiques

1.2.1. Les paramètres physiques

Les résultats des calculs statistiques des différents paramètres physiques des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja sont résumés dans le tableau ci-dessous [Tab. 53]

Tab. 53. Synthèse des résultats statistiques des paramètres physiques des eaux de surface du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

		T [°C]	PH	CE [µS cm/1]	TDS mg/l	O_2 Dissous [mg/l]	Salinité [%]	Turbidité [NTU]
Février	Max	15.4	7.54	2243	854	1.76	2	38
	Min	11	6.7	223	123	1.12	0	3
	Moy	13.64	7.10	673.90	325.10	1.36	0.27	12.82
	Ecartype	1.62	0.29	589.81	208.10	0.19	0.62	12.54
	CV %	11.87	4.07	87.52	64.01	14	251.30	97.79
Juin	Max	25	8.55	4590	1020	1.77	3	30
	Min	18.50	6.76	279	129	1.39	0	1.90
	Moy	21.09	7.71	972.10	357.70	1.51	0.40	10.30
	Ecartype	1.81	0.64	1300.63	260.75	0.12	0.92	8.29
	CV%	8.57	8.26	133.80	72.90	7.98	228.35	80.51

1.2.1.1. La température

L'analyse des résultats obtenus pendant les deux périodes de prélèvements révèle que les températures des eaux des zones marécageuses sont légèrement plus élevées en étiage que pendant la période de crue. Cette différence s'expliquer par l'exposition du plan d'eau à l'ensoleillement intense des mois chauds, couplé au faible mouvement de brassage de l'eau des marécages. Le léger abaissement des températures pendant la période de crue trouve son explication par contre dans le brassage des eaux des marécages par les écoulements pluviale et l'adoucissement de l'ensoleillement par la couverture nuageuse.

Selon le graphe [Fig.69.a], Les valeurs des températures obtenues sont conformes aux normes internationales pour les eaux de surface qui prévoient une valeur maximale de 25 °C *[Rodier. 2009]*

1.2.1.2. Le potentiel d'Hydrogène [pH]

L'analyse de ce paramètre au cours des deux compagnes d'étude montrent que les eaux des zones marécageuses sont légèrement alcalin en période d'étiage, revient à la neutralité en période de crue, avec des valeurs maximales de 8.55et 7.54 respectivement en Juin, et Février 2016 [Fig.69.b]. Dans l'ensemble du complexe, les zones humides présentent un pH favorable à la vie des principales espèces aquatiques animales et végétales.

Le pH d'une eau de surface dépend de la concentration du CO_2. La photosynthèse algale consomme beaucoup de CO_2 et provoque ainsi une augmentation notable du pH des eaux. La respiration, au contraire, contribue à son abaissement par production de gaz carbonique. Les

activités biologiques au sein des zones marécageuses consommant plus de CO_2 que sa dissolution, il s'en suit alors une augmentation du pH en étiage. Par contre en période de crue, les quantités importantes de matières organiques apportées par les eaux de ruissellement vers les zones humides contribuent par le processus de minéralisation de la matière organique à l'augmentation du CO_2 dissous donc à une baisse du pH entraîner une acidification de l'eau.

1.2.1.3. La conductivité électrique [CE]

La conductivité électrique est un excellent indicateur de la minéralisation qui reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous *[Rodier. 2009]*. Les conductivités mesurées s'échelonnent entre 4590 µS/cm [juin] et 223 µS/cm [Février] [Fig.69.c].

Ainsi, durant la saison pluvieuse a lieu un phénomène de dilution par les apports pluviométriques; par contre, il y a une concentration importante des sels durant la saison sèche à cause des fortes évaporations des plans d'eau [450mm] *[Hedjal.2014]*. Les valeurs enregistrées témoignent d'une minéralisation moyenne à importante [Tab .Rodier j, L'analyse de l'eau. 9éme édition].

Tab.54 .Relation conductivités - minéralisations des eaux de surface du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

CE [µS/cm]	Appréciations	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
CE< 100	Minéralisation très faible		
100< CE < 200	Minéralisation faible		
200 < CE < 333	Minéralisation moyenne	Sidi Makhlouf, Chychaya,	Sidi Makhlouf, Chychaya
333 < CE < 666	Minéralisation moyenne accentuée	Zaouia, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, Ain Nechma	Zaouia, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, Ain Nechma
666 < CE < 1000	Minéralisation importante	El Guelb, Hadj Tahar	El Guelb
CE >1000	Minéralisation élevée	Béni Mhamed	Béni Mhamed, Hadj Tahar

1.2.1.4. La salinité

D'après l'analyse des résultats de l'évolution de la salinité des eaux des zones humides [Fig.69.d], apparaissent des variations spatio-temporelles de ce facteur similaires à celles de la Conductivité électrique où les valeurs les plus élevées ont été enregistrées pendant la période sèche au niveau de Garâat Béni Mhamed [3%], et Garâat Hadj Tahar [0.4 %] ceci s'explique par l'influence marine [marée et intrusions salines], et la nature du substrat des zones marécageuses [Argile, gypse…] .Pendant la période hivernale, le pourcentage de la salinité est oscille entre 2-0%, cette diminution est due à l'impact des eaux souterraines du massif dunaire de Guerbes qui affleurent à leur niveau permettant ainsi de maintenir continuellement

un degré de salinité stable ainsi que l'apport supplémentaire de l'oued El Kébir Ouest et ses affluents.

1.2.1.5. L'oxygène Dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs du pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. Selon les résultats obtenus, nous avons constaté une baisse des valeurs de ce paramètre durant les deux compagnes où la valeur maximale est enregistrée au niveau de Garâat Hadj Tahar [1.77 mg/l] [Fig.69.e]. Ceci est expliqué par l'oxydation et la biodégradation de la matière organique par les microorganismes, les besoins physiologiques en oxygène de la macrofaune et la macroflore y compris les bactéries, qui se multiplient dans ce milieu humide, sont à l'origine de la chute importante en oxygène, et la présence d'éléments nutritifs issus de cette dégradation.

1.2.1.6. La Turbidité

Les valeurs de turbidité situées entre 3 à 38 NTU en période de crue et 1.90 à 30 NTU en période d'étiage, donc les résultats montrent une forte turbidité pour la plupart des zones marécageuses qui ne correspond pas aux normes internationales [< 5 NTU] [Fig.69.g]

Tab.55.Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja d'après leur turbidité

Turbidité [NTU]	Appréciations	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
< 5	**Clair**	Hadj Tahar, Ain Nechma, Sidi Makhlouf	Zaouia, Ain Nechma
> 5	**Turbide**	Zaouia, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, El Guelb, Béni Mhamed, Chychaya	Moussissi, Echrouk, Messaoussa, El Guelb, Béni Mhamed, Chychaya Hadj Tahar, Sidi Makhlouf

1.2.1.7. Le total des sels dissous [TDS]

Représente la totalité des sels dissous .Selon *Rodier et al. 2005,* le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit : la somme des matières en solution et en suspension. Ces dernières profèrent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, ce qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu et qui influence ainsi la faune et la flore aquatique.

Généralement les quantités des sels dissous au niveau des plans d'eau suivent d'une façon similaire les mêmes fluctuations que la conductivité électrique ainsi que la salinité [Fig.69.f] et ne dépassent pas les normes selon l'OMS [1000 mg /l] pour la majorité des marécages à l'exception Garâat Béni M'Hamed où les valeurs enregistrées sont de l'ordre de 854et 1020 mg/l respectivement en Février et Juin 2016.

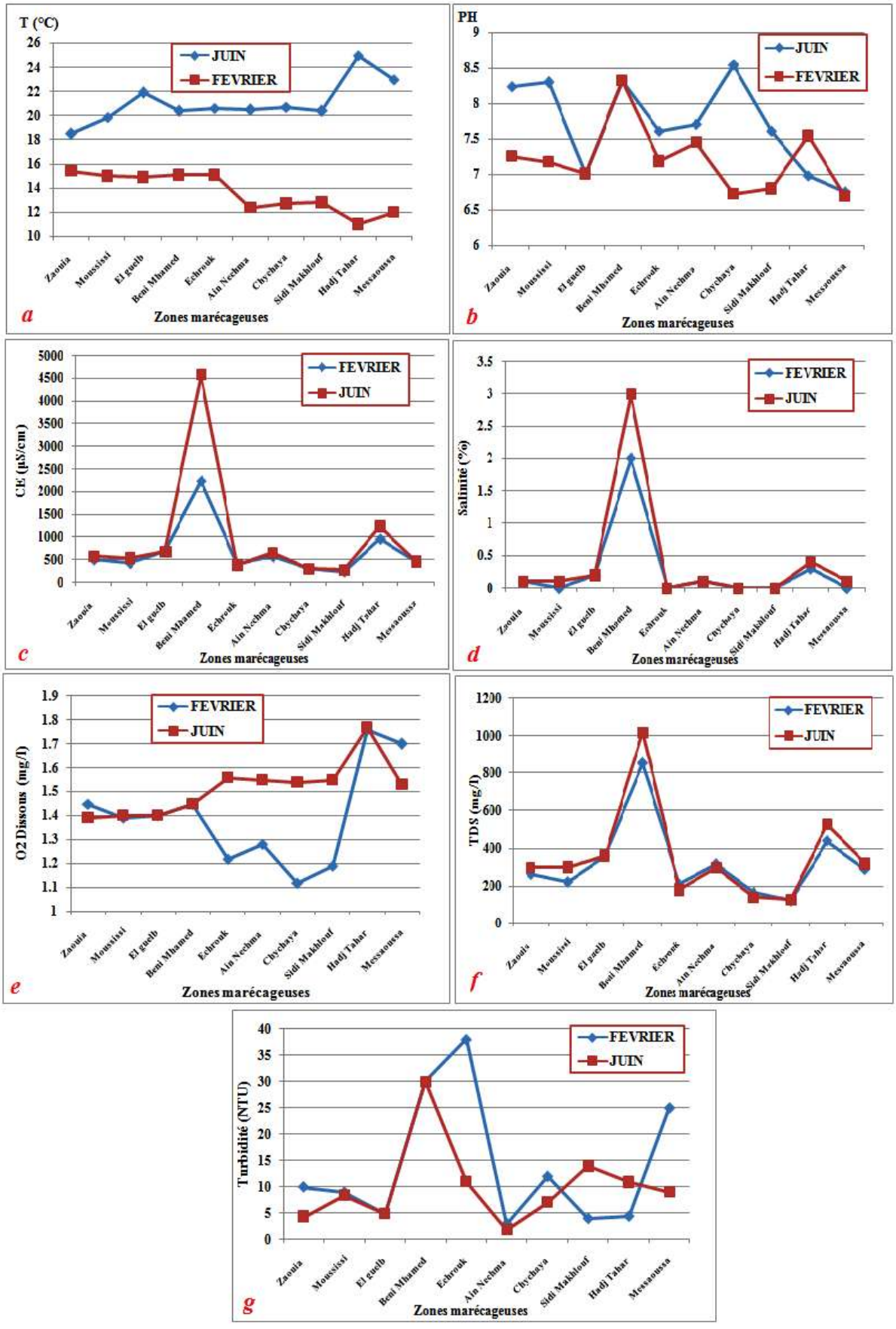


Fig.69 .L'évolution des paramètres physiques des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

1.2.2. Les paramètres chimiques

1.2.2.1. Les ions majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par des ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorures, sulfates, et bicarbonates. Le traitement statistique effectué et reporté sur le [Tab.56].

Tab.56. Paramètres statistiques des ions majeurs des eaux des zones marécageuses du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

		Ca	Mg	Na	K	HCO_3	SO_4	Cl
		mg/l						
Février	Max	190	506	115	19.11	178	122.4	816.5
	Min	25	95	13.34	2.34	50	17.9	14.2
	Moy	74.80	245.40	53.26	8.88	121.56	49.83	163.30
	Ecartype	47.04	126.87	28.12	5.23	43.87	22.38	254.91
	CV %	62.89	51.70	52.79	58.94	36.09	44.91	156.10
Juin	Max	190	296	115	17.55	160	93.40	994
	Min	35	140	29.44	3.51	70	21.88	42.60
	Moy	63.44	221.60	59.64	7.69	110.33	50.33	186.97
	Ecartype	48.46	109.45	27.10	4.99	30.81	23.23	304.8
	CV%	76.38	49.39	45.44	64.93	27.93	46.14	163

a. Calcium [Ca^{2+}] est liée, soit à la dissolution des formations gypseuses $CaSo_4$, soit à la dissolution des formations carbonatées $CaCo_3$. La teneur en calcium varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Au niveau du chapelet des zones humide, on constate que la plus forte concentration est enregistrée au Garâat Béni M'Hamed [190 mg/l].

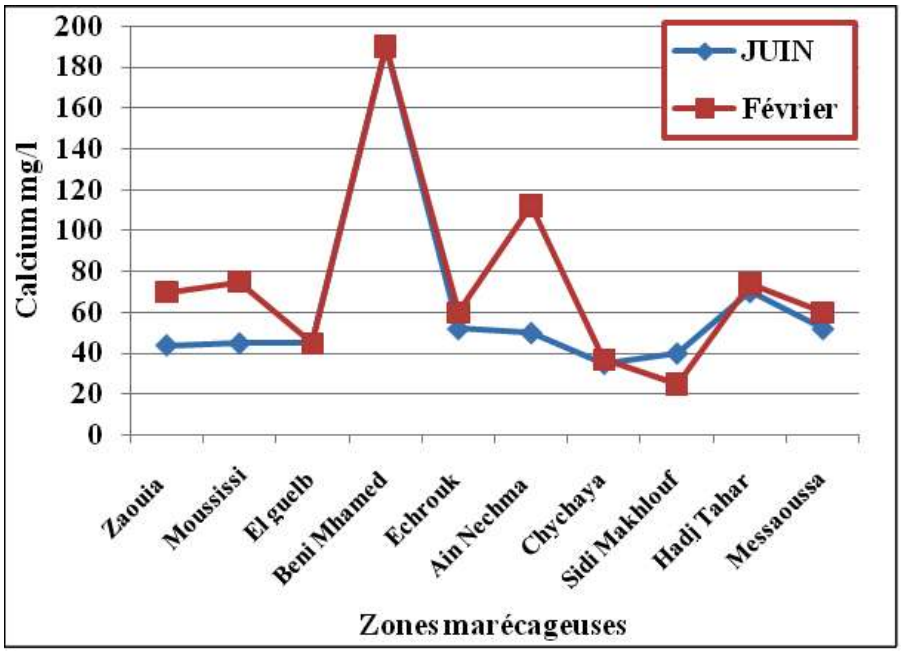


Fig.70. Concentrations du Calcium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

b. Magnésium [Mg^{2+}] présents dans l'eau, le magnésium accompagne le calcium, ce qui laisse supposer qu'ils ont la même origine, il provient des minéraux solubles tels que le gypse, la calcite et la dolomie, qu'on trouve dans les calcaires dolomitiques et les dolomies de la zone humide de Sanhadja. Les analyses effectuées ont montrés que les concentrations sont très élevées pour les deux périodes où les plus fortes valeurs sont enregistrées à Garâat Béni M'Hamed [506 mg/l] et Zaouia [302 mg/l] au mois de février, cette forte concentration est due à l'apport de l'oued Kébir Ouest et ses affluents.

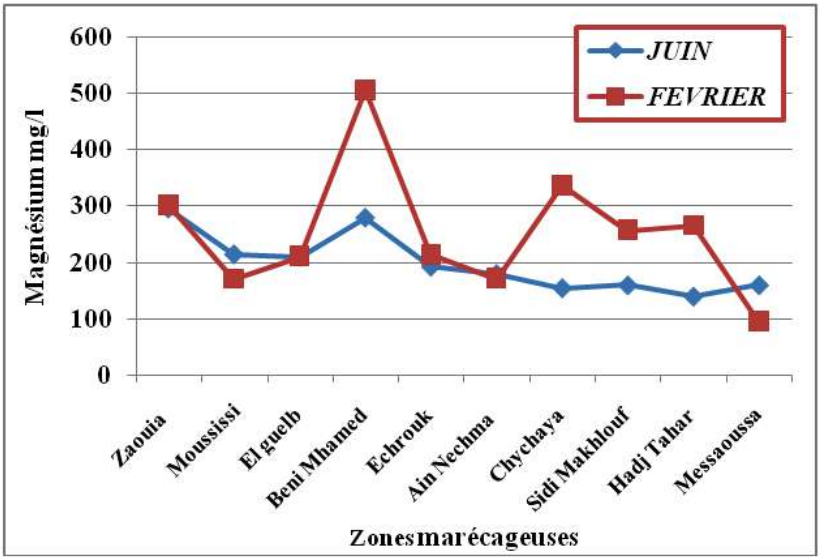


Fig. 71. Concentrations du Magnésium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

c. Sodium [Na^{+}] est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires [sables, argiles, évaporites]. Il est très soluble dans l'eau. Le sodium est par contre généralement peu présent dans les roches carbonatées. Les argiles peuvent êtres saturées en ion Na^{+}, par le processus d'échange de bases. Les teneurs en sodium restent faible dans les eaux du complexe variant entre 13 à 115mg/l au mois de Février et 29.44 à 110 mg/l au mois de juin.

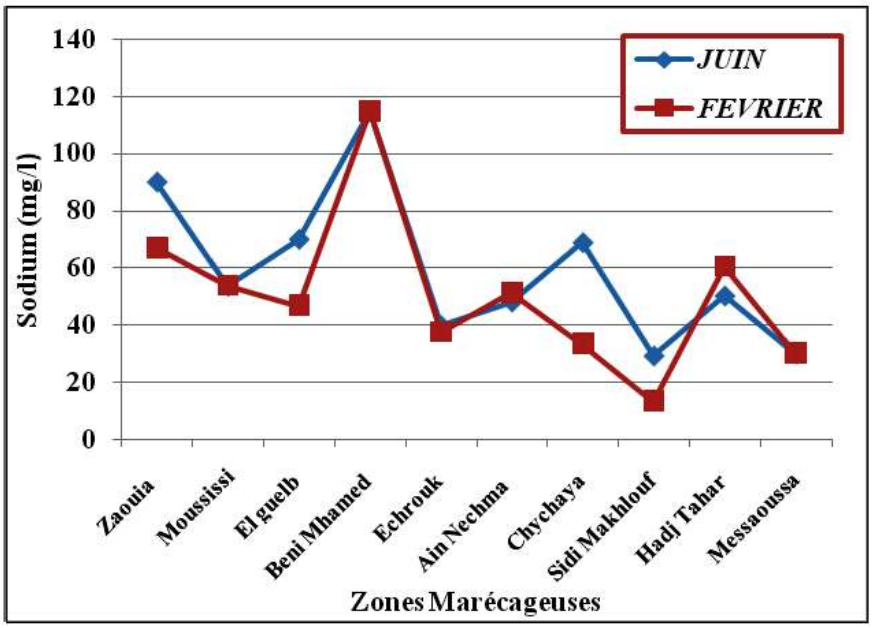


Fig. 72. Concentrations du Sodium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

d. Le potassium [K^+] provient de l'altération des formations silicatées [gneiss, schiste], des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques [NPK]. Les concentrations du potassium sont assez faibles par rapport aux autres éléments [Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+]. Les valeurs les plus faibles sont observées au niveau des Garâates Sidi Makhlouf et Messaoussa avec des doses allant de 2.34 et 3.9 mg/l. Le maximum est de 19 mg/l au niveau de Garâat Ain Nechma.

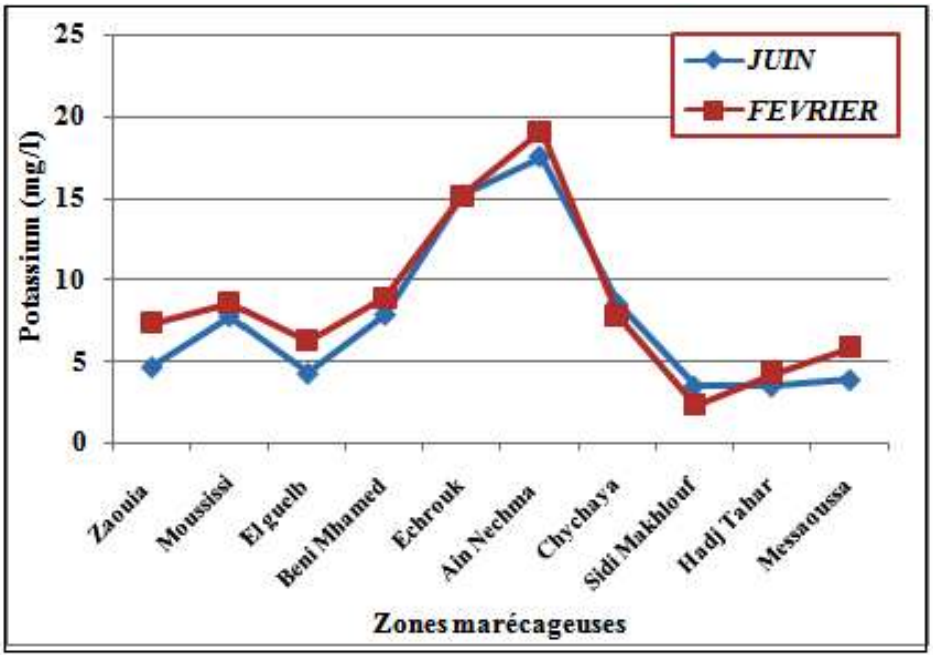


Fig. 73. Concentrations du Potassium dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

e. Bicarbonates [HCO_3^-]

D'une manière générale les concentrations du HCO_3 sont importantes par rapport aux autres anions au niveau de la majorité des eaux analysées. La plus forte concentration est de 341mg/l, elle est observée au niveau du Garâat Messaoussa.

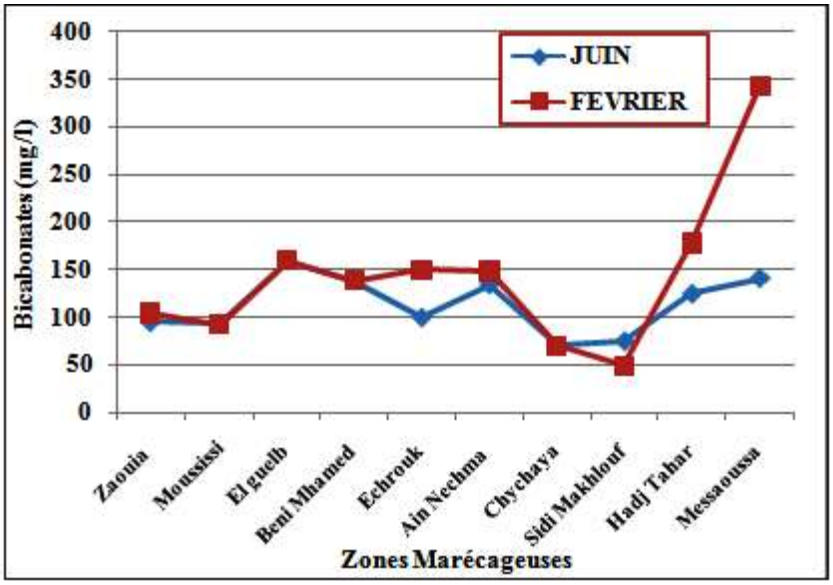


Fig.74. Concentrations des bicarbonates dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

f. Chlorure [Cl^-]

La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporites. L'invasion d'eau de mer [où le Cl^- est très présent]. Les teneurs en chlorure sont généralement variables pendant les deux compagnes d'échantillonnages, où la plus forte concentration est enregistrée au Garâat Béni M'Hamed [994 mg/l].

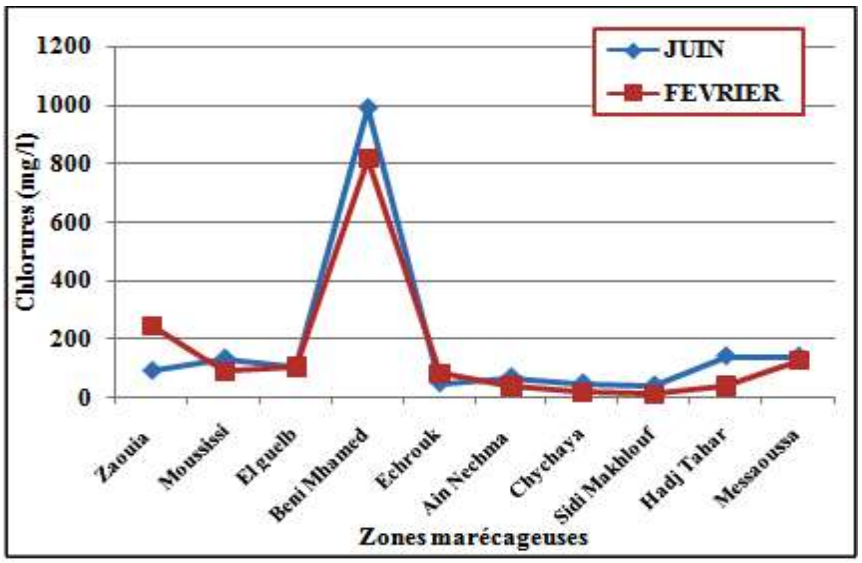


Fig. 75. Concentrations des Chlorures dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

g. Sulfates [SO_4^{2-}]

Les sulfates sont présents dans les eaux mais à des faibles doses, ceci laisse supposer que le phénomène de dilution ne s'opère pas ou il y a eu réduction des sulfates. Les teneurs sont assez variables allant de 18 à 122 mg/l pendant la période de crue et de 22 à 93 pendant la période d'étiage, la plus forte concentration est enregistrée au niveau du Garâat Messaoussa.

Les faibles teneurs en sulfates enregistrées au niveau des Garâates Sidi Makhlouf et Ain Nechma pourraient être expliquées par une activité biologique intense [couvert végétal important, activité planctonique et microbienne considérable].

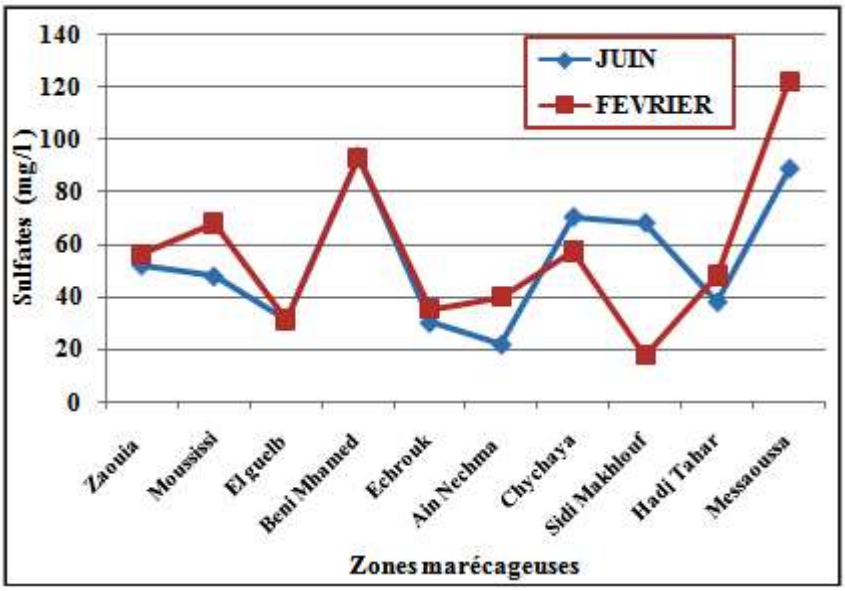


Fig. 76. Concentrations des Sulfates dans les eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja

1.2.2.2. Variation des composés azotés et phosphatés

Les différentes formes de l'azote mesurées dans les eaux des zones marécageuses sont essentiellement l'ammonium, les nitrites, et les nitrates. L'azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies en nitrates, cette transformation, appelée nitrification, comporte deux étapes: la nitritation qui produit des nitrites [NO_2^-] et la nitratation qui transforme les nitrites en nitrates donc les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont rapidement oxydés en nitrates.

La présence d'azote ammoniacal dans les eaux des zones marécageuses peut être reliée à un grand nombre de sources :

- La matière végétale des cours d'eau ;
- La matière organique animale ou humaine [l'homme élimine 15 à 30 g d'urée par jour] ;
- Les rejets industriels ;

- Les engrais, etc.

Le phosphore dans les eaux naturelles vient principalement du drainage des terres agricoles, de l'utilisation des détergents ainsi que des eaux usées domestiques. Toutefois Un excès des phosphates peuvent nuire gravement à la santé des écosystèmes en générant la prolifération végétale, qui déséquilibre les populations des plantes aquatiques et peuvent provoquer des phénomènes d'eutrophisation.

L'évaluation de la qualité de l'eau de ces zones marécageuses à l'aptitude de l'eau à la biologie [l'écosystème aquatique] et de l'aptitude aux usages liés à la santé [l'irrigation] nécessite l'utilisation d'une grille de qualité à laquelle on doit se référer pour juger si une eau de bonne qualité ou non. Pour ce faire, nous avons opté les normes préconisées par l'ANRH pour

Tab.57 .Classes de qualité pour les paramètres azotés et phosphatés [NO3, NO2, NH4, PO4]

Paramètres	Unité	Classe de la qualité				
		Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Les composés azotés						
NO3	[mg/l]	<5	5-25	25-50	50-80	>80
NO2		<0.1	0.1-0.3	0.3-1	1-2	>2
NH4		<0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8	>8
Les composés phosphatés						
PO4	[mg/l]	<0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-2	>2

Source : ABH/CSM

Paramètres	Unité	Classe de la qualité				
		Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Les composés azotés						
MO	[mg O_2/l]	3	5	8	10	>10

Source : AFNOR. 1999

a. Les composés azotés

Pour le cas des nitrates dont l'origine est surtout agricole, On distingue cependant trois marécages dont les valeurs dépassent les 25 mg/l, situées toutes les trois dans une région agricole, néanmoins, pour les autres marécages sont de bonne qualité [<25mg/l] au cours les deux compagnes. La valeur maximale a atteint 33 mg/l enregistrée au niveau de Garâat Ain Nechma durant Février 2016, cette hausse s'explique par le lessivage des terres agricoles, par ailleurs, la valeur la plus faible de 8.3 mg/l est enregistrée pendant le mois de Juin 2016 à Garâat Sid Makhlouf.

Tab.58 .Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon les Nitrates

NO3 [mg/l]	Classe de la qualité	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
5-25	Bonne	Zaouia, El Guelb, Béni Mhamed, Echrouk, Chychaya, Sidi Makhlouf, Hadj Tahar,	Zaouia, Moussissi, El Guelb, Béni Mhamed, Echrouk, Chychaya, Sidi Makhlouf, Hadj Tahar, Ain Nechma, Messaoussa
25-50	Passable	Moussissi, Ain Nechma, Messaoussa	

La distribution de la qualité des eaux en fonction des nitrites, donne les trois classes de la qualité des eaux, la première excellente [Février] [Fig.76], caractérisée par des teneurs en nitrites inferieur à 0. 1 mg/l et la deuxième correspondant eaux de bonne qualité, soit 90% des échantillons ont une concentration <0.3mg/l, concernant le reste des marécages avec des teneurs en nitrites comprises entre 0.3 et 1 mg/l. elles se sont de qualité passable [Fig. 77].

Tab.59 .Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon les Nitrites

NO2 [mg/l]	Classe de la qualité	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
<0.1	Excellente	Zaouia, Moussissi, El Guelb, Béni Mhamed, Echrouk, Chychaya, Sidi Makhlouf, Hadj Tahar, Ain Nechma, Messaoussa	Zaouïa,
0.1-0.3	Bonne		Moussissi, El Guelb, Béni Mhamed, Chychaya, Sidi Makhlouf, Hadj Tahar, Ain Nechma, Messaoussa
0.3-1	Passable		Echrouk,

Pour ce qui est l'Ammonium, 80% des marécages ont une qualité passable où les fortes concentrations sont enregistrées en période d'étiage [Tab.60]. cette hausse des concentrations suggère que les apports polluants issus des rejets des agglomérations du complexe contribuent pour une bonne part à la concentration en cet élément dans les eaux de la région, en effet, la variabilité de ce paramètre est donc liée aux variations du débit du cours d'eau [période des hautes et basses eaux] où on a remarqué une certaine baisse de la concentration de cet élément

Tab.60 .Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon l'Ammonium

NH4 [mg/l]	Classe de la qualité	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
<0.1	Excellente	Zaouïa, Ain Nechma, Chychaya,	
0.1-0.5	Bonne	Moussissi, El Guelb, Béni Mhamed, Echrouk ,Sidi Makhlouf ,Messaoussa,	Béni Mhamed, Messaoussa,
0.5-2	Passable	Hadj Tahar	Zaouia, Moussissi, El Guelb, Echrouk, Ain Nechma, Hadj Tahar, Chychaya, Sidi Makhlouf

b. Les composés phosphatés

Les eaux des marécages de Sanhadja sont de bonne qualité vis-à-vis les phosphates, en période d'étiage.

Au mois de Février, les concentrations allant de 0,03 à 1.01 mg/l, montrent que [40%] sont des eaux de qualité excellentes, [20%] représentent la classe des eaux de qualité bonnes, la classe passable est représentée [30%] des marécages et, alors que la classe médiocre est représentée seulement par un seul marécage [10%] [Tab.61], L'augmentation de ce paramètre pourrait provenir à les rejets des eaux usées et l'utilisation excessive des fertilisants azotés [jusqu'à 800 kg/ha de type NPK]

Tab.61 .Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon les phosphates

PO4 [mg/l]	Classe de la qualité	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
<0.2	Excellente	Zaouia, El Guelb, Béni Mhamed, Chychaya	Zaouia, Moussissi, El Guelb, Béni Mhamed, Hadj Tahar, Messaoussa
0.2-0.5	Bonne	Moussissi, Echrouk	Ain Nechma, Sidi Makhlouf
0.5-1	Passable	Hadj Tahar, Messaoussa, Sidi Makhlouf	Echrouk, Chychaya
1-2	Médiocre	Ain Nechma,	

1.2.2.3. Variation des matières organiques

La présence de la matière organique dans l'eau indique un véritable facteur de pollution. Les teneurs en matières organiques [MO] des eaux des zones marécageuses fluctuent entre [9 mgO_2/l] valeur minimale enregistrée durant le mois de Février aux niveaux des Garâates Hadj Tahar et Messaoussa, et 34.37 mg O_2/l valeur maximale notée durant le mois de Juin au niveau de Garâat Chychaya. Les eaux ici sont très polluées car la concentration en matières organiques des ces eaux est largement supérieure à la norme [5mg O_2 /L] recommandée par AFNOR [Tab. 57].

Tab.62 .Classification des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja selon la Matière organique

MO [mg O_2/l]	Classe de la qualité	Zones marécageuses correspondantes	
		Février 2016	Juin 2016
8	Passable	Hadj Tahar, Messaoussa	
10	Médiocre	Ain Nechma, Béni Mhamed,	
>10	Pollution excessive	Zaouia, Moussissi, Echrouk, El Guelb, Chychaya, Sidi Makhlouf	Zaouia, Moussissi, El Guelb, Béni Mhamed, Hadj Tahar, Messaoussa, Chychaya, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Echrouk,

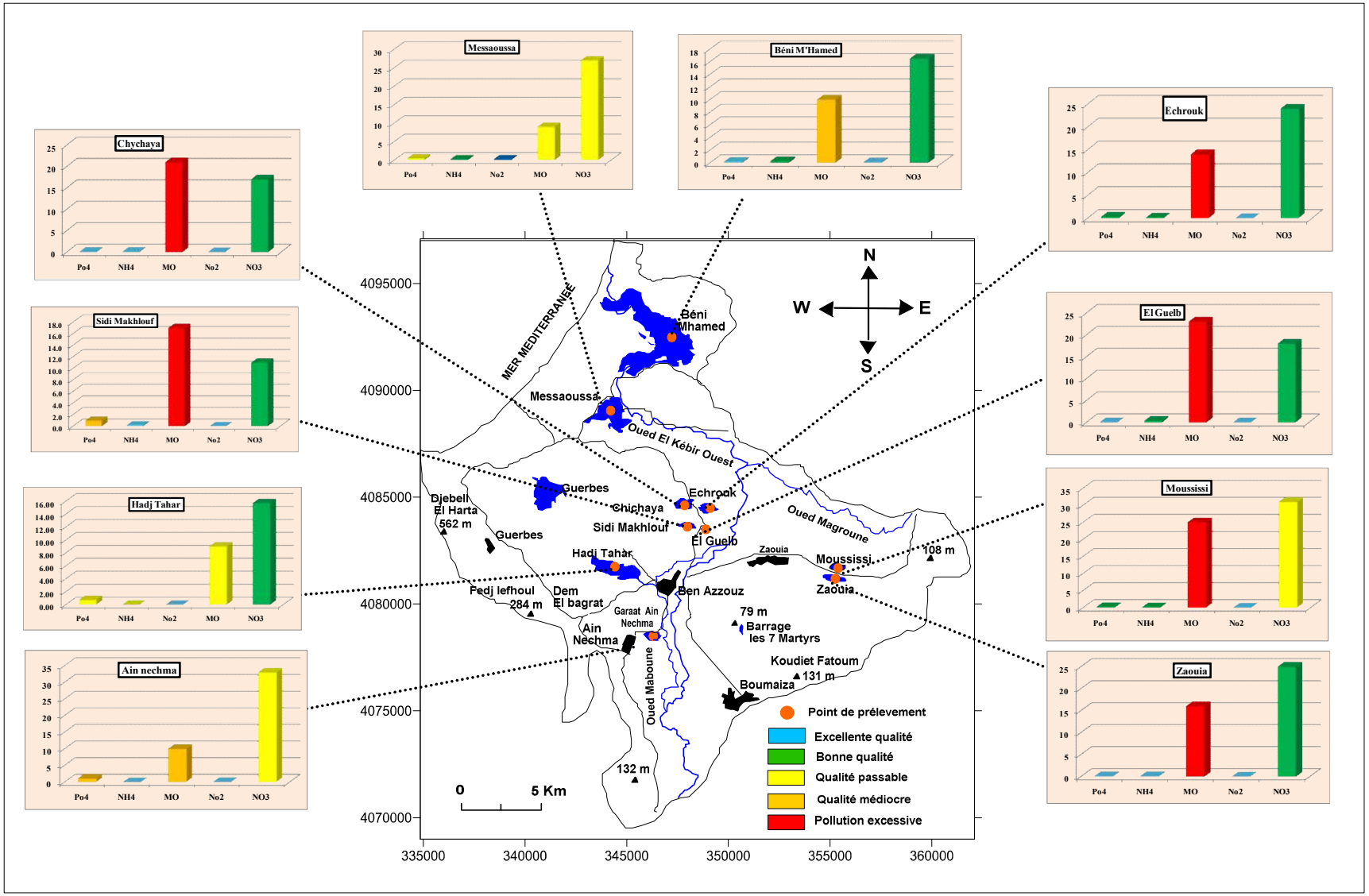


Fig.77. Carte de qualité des eaux des zones marécageuses selon les paramètres azotés, phosphatés et la matière organique [Février. 2016]

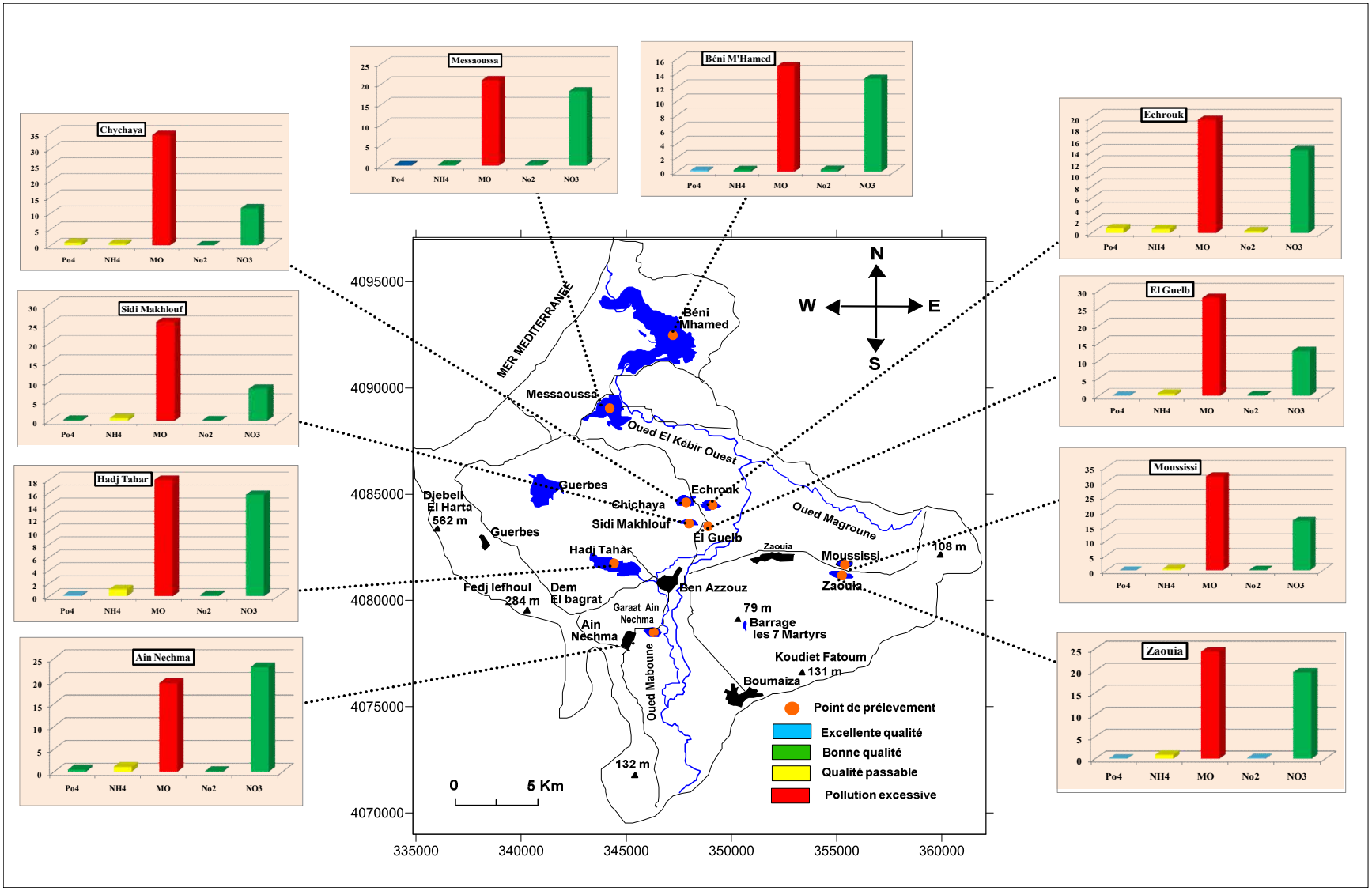


Fig.78. Carte de qualité des eaux des zones marécageuses selon les paramètres azotés, phosphatés et la matière organique [Juin .2016]

2. Les eaux souterraines

L'étude du chimisme des eaux souterraines a pour but d'identifier les faciès chimiques, leur qualité de potabilité, ainsi que leur aptitude à l'irrigation .Elle permet de suivre aussi l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et d'estimer leur origine.

Le présent travail est une caractérisation physico-chimique de la qualité des eaux souterraines du complexe de Guerbes-Sanhadja. Il consiste à la réalisation de deux [2] campagnes [une campagne par semestre]

- 1ère campagne : Février 2016 ;
- 2éme campagne : Juin 2016.

La désignation des points de prélèvements pris en considération dans cette étude comprend 24 points [12 forages et 12 puits].

Parmi les paramètres physiques analysés, on a la température, le pH, la conductivité électrique et le total des sels dissous.

- Les cations [Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, Na+]
- Les anions [HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl];
- Les Indicateurs de pollution organique [NH_4^{+}, NO_2^{-}, PO_4^{-3}].

2.1. Faciès chimiques des eaux souterraines

2.1.1. Diagramme de Piper

La classification des eaux souterraines du complexe de Sanhadja selon les analyses chimiques effectuées en 2016 sur 24 échantillons [puits et forages].

Pour la compagne du Février 2016, le diagramme de Piper montre que les eaux du complexe appartiennent essentiellement aux familles des eaux suivantes [Fig.79].

- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne [62.5%].
- Bicarbonate calcique et magnésienne [25%].
- Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique [12.5%].

Dans le diagramme des anions, on distingue que les points d'eau [Forages et puits] dans le complexe de Sanhadja forment pratiquement un seul nuage proche du pôle magnésien. Tandis que dans le diagramme des anions, on distingue deux groupes de nuage :

- Proche du pôle Chloruré [P3, P5et F10] ;
- Proche du pôle carbonaté et bicarbonaté [P2, P6, P7, P10, F2, F3et F8].

Dans la compagne du juin 2016, la représentation des différents points d'eau sur ce diagramme révèle l'appartenance de la majeure partie des eaux au Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne [Fig. 80].

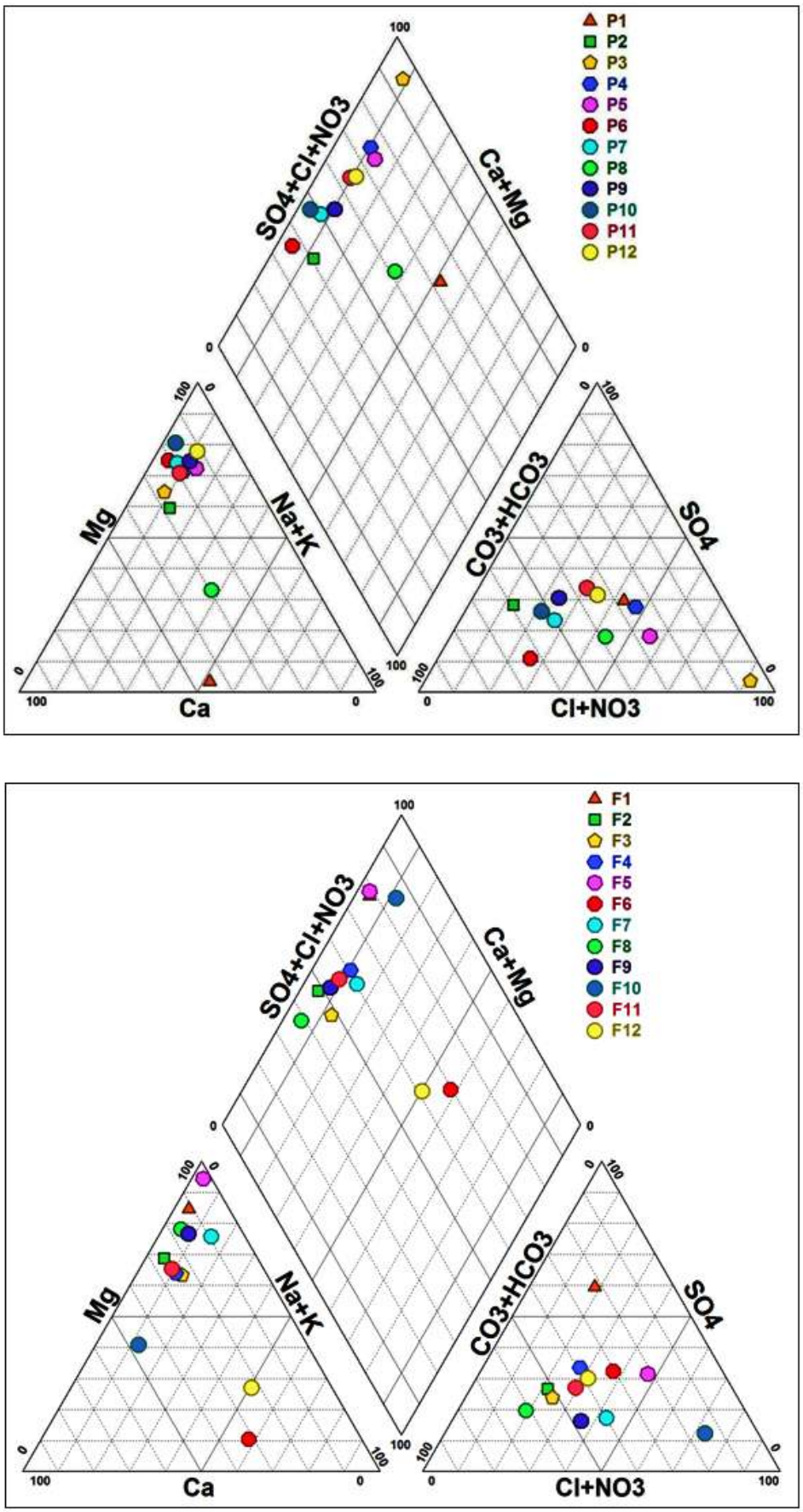


Fig. 79. Diagramme de Piper des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Février.2016]

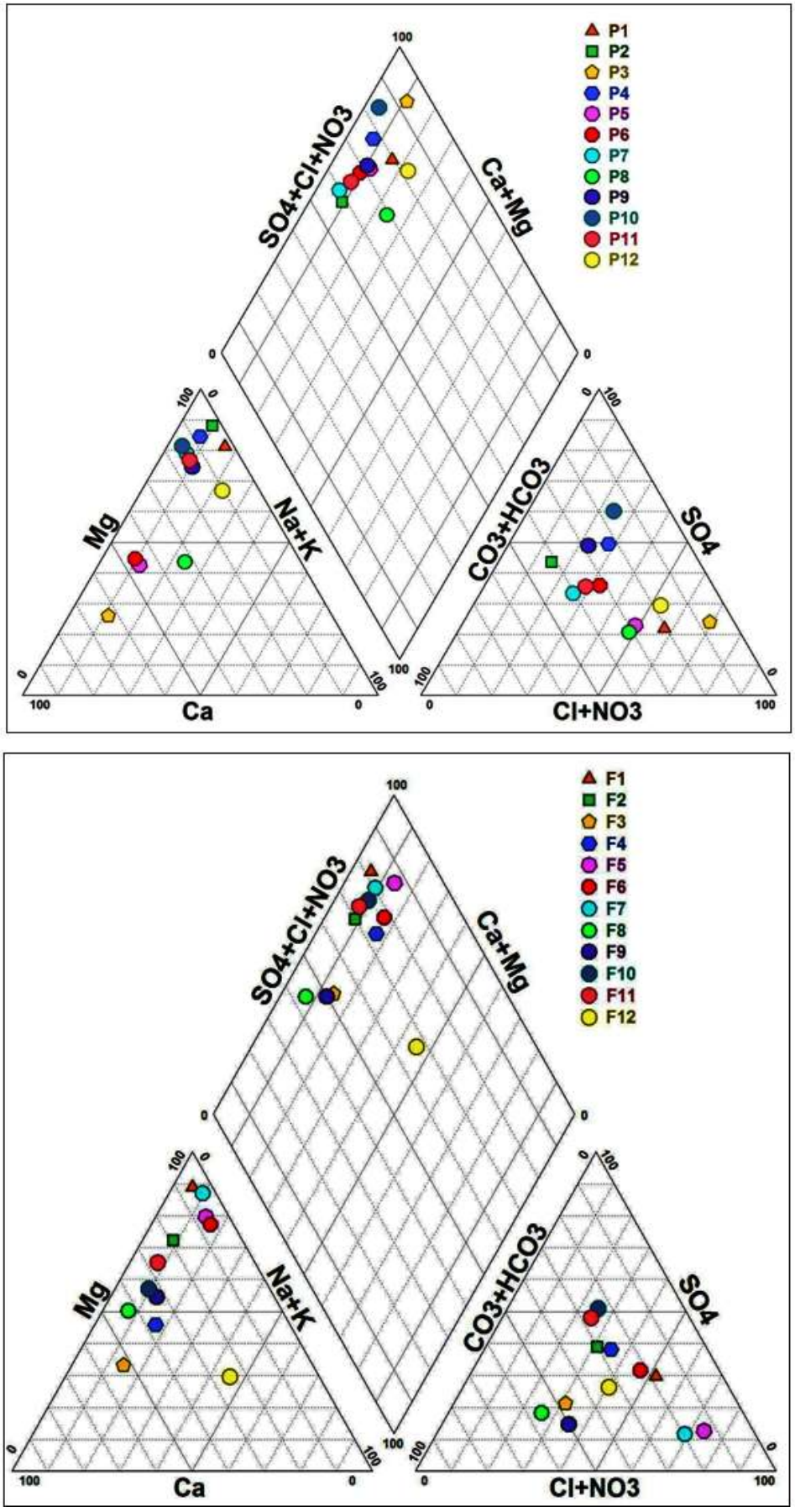


Fig.80. Diagramme de Piper des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Juin .2016]

2.1.2. Diagramme de Schöller Berkaloff

De même, on a procédé au report des résultats d'analyses des deux campagnes sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff [Fig.81 ; Fig.82] et on a trouvé que le faciès des eaux souterraines, quel que soit la période [étiage ou crue] sont presque identiques, dont les faciès dominants sont Bicarbonaté magnésien qui sont à l'origine du terrain calcaréo-dolomitique du lias environnant la plaine alluviale du complexe ne sauraient que contribuer à une forte concentration en HCO_3 et Mg.

Le faciès Chloruré magnésien dont le magnésium proviendrait des schistes métamorphiques et les chlorures dont la solubilité est favorisée par l'évaporation se combinent au magnésium pour donner le faciès Chloruré magnésien.

Pour le faciès chloruré sodique, est issu en général, de la lithologie du terrain [les sédiments sableux du massif dunaire, les formations marneuses, gréseuses et argileuses] d'une part et à la situation de la plaine au voisinage de la mer qui influe sur la chimie des eaux souterraines d'autre part, le faciès chloruré calcique reflète l'influence des apports des massifs calcaires environnants. Cependant, quelques points représentent un faciès Sulfaté magnésien a été mis en évidence et qui serait lié au lessivage des formations évaporitiques *[Hedjal.2014 ; Hedjal et al.2016.a]*.

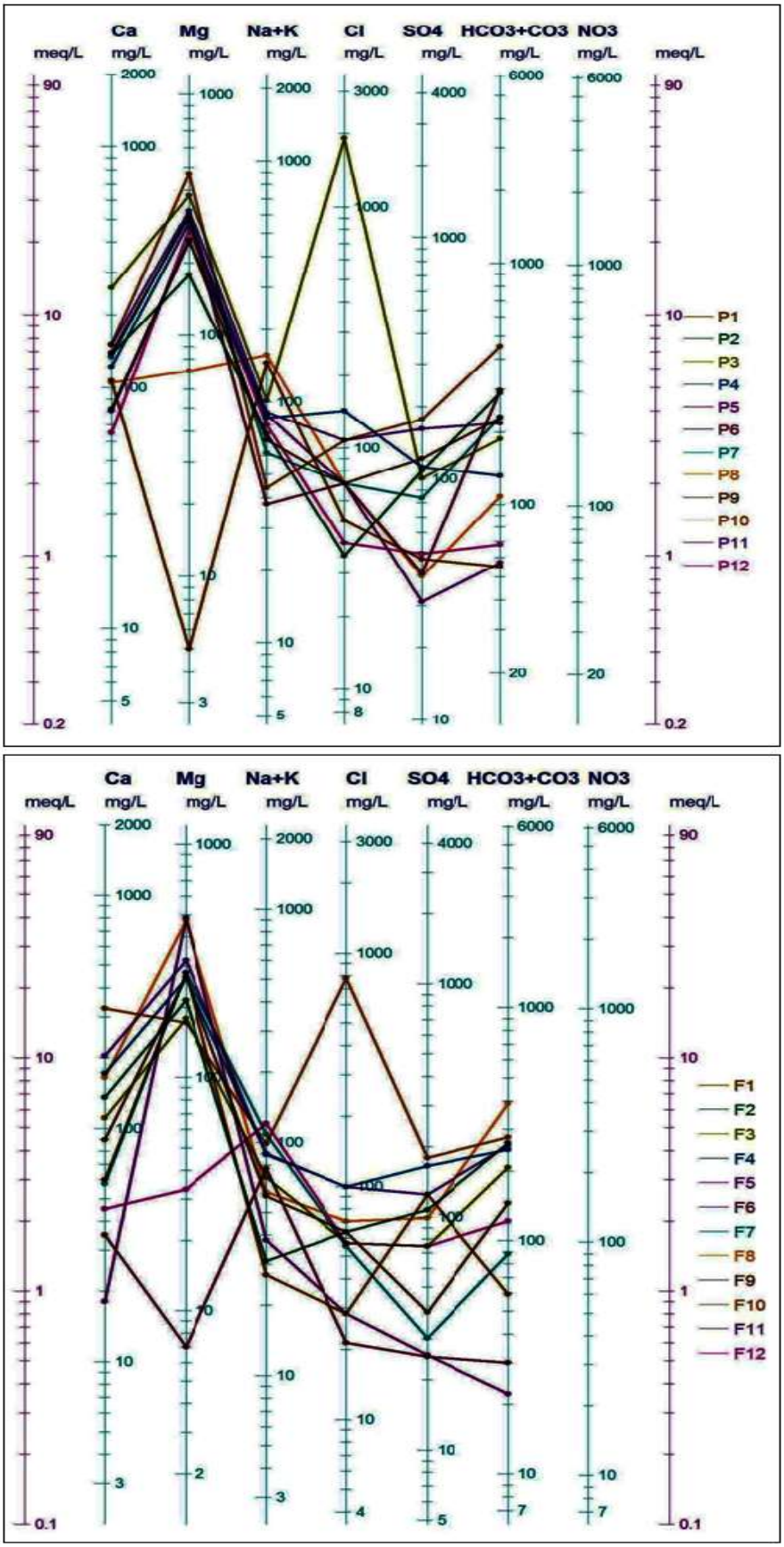


Fig.81.Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Février 2016]

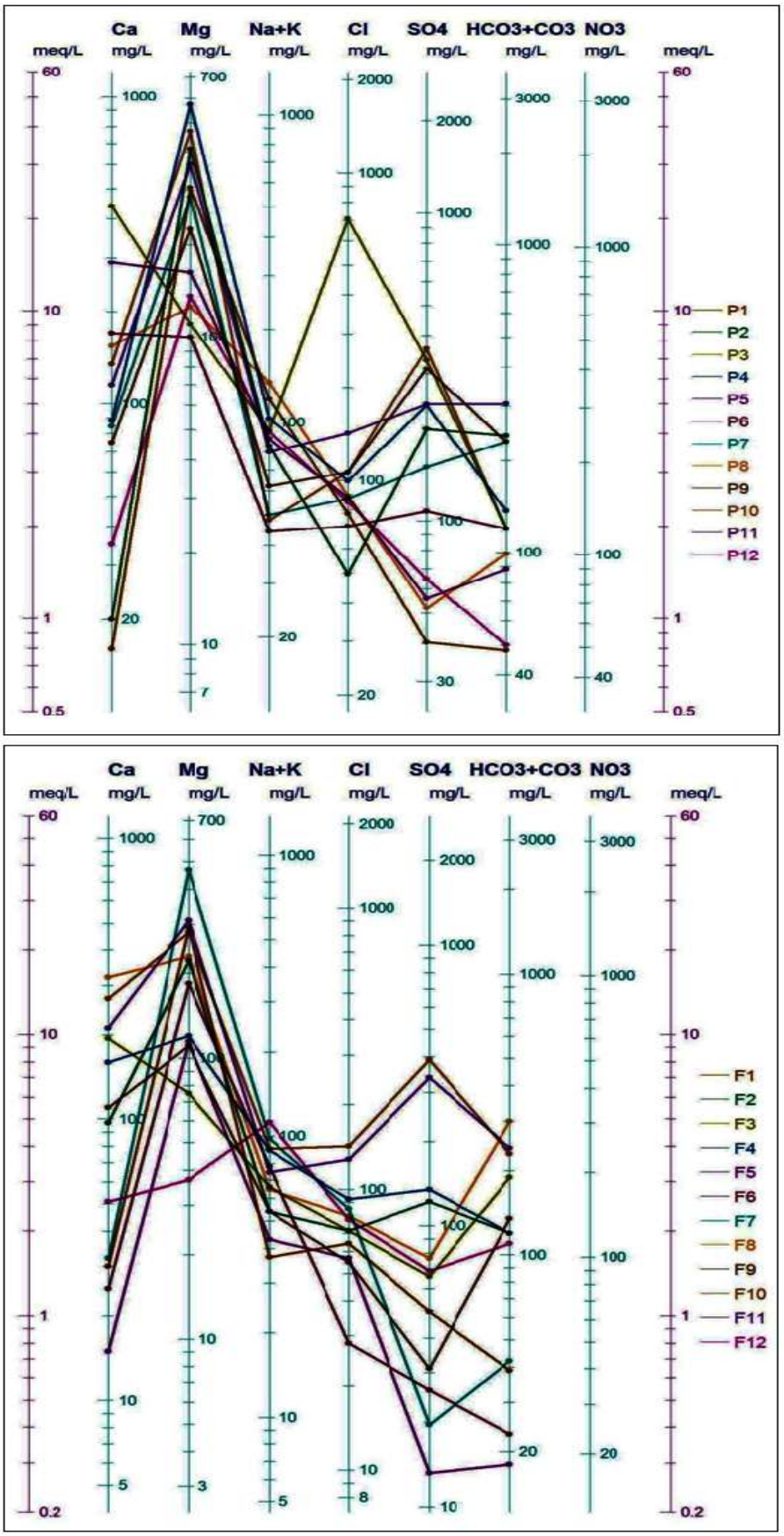


Fig.82.Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Juin 2016]

1.1.Normes de potabilité et qualité des eaux souterraines

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses des eaux souterraines du complexe des zones humides de Sanhadja, on a procédé aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé [OMS] pour chacun des paramètres.

Tab.63.Les normes de potabilité des eaux souterraines d'après l'OMS 1994

Signification des classes de qualité	
Excellente	**Eau de qualité optimale pour être consommé**
Bonne	**Eau de qualité acceptable pour être consommé mais le cas échéant faire l'objet**
Passable	**Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation**
Mauvaise	**Eau inapte à la production d'eau potable**

Paramètres	Unité	Classe de la qualité			
		Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Les paramètres physiques					
T	°C	25	25-30	30-35	> 35
PH		≥6.5 et ≤8.5	>8.5 et ≤ 9	<6.5 et ≥ 5.5 Ou >9 et ≤ 9.5	< 5.5 ou > 9.5
Conductivité	µS/cm	≥180 et ≤400	>400 et ≤ 2500	<180ou >2500et ≤4000	> 4000
TDS	mg/l	≥140et ≤300	>300 et ≤ 2000	<140ou >2000et ≤3000	> 3000
Les éléments majeurs					
Ca	mg/l	≥32et ≤160	-	<32 ou >160	-
Mg		30	50	400	-
Na		20	200	-	-
K		10	12	70	-
Cl		25	250	-	-
SO_4		25	250	-	-
Les matières azotées					
NO2	mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NH4		0.05	0.5	4	-
Les composés phosphatés					
PO4	mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3

1.1.1. Les paramètres physiques

1.1.1.1.La température

La température de l'eau varie selon les sites et la période de prélèvement. Les moyennes des températures obtenues sont conformes aux normes de l'OMS pour les eaux souterraines qui prévoient une valeur maximale de 25 °C.

1.1.1.2.Le Potentiel hydrogène [pH] :

Les variations du pH dans les eaux souterraines du complexe de Sanhadja n'a pas de changements importants, que ce soit dans le temps ou dans l'espace, ces mesures sont comparables d'un point de prélèvement à un autre et présentent des valeurs comprises entre 6.62 à 7.9, et tendent vers une valeur similaire moyenne situé à 7.16 au cours les deux compagnes. Ce qui est admissible en se référant aux normes de l'OMS [Tab. 64].

Tab. 64. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du pH

PH	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
≥6.5 et ≤8.5	Excellente	F1,F2,F3,F4,F5,F6 ,F7,F8,F9,F10, F11,F12,P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9 , P10,P11,P12	F1,F2,F3,F4,F5,F6 ,F7,F8,F9,F10,F11,F12,P1,P2,P3,P4,P5,P6, P7,P8,P9,P10,P11,P12

1.1.1.3. La conductivité électrique [CE] permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau ; un excès peut provoquer des inconvénients [altération gustative, laxative] et des maladies [maladies rénales,…].

L'évolution de la conductivité électrique dans les eaux souterraines est bien visible à l'échelle des saisons où les fortes valeurs s'observent en période d'étiage, elles atteignent 4470 µS/cm en juin 2016 au niveau du puits P3. Toutefois, cette très forte conductivité électrique traduit une minéralisation importante ce qui reflète plutôt une classe de qualité médiocre au niveau de ce puits. Tandis que les faibles valeurs se manifestent en période de crue, elles sont de l'ordre de 148µS/cm, en Février 2016 au niveau du Puits P5 [Tab.65]

Tab.65. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité de la conductivité électrique

CE [µS/cm]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
≥180 et ≤400	Excellente	F5,F6,F11, P9, P11	F1, F5, F6, F7,
>400 et ≤ 2500	Bonne	F1,F2,F3,F4,F7,F8,F9,F10,F12,P1, P2,P3,P4,P6,P7,P8, P10,P12	F2, F3, F4, F8, F9, F10, F11, F12, P1,P2, P4, P6, P7,P8,P9 P10, P11 ,P12
<180ou >2500 et ≤4000	Passable	P5,	P5,
> 4000	Médiocre		P3,

1.1.1.4.Le total des sels dissous [TDS]

Selon les résultats obtenus, il s'avère aussi que le total des sels dissous des forages et puits sont dans les normes donc les eaux souterraines sont de qualité optimale pour être consommé.

Tab. 66. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du TDS

TDS [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
≥140et ≤300	Excellente	F1, F5, F6, F7, F9, F10, F11, F12, P1, P3, P5, P8, P10, P11, P12	F1, F5, F6, F7, F8, F9, F12, P1, P2, P3, P4, P5, P8, P12
>300 et ≤ 2000	Bonne	F2, F3, F4, F8, P2, P4, P6, P7,	F2, F3, F4, F10, F11, P6, P7, P9 ,P10, P11
<140ou >2000 et ≤3000	Passable	P9 ,	

1.1.2. Les éléments majeurs

1.1.2.1. Calcium [Ca] est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés [terrain calcaire ou gypseux]*[Rodier et al., 2009]*. Les classes de ce paramètre sont illustrées dans le tableau ci-dessous

Tab.67. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du calcium

Ca [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
≥32et ≤160	Excellente	F1, F2, F3, F5, F6, F7, F9, F12, P1, P2, P4, P5,,P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12	F2, F4, F5, F6, F7, F9, F12, P7, P8, P9, P10, P11, P12
<32 ou >160	Passable	F4, F5, F8, F11, F10, P3	F1, F3, F5, F6, F8, F10, F11, P1, P2, P3,P5, P6

La teneur en calcium désirée doit être comprise entre 32 et 160 mg/l *[OMS. 1994]*.Les résultats obtenus [Tab.67] ont montré une variation des valeurs du calcium dans les eaux analysées de Sanhadja, avec une valeur moyenne de 123 et 131mg/l respectivement Février et Juin 2016. Ces valeurs sont conformes aux normes, exceptées celles des eaux des ouvrages F4, F8, F9, F10 et P3 au mois de Février et les points F3, F8, F10, F11, P3, P4, P5 au mois de Juin P6 qui sont inferieures à 32 mg/l et supérieure à 160 mg /l, et sont donc considérées comme eau de qualité passable [non potable nécessitant un traitement de potabilisation].

1.1.2.2. Magnésium [Mg] est un élément indispensable pour la croissance de l'organisme, au-delà d'une certaine concentration il offre un goût désagréable et provoque des troubles chez les enfants. Les normes de cet élément sont consignées dans le tab .68

Tab.68. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du magnésium

Mg [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
30	Excellente	F6, P1	
50	Bonne	F12	F12
400	Médiocre	F1, F2, F3, F4, F5, F7, F8, F9, F10, F11, P2,P3, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11,P1, P2,P3, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12

Les résultats montrent que la majorité des ouvrages sont des eaux médiocre ou la teneur en magnésium est dépasse les 50 mg/l.

1.1.2.3. Sodium [Na] ne présente aucun danger pour la santé, à l'exception de certaines maladies telles que l'hypertension et les maladies du cœur qui nécessitent des teneurs faibles. Les teneurs élevées offrent à l'eau un goût désagréable.

Tab.69. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du sodium

Na [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
20	Excellente		
200	Bonne	F1, F2, F3, F4, F5,F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, P1,P2,P3, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12	F1, F2, F3, F4, F5,F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, P1,P2,P3, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12

Les teneurs en calcium des eaux contrôlées [Tab.69] de tous les points étudiés sont toutes inferieures à la concentration maximale admissible est de 200 mg/l [OMS, 1994] pour l'eau potable.

1.1.2.4. Potassium [K] présente dans l'eau naturelle, ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l, donc il n'a pas de problèmes pour la santé.

La concentration moyenne en ion de potassium relevées dans les eaux analysées ne subit pas une grande variation, Elle oscille entre 9.2 mg /l [Février] et 10.23mg/l [Juin], avec des valeurs extrêmes de 19 mg /l notée comme maximale et de 2 mg/l notée comme valeur minimale [Tab.70].

Tab.70. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du potassium

K [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
10	Excellente	F1, F2, F3, F4, F6, F7, F8, F10, F11, F12, P2, P4, P5, P6, P7, P9,	F1, F2, F6, F7, F8, F10, F11, P1, P2, P6, P7, P9, P10,
12	Bonne	F5, F9, P1, P10	F3, F5, F9, F12,P3, P4, P5, P8,P11
70	Passable	P3, P8, P11, P12	F4, P3, P5, ,P12

Les concentrations en potassium montrent que la majorité des points sont des bonnes eaux et excepter les points [P3, P8, P11et P12] au mois de Février et les points [F4, P3, P5 et P12] au mois de Juin représentant des eaux passables avec des valeurs en Potassium supérieures à 12 mg/l.

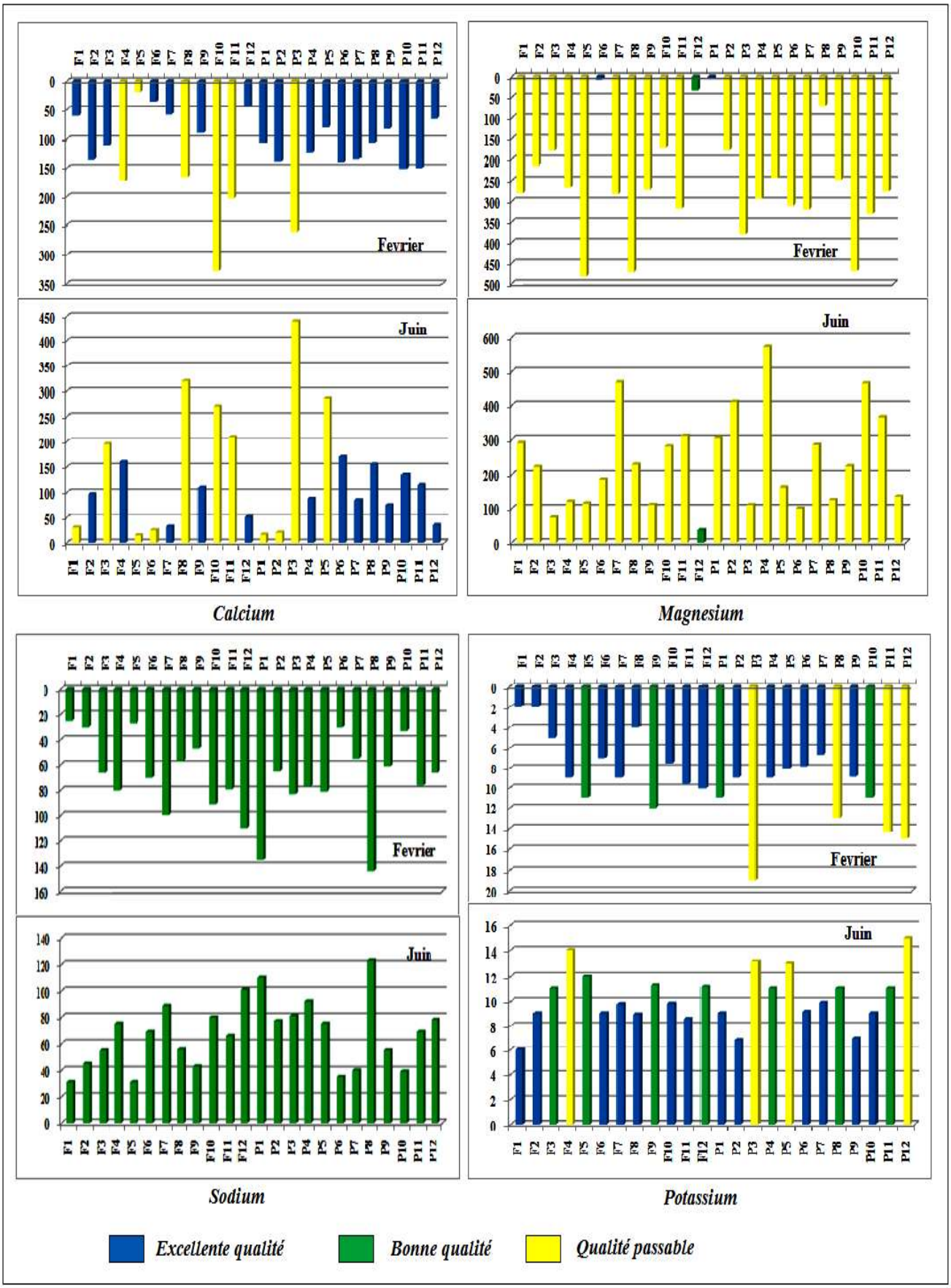


Fig.83.Evolution de la qualité des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja en fonction des cations [2016]

1.1.2.5. Chlorure [Cl] donne un goût désagréable et pose le problème de corrosion et aussi pour les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales. La norme donnée par l'O.M.S et de 250 mg/l.

Tab. 71. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du chlorure

Cl [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
250	Bonne	F1, F2, F3, F4, F5,F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, P1,P2, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12	F1, F2, F3, F4, F5,F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, P1,P2, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12
>250	Passable	P3,	P3,

Les concentrations des chlorures sont varies d'un point à l'autre, mais se sont conformes aux normes, exceptées celles des eaux des puits P3 au cours les deux périodes de prélèvement, qui vont de 710 à 1917 mg/l et sont donc se sont des eaux de qualité passable.

1.1.2.6. Sulfate [SO_4] provoque des troubles intestinaux, l'O.M.S fixe à 250 mg/l la teneur maximale admissible.

Notre analyse montre que 100% des points d'eau sont des bonnes eaux ou la teneur en sulfate est inférieure à 250 mg/l en période de crue, alors qu'en période d'étiage 79% sont bonne pour l'alimentation en eau potable et le reste du pourcentage représentant des eaux passable avec des valeurs en sulfate supérieures à 250 mg/l. Une origine anthropique des sulfates n'est cependant pas exclue pour les deux points présentant les plus fortes concentrations [Influence des rejets des eaux usées ou des fuites du réseau d'assainissement ainsi que la fertilisation azotée excessive des zones agricole avoisinant les sites étudiés].

Tab.72. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du sulfate

SO_4 [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
25	Excellente	F6,	F5, F7
250	Bonne	F1, F2, F3, F4, F5, F7, F8, F9, F10,F11, F12, P1,P2, P3, P4, P5, P6,P7, P8, P9 ,P10,P11,P12	F1, F2, F3, F4, F5, F8, F9, F12, P1,P2, P4, P5, P6,P7, P8, P11,P12
>250	Passable		F10, F11, P3, P9, P10,

1.1.2.7. Bicarbonate [HCO_3] ne provoque aucun effet nocif sur la santé. Il n'existe pas de valeur indicative pour cet élément suivant l'OMS. Les concentrations des bicarbonates sont plus ou moins stable durant la période de prélèvement, les teneurs comprises entre 22 à 450 mg /l, en période de crue et 18 à 305 en période d'étiage.

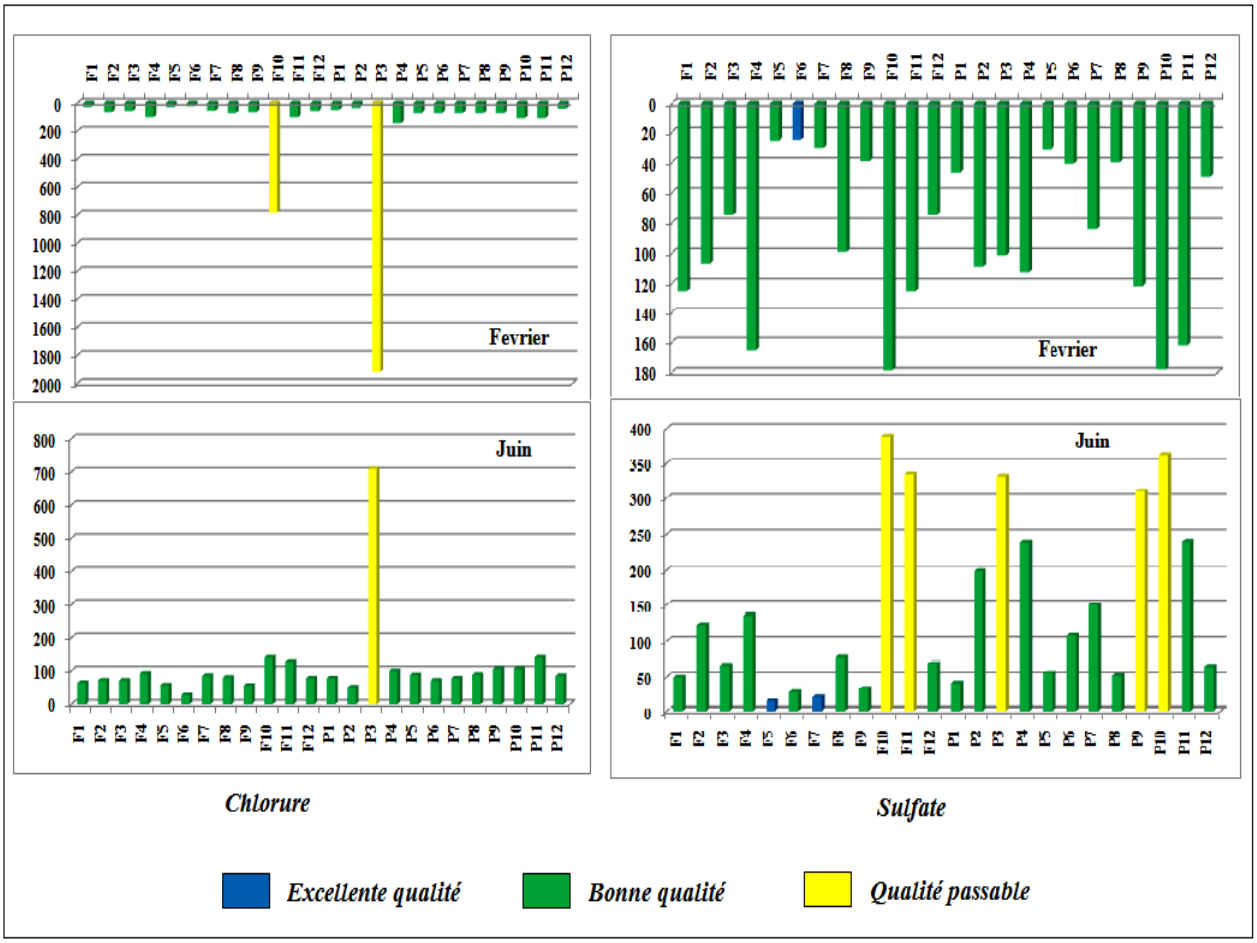


Fig.84 .Evolution de la qualité des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja en fonction des anions [2016]

1.1.3. Les matières azotées

1.1.3.1.Nitrite [NO_2]

La distribution de la qualité des eaux en fonction du nitrite, donne les trois classes de la qualité des eaux, la première excellente, caractérisée par des teneurs en nitrite entre 0 à 0.01 mg/l et la deuxième correspondant aux eaux bonnes, concerne le reste des ouvrages avec des teneurs en nitrite comprises entre 0.01 et 0.09 mg/l, alors que la classe passable est représentée par un seul point [P4] avec une teneur de l'ordre de 0.2 mg/l.

Tab.73. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du nitrite

NO_2 [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
0-0.01	Excellente	F1, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, P1, P5, P6, P7, P8, P9, P10,	F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, P1, P5, P6, P7, P8, P9, P10,
0.01-0.1	Bonne	F2, F12, P2, P3, P4, P11, P12	F1, F2, P2, P3, P11, P12
0.1-3	Passable		P4,

1.1.3.2.Ammonium [NH_4]

Les eaux profondes peuvent également se charger en ammoniaque par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux *[Rodier 2009]*.

L'évolution d'ammonium montre que la majeure partie des points analysés de Sanhadja sont de qualité excellente à bonne, ou les concentrations ont subis une faible variation allant d'un maximum de 0,26 mg/l et un minimum de 0 mg/l . Particulièrement ceux des forages F1et F7 qui ont enregistré une concentration superieure 0.5 mg/l qui est considérée comme la valeur la plus élevée au cours de la période d'étude, classant ainsi ces eaux de qualité passable vis-à-vis ce paramètre.

Tab.74. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité d'ammonium

NH_4 [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
0.05	**Excellente**	F2, F3, F4, F5, F6, F9, F10, F11, F12, P1,P2, P3,P4, P5, P6,P7, P8, P9, P11,P12	F1,F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, P1,P2, P3,P4, P5, P6,P7, P8, P9, P10, P11,P12
0.5	**Bonne**	F8,P10	
4	**Passable**	F1, F7,	

1.1.1. Les matières phosphatées

1.1.1.1.Phosphate [PO_4]

Pour les concentrations du phosphate dans les eaux souterraines de Guerbes-Sanhadja, environ 46 % des échantillons en période de crue et 29% en période d'étiage démontrent un apport plus important que dans l'ensemble du complexe, demeurant néanmoins au dessous de la norme avec une valeur maximale de 2.04 mg/l [F6] qui rendre l'eau inapte à l'alimentation en eau potable, le reste des concentrations soit 44 % des échantillons en période de crue et 71 % en période d'étiage sont inferieures à 0,1 mg/l ce qui caractérise globalement la qualité de ces eaux de moyenne à bonne vis-à-vis ce paramètre [Tab.75] Cette forte concentration en phosphate est due à l'utilisation de grandes quantités de phosphore sous forme d'engrais minéraux peut à long terme saturer les sols et provoquer l'enrichissement des eaux de surface des bassins agricoles. Ces concentrations sont la conséquence des pluies générant le ruissellement sur des terres fertilisées par les épandages d'engrais, ensuite leur infiltration dans le sous sol.

Tab.75. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du phosphate

PO_4 [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
0-0.01	**Excellente**	F3, F4, F5, F6, F8, F9,	F1, F3, F4, F9, P2,
0.01-0.1	**Bonne**	F2, P5, P6, P8, P9, P10, P11,	F2, F5, F8, F10, F11, P3, P4, P5, P6, P7, P11, P12
0.1-3	**Passable**	F1, F7, F10, F11, F12, P1, P2, P3, P4, P7, P12	F7, F12, P1, P8, P9, P10,
>3	**Médiocre**		F6,

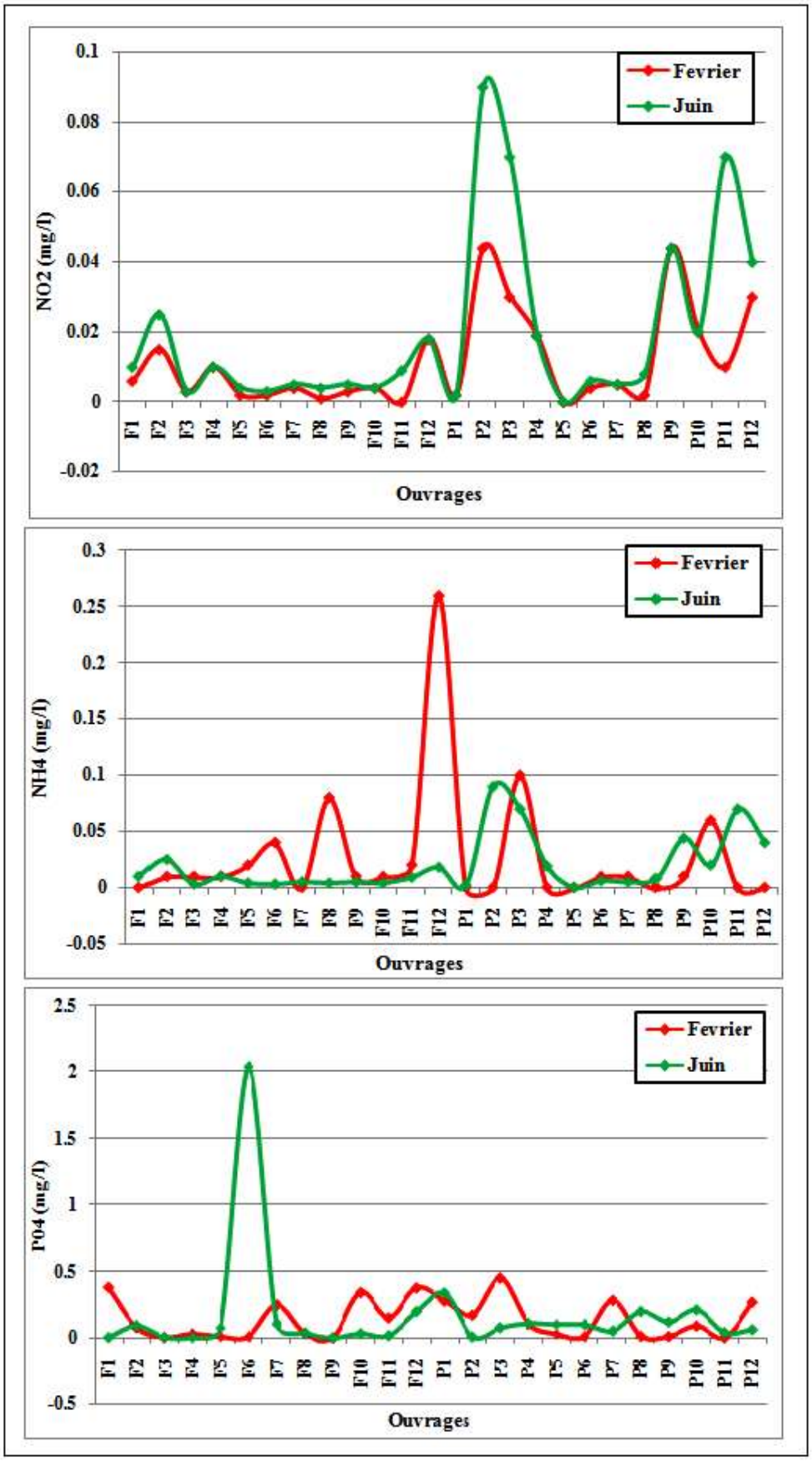


Fig. 85 .Evolution de la qualité des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja en fonction de matières azotées et phosphatées

II. CONCLUSION

- ***Les eaux de surface [les zones marécageuses]***

Une étude hydrochimique des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja a été faite. Cette étude a pour objectifs d'améliorer la connaissance de la qualité naturelle de ces eaux surtout pour l'écosystème aquatique ainsi que d'évaluer leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions anthropiques.

- Ces analyses ont permis de montrer la prédominance des faciès : Bicarbonaté magnésien et chloruré magnésien ;
- Une synthèse statistique a été effectuée afin de récapituler les tendances moyennes d'évolution des teneurs des éléments analysés. Ce travail a permis ainsi de mieux cerner la variabilité naturelle des éléments analysés. Du point de vue paramètres physiques les eaux ont un PH dans les normes, un faible taux d'oxygène dissous, ceci est expliqué par l'oxydation et la biodégradation de la matière organique, turbide pour la totalité des zones marécageuses et sont caractérisées par une minéralisation moyenne accentuée à importante ;
- Pour les concentrations en chlorures, en bicarbonates et en magnésium sont ainsi généralement élevées. Concernant les chlorures, leur provenance géologique peut être due à la dissolution des chlorures de sodium des alluvions salifères rencontrées dans les formations triasiques évaporitiques. La deuxième possibilité, concernant une provenance des pompages exagérés en bordure de mer n'est pas à exclure. Pour les bicarbonates qui sont à l'origine de lessivage du massif calcaire environnant la plaine de Sanhadja, et pour le magnésium sa provenance est schisteuse ainsi que lessivage des terrains calcaréo-dolomitiques. Tandis que les sulfates, calciums et sodiums, les eaux des marécages correspondent aux bonnes eaux ;
- Les eaux des marécages ont connu une pollution excessive dans la qualité de ces eaux, et ce à cause des fortes matières organiques, du point de vie phosphate, ammoniums et nitrites les eaux sont classées en trois types de qualité [Bonne, passable et médiocre], et pour les nitrates les eaux sont de bonne qualité pour la majorité des eaux des marécages le long de la période d'échantillonnage.

- ***Les eaux souterraines de Guerbes-Sanhadja :***

L'étude menée sur les eaux de forages et puits du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja nous a permis d'évaluer leur qualité sur le plan physico-chimique. En effet, il ressort les résultats suivants :

- L'interprétation des résultats des analyses chimiques des eaux souterraines de Sanhadja révèle les faciès dominants de type : Bicarbonaté magnésien et chloruré magnésien ;

- Généralement, les ouvrages d'eau ont des teneurs en magnésium plus importantes que celles en ions calcium et sont dominants parmi les cations. Les teneurs des ces éléments sont dépassent les normes préconisées pour l'alimentation en eau potable pour la majorité des ouvrages ou les eaux sont de qualité passable pour le Magnésium et de bonne à passable pour le Calcium. Concernant les teneurs en sodium, l'eau en contient toujours mais en proportions variables dont les fortes teneurs à la norme admise pour les eaux souterraines dont les eaux sont de type bonnes
- Selon les résultats obtenus, il s'avère aussi que les Chlorures et les Sulfates des eaux de forages et puits sont dans les normes à l'exception F10et P3 qui sont caractérisés par une qualité d'eau passable.
- Concernant les nitrites les eaux sont de qualité excellente à bonne pour la totalité des points analysés.
- Du point de vue ammonium et phosphate, montrent qu'on a trois classes d'eau : excellente, bonne et passable.

CHAPITRE 7:

APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION DANS LE COMLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES- SANHADJA

CHAPITRE 7

APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES-SANHADJA

Le complexe des zones humides de Sanhadja [Nord-est de l'Algérie], a connu durant ces dernières années une certaine expansion économique, particulièrement agricole soit 47% de la surface agricole utile marquée par plusieurs variétés de cultures allant du maraîchage aux cultures spéculatives fait appel à de grandes quantités d'eau.

Les différentes pratiques agricoles et la mise en place de nombreux systèmes d'irrigation ont eu un effet sur la qualité des eaux. Il est à noter que les sels minéraux contenus dans l'eau ont un impact sur le sol et les plantes. En effet, les sels peuvent causer des changements dans la structure du sol [sur sa perméabilité et son aération], affectant directement le développement des plantes *[Person.1978]*. Donc Il est nécessaire que cette eau présente des propriétés physicochimiques adaptées aux plantes, notamment l'absence de la salinité.

L'objectif de cette étude a été consacré à l'évaluation de la qualité des eaux de Guerbes-Sanhadja et la possibilité de leur utilisation pour l'irrigation. Pour atteindre cet objectif une analyse hydrochimique a été réalisée, elle s'est portée sur les éléments majeurs et les paramètres de pollution organique [DBO_5, NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+ et PO_4^{-3}] des eaux des marécages. La période d'échantillonnage a été étalée sur deux campagnes, Février et juin 2016. Les dix marécages qui ont fait l'objet d'analyses étaient répartis sur l'ensemble de la région étudiée.

I. APTITUDE DES EAUX DES EAUX DE SURFACE A L'IRRIGATION

Les activités anthropiques et particulièrement agricoles ont tendance à se développer de préférence à proximité des cours d'eau et mieux encore là où le plan d'eau est facile à atteindre .Le complexe de Sanhadja est un exemple typique où l'eau constitue un facteur déterminant dans la production agricole, aussi bien en intensification des cultures qu'en extension des surfaces irriguées .La disponibilité des eaux des marécages surtout en période d'étiage faciliter aux agriculteurs leurs utilisations à des fins agricoles*[Hedjal et al .2016 .b]*. L'évaluation de la qualité de ces eaux de surface utilisées dans l'irrigation et les risques éventuels de la dégradation des sols du complexe constitue l'objectif de cette partie.

1. Les paramètres des eaux à usage agricole

L'aptitude de l'eau à l'irrigation peut être jugée non seulement à partir de la concentration totale en sels, mais aussi par le type de sels et les ions qui la constituent *[Rouabhia et al 2010]*

Il est donc impératif d'étudier les paramètres qui définissent les caractéristiques des eaux destinées à l'irrigation. Parmi ces paramètres : sodium Adsorption [SAR], carbonates de sodium résiduels [RSC], le pourcentage en sodium [Na%] , indice de perméabilité [IP%] et indice de pollution organique [IPO] .Le tableau ci-dessous [Tab.76] récapitule les paramètres les plus importants, qui intervenant dans la qualité de l'eau destinée à l'irrigation.

Tab. 76. Paramètres de la qualité de l'eau d'irrigation

Paramètres	Formules	
Carbonates de sodium résiduels	$RSC = (CO_3^{-}+HCO_3^{-}) - (Ca^{2+}+Mg^{+2})$	**Eaton 1950**
Le pourcentage en sodium	$\%Na = [(Na + K)/ (Ca + Mg + Na + K)] \times 100$	**Wilcox 1948**
Indice de permeabilité	$IP = [(Na^{+} +\sqrt{HCO3}) / (Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^{+})] \times 100$	**Doneen 1962**
Sodium Adsorption	$SAR = Na^{+}/ [Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$	**Richards 1954**

L'analyse statistique des paramètres les plus importants qui intervenant dans la qualité de l'eau pour l'irrigation sont illustrées dans le Tableau ci-dessous [Tab. 77].

Tab.77 .Paramètres statistiques de la qualité de l'eau d'irrigation des marécages

		PH	CE [µS/cm]	NO_3^- mg/l	Cl^-	SAR	RSC	Na	IP	OPI
					méq/l			%		
Février	Max	7.54	2243	33	23.00	1.41	1.10	42.94	73.33	1.75
	Min	6.7	223	11	0.40	0.12	-49.39	2.49	6.39	4.75
	Moy	7.10	673.90	21.82	4.50	0.57	-21.84	11.46	19.36	3.58
	Ecartype	0.29	589.81	7.24	6.78	0.37	12.66	11.37	19.33	0.79
	CV %	4.07	87.52	33.18	150.61	65.07	-57.96	99.18	99.87	22.13
Juin	Max	8.55	4590	23.10	28.00	0.78	-1.68	24.21	53.36	3.75
	Min	6.76	279	8.30	1.20	0.33	-49.39	7.68	11.49	2.50
	Moy	7.71	972.10	15.39	5.27	0.59	-18.53	12.48	20.93	3.05
	Ecartype	0.64	1300.63	4.30	8.59	0.15	12.34	4.96	11.90	0.40
	CV%	8.26	133.80	27.92	163	25.75	-66.60	39.75	56.86	13.27

L'aptitude des échantillons a été analysée sur la base des résultats obtenus et des indices évalués; comparant les valeurs obtenues avec la classification suggérée par différents auteurs [Tab.78]

Tab.78 .Classification de la qualité de l'eau pour l'irrigation

Qualité	CE	SAR	RSC	Na	IP
	Wilcox 1955	Richards 1954	Eaton 1950	Wilcox 1948	Doneen 1964
Excellente	<250	0-10	<1.25	<20	>70
Bonne	250-750	10-18		20-40	25-75
Admissible	750-2000	18-26	1.25–2.5	40-60	
Médiocre	2000-3000		>2.5	60-80	<25
Mauvaise	>3000	26		>80	

1.1. Le potentiel d'Hydrogène [PH]

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans les eaux d'irrigations. La valeur du pH dans ce cas devrait se situer entre 6,5 et 8,4 *[Ayers et Westcot .1985]*, Où Avec ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.

Généralement les eaux des marécages sont dans la norme préconisée pour d'irrigation, avec un pH compris entre 6,5 et 8,4. A l'exception le marécage du Chychaya qui dépasse la norme avec une valeur de l'ordre de 8.55 en période d'étiage.

1.2. La conductivité électrique

La conductivité électrique est un excellent indicateur de la minéralisation qui reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous *[Alsheikh 2015; Rodier 2009]*.

Selon WILCOX, 80% des eaux de Sanhadja sont appropriées pour l'irrigation [CE< 750 µS/cm] et le reste Inadapté [cas les eaux des Garâat Hadj Tahar et Béni Mhamed].

Tab. 79 .Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation de la conductivité électrique

Qualité	CE [µS/cm]	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
Excellente	<250	Sidi Makhlouf	
Bonne	250-750	Chychaya, Zaouia, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, Ain Nechma, El Guelb	Sidi Makhlouf, Chychaya, Zaouia, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, Ain Nechma El Guelb,
Admissible	750-2000	Hadj Tahar,	Hadj Tahar,
Médiocre	2000-3000	Béni M'Hamed	Béni M'Hamed

1.3. Les Chlorures

L'ion des chlorures sont classés comme un paramètre toxique pour les plantes. On considère les chlorures jusqu'à une concentration de 4 méq/l, les eaux sont adaptées à l'irrigation *[Bouaroudj et Kadem .2014; Guasmi et al. 2013]*. Cela peut causer plusieurs problèmes dans les cultures à la concentration de 10 méq/l. *[Ayers et Westcot ; 1985]*.

Selon le tableau ci-dessous [Tab.80], les résultats montrent que pendant les deux périodes de prélèvement, les eaux sont de modérée à sévères toxicité et ne sont pas appropriés à l'irrigation pour les zones marécageuses : Zaouia, Hadj Tahar, Messaoussa et Béni Mhamed. Cependant pour le reste des marécages étudiés sont convenables à l'irrigation.

Tab. 80 .Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation des Chlorures

Cl [méq/l/]	Degré de restriction d'utilisation	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
<4	**Pas de toxicité**	Sidi Makhlouf, Chychaya, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, Ain Nechma, El Guelb, Hadj Tahar	Sidi Makhlouf, Chychaya, Moussissi, Echrouk, Messaoussa, Ain Nechma, El Guelb, Béni M'Hamed
4-10	**Toxicité modérée**	Zaouia	Hadj Tahar, Béni M'Hamed, Messaoussa
>10	**Toxicité sévère**	Béni M'Hamed	

1.4. Le Carbonate de Sodium Résiduel [RSC méq/l]

L'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation en se basant uniquement sur le SAR minimise très souvent le risque de sodisation et d'alcalinisation de ces eaux lorsque le faciès chimique n'est pas chloruré. C'est pourquoi on a tenu compte de l'alcalinité résiduelle comme une autre approche dans l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation *[Richards; 1954 ; Gouaidia et al ; 2013]*. La détermination du RSC se fait selon la relation suivante *[Eaton 1950]* :

$$RSC = (CO_3^{-}+HCO_3^{-})-(Ca^{2+}+Mg^{+2}) \qquad (7)$$

- Si la valeur RSC est supérieure à 2,5 méq/l, l'eau est généralement impropre à l'irrigation ;
- Si la valeur de RSC est comprise entre 1,25 et 2,5 méq/l, l'eau est marginalement a appropriée ;
- Tandis qu'une valeur inférieure à 1,25 méq/l indique une qualité d'eau sûre *[Guasmi.2013]* .

Des valeurs inférieures à 1.25 méq/l sont observées pour toutes les eaux des zones marécageuses et au cours les deux compagnons [Fig.86]. Donc Sur la base du RSC, les eaux sont classées comme excellentes à permises pour l'irrigation.

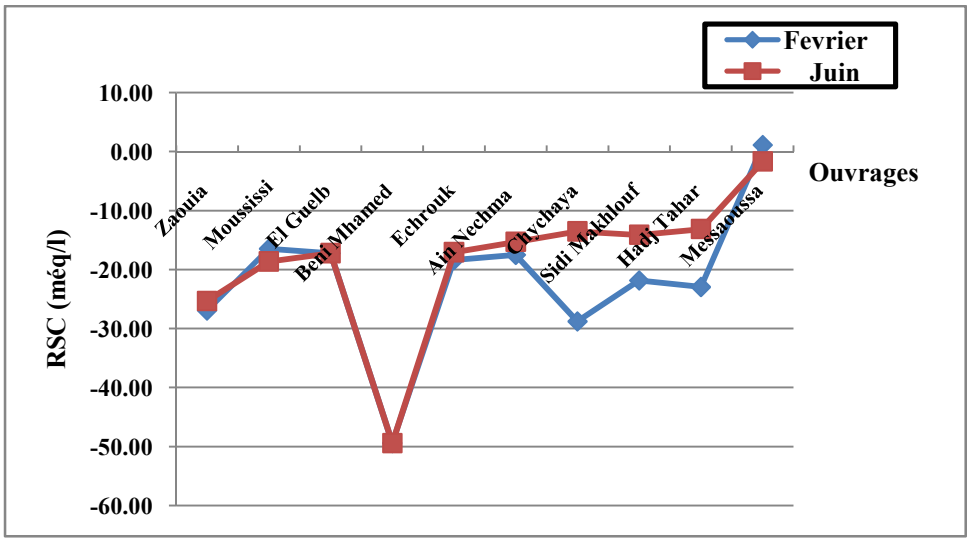


Fig. 86 .L'évolution du RSC des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja

1.5. Le pourcentage du sodium [Na%]

Les fortes teneurs en sodium provoquent un changement de la structure physique du sol à cause du gonflement des particules d'argiles [*Derradji.2004]*. Celles-ci seront par la suite dispersées rendant ainsi la circulation de l'eau plus lente au sein du sol. Cette dégradation des caractéristiques physiques du sol se traduit par une baisse de sa perméabilité et de son aération *[Hadj-Said 2007, Raoubhia 2010]*

Selon la classification de Wilcox *[Wilcox, L.V, 1948],* nous permettons de dire que nos zones marécageuses sont de excellente qualité pour l'irrigation, excepté Garâat Messaoussa qui prend une qualité admissible pendant la période de crue avec un taux du sodium de 43%.

Tab. 81 .Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation du Na%

Na [%]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
<20	Excellente	Zaouia, Moussissi El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed	Zaouia, Moussissi Messaoussa, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed
20-40	Bonne		Messaoussa,
40-60	Admissible	Messaoussa,	

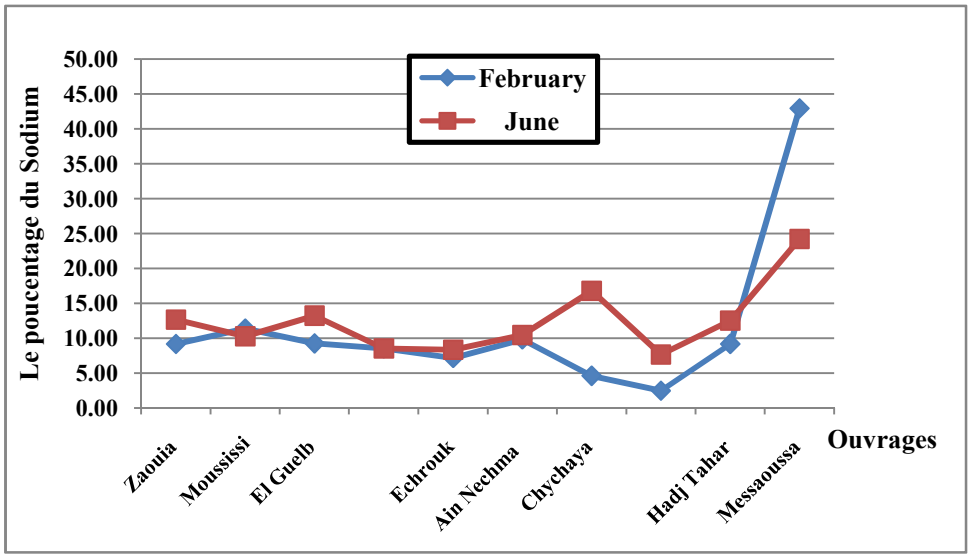


Fig. 87 .L'évolution du pourcentage du Sodium des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja

1.6. L'indice de perméabilité [IP%]

Les valeurs d'IP> 75% indiquent une excellente qualité d'eau pour l'irrigation. Si les valeurs de PI sont comprises entre 25 et 75%, elles indiquent une eau de bonne qualité pour

l'irrigation [Tab.82]. Cependant, si les valeurs d'IP sont inférieures à 25%, elles reflètent une nature inappropriée de l'eau pour l'irrigation *[Hadji et al. 2013; Venkateswarana et al. 2015]*. L'indice de perméabilité calculé pour les eaux analysées s'étale entre 6 et 73% pour les deux périodes de prélèvement. La mauvaise perméabilité pour 90% des zones marécageuses [IP<25%] entrave l'apport d'eau à la culture *[Hedjal et al .2018.b]*. Elle rend beaucoup plus difficile les pratiques culturales sur les parcelles agricoles.

Tab. 82 .Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation de l'IP%

IP [%]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
25-75	Bonne	Messaoussa,	Messaoussa,
<25	Médiocre	Zaouia, Moussissi, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed	Zaouia, Moussissi, Messaoussa, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed

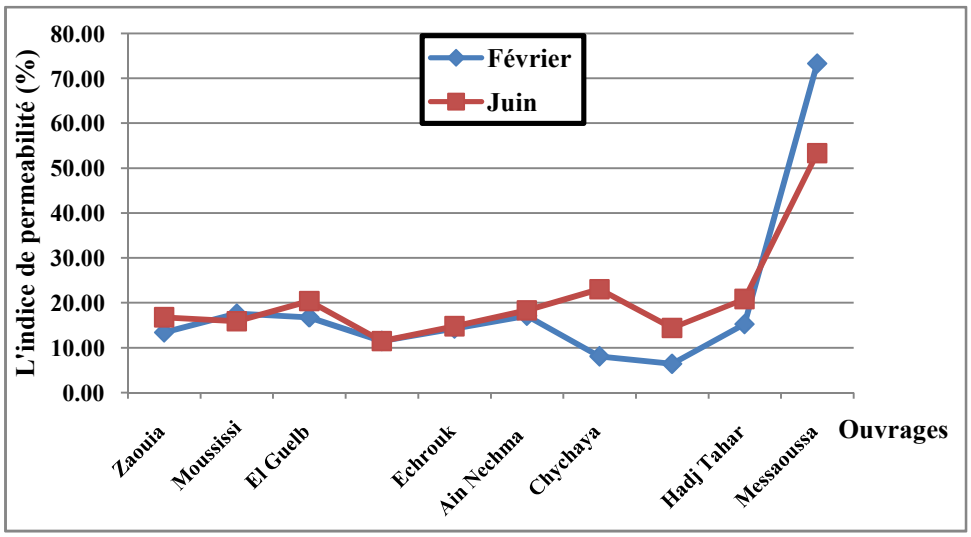


Fig. 88 .L'évolution de l'indice de permeabilité des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja

1.7. Taux d'absorption du sodium [SAR]

Les valeurs du SAR des eaux des zones marécageuses de Sanhadja se situaient dans la fourchette de 0.12 à 1,41 méq/l, avec une moyenne de 0.58 pour les deux périodes, cela implique qu'aucun risque d'alcalin n'est prévu pour les cultures, cependant ces faibles valeurs [SAR <10] suggérant leurs excellentes adéquations à l'irrigation [Tab. 83 ; Fig. 89].

Tab. 83 .Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation du SAR

SAR [méq/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
<10	Excellente	Messaoussa, Zaouia, Moussissi, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed	Messaoussa, Zaouia, Moussissi, Messaoussa, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed

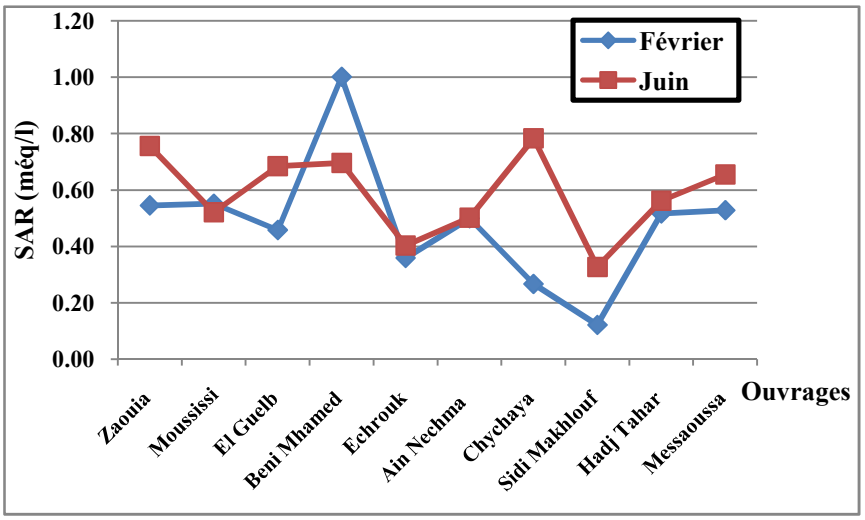


Fig. 89 .L'évolution du SAR des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja

1.8. Les nitrates

Les nitrates sont présents sous des formes très solubles. Leur présence est associée à l'utilisation intensive d'engrais chimiques *[Benrabah et al.2016]* .Sous cette forme, L'azote est un sel nutritif utilisé par la plupart des plantes. Les cultures sensibles peuvent être affectées par des concentrations d'azote inferieures à 5 mg/l. Les plus d'autres cultures sont relativement peu affectées jusqu'à ce que l'azote dépasse 30 mg/l *[Ayers et Westcot .1988]*.

Tab. 84 .Classification des eaux des marécages de Guerbes-Sanhadja selon les normes d'irrigation des nitrates

NO_3 [mg/l]	Degré de restriction d'utilisation	Ouvrages correspondants	
		Février 2016	Juin 2016
<5	Pas de toxicité		
5-30	Toxicité modérée	Moussissi, El Guelb, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed, Messaoussa,	Zaouia, Moussissi, Messaoussa, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk, Hadj Tahar, Béni Mhamed, Messaoussa,
>30	Toxicité sévère	Zaouia, Ain Nechma,	

Nous avons noté un léger enrichissement en nitrates en période de crue dont la valeur maximale peut atteindre 33 mg/l. Cette élévation témoigne d'une autoépuration plus active facilitée par une bonne oxygénation et un apport en eau supplémentaire par les eaux souterraines .En saison sèche, une diminution dans la plupart des zones marécageuses .Elle pourrait être due au fait que pour lutter contre l'eutrophisation et l'anaérobiose en plus de l'assimilation végétale, le milieu utilise les nitrates comme source d'oxygène pour sa minéralisation et son autoépuration et par conséquent son équilibre écologique . Cependant, la concentration de nitrate révélant une toxicité modérée à Toxicité sévère [Ain Nechma, Moussissi]. Donc les eaux sont classées dans le type d'eau de mauvaises qualités pour l'irrigation. [Fig.90]

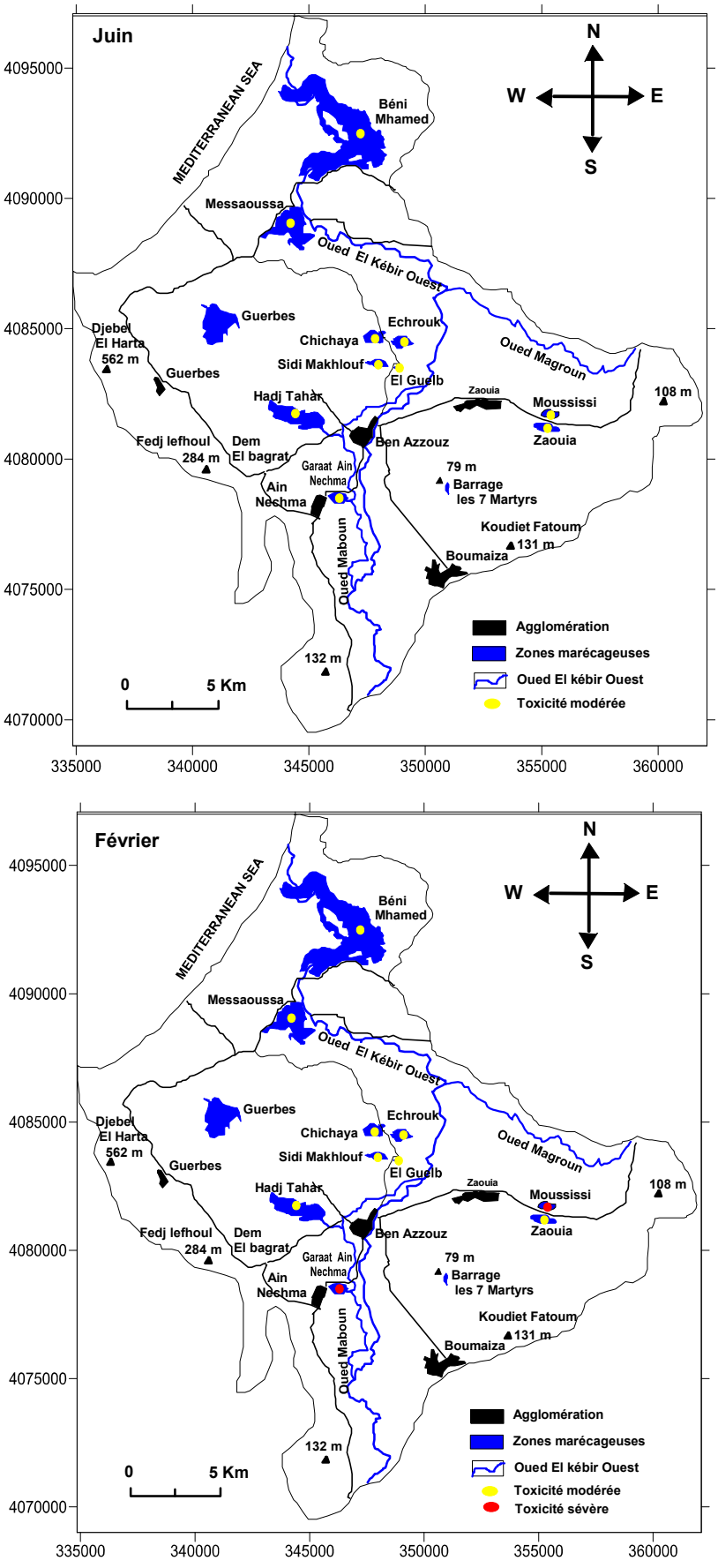


Fig. 90 . Cartes de qualité des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation en fonction des nitrates [Février et Juin .2016]

1.9. Indice de pollution organique [IPO]

En période d'étiage [Juin 2016], les zones humides portent une charge organique importante, dégradant sa qualité. Cependant, les valeurs de l'IPO [IPO=2,50] sont localisées aux points des rejets des eaux usées des agglomérations rurales [le cas : Garâat Ain Nechma] et les fosses septiques des zones éparses, [le cas : des Garâates Chychaya et Echrouk] ainsi que la contribution des activités agricoles [utilisation d'engrais et de pesticides] diminuent vers les autres points où la pollution est modérée. Se rajoute à cela leur dilution par les eaux souterraines du massif dunaire de
Guerbes.

En période de crue [Février], les zones humides révèlent une pollution relativement faible à modérée en raison de la dilution par un débit supplémentaire de l'oued El Kébir Ouest et ses affluents.

La forte concentration de l'indice de pollution organique rend l'eau impropre à Irrigation

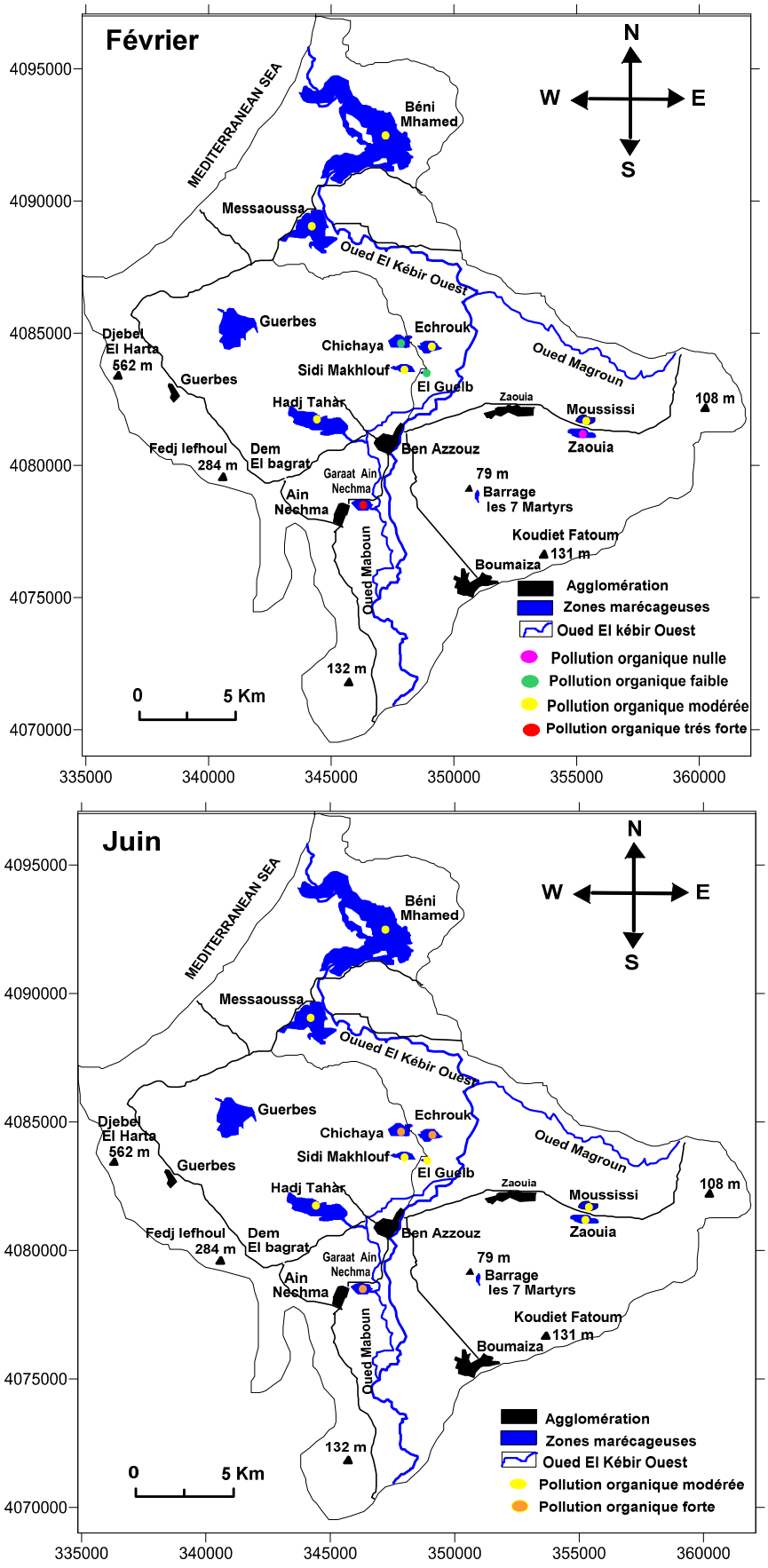


Fig. 91 . Cartes de qualité des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation en fonction de l'IPO [Février et Juin]

1.10. Classification des eaux de surface du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja d'après Wilcox

Dans le but d'étudier la qualité des eaux de surface à l'irrigation, on a fait recours à la méthode de Wilcox. Il met en évidence différentes classes d'eau qui a été définies sur la base du taux d'absorption de sodium [SAR] et sur la concentration de l'eau sous la forme de la conductivité électrique [en µS/cm à 25°C].

Les différentes valeurs ont été portées sur le diagramme de Wilcox [Fig. 92] à partir de cette répartition, il en résulte les trois classes enregistrées dans le [Tab.85].

Tab.85. Classification des eaux des zones marécageuses de Sanhadja par degrés d'aptitude à l'irrigation [Wilcox]

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation	Zones marécageuses correspondantes	
				Février	Juin
1	Excellent	C1-S1	Utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols.	Sidi Makhlouf,	-
2	Bonne	C2-S1	Eau pouvant être utilisé sans contrôle particulière pour l'irrigation des plantes moyennement tolérante aux sels	Zaouia, Moussissi Messaoussa, El Guelb, Ain Nechma, Chychaya, Echrouk	Zaouia, Moussissi Messaoussa, El Guelb, Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya, Echrouk
3	Admissible	C3-S1	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainées.	Hadj Tahar Béni Mhamed	Hadj Tahar
4	Médiocre	C4S1	Eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés		Béni Mhamed

Les eaux des zones marécageuses conservent, en général, les mêmes qualités pour l'irrigation au cours de toute la période d'observation [Tab.85] pour les deux campagnes. Où 80% des eaux appartenant aux classes conviennent généralement pour l'irrigation sans contrôle des plantes moyennement tolérante aux sels. Sauf Garâat Béni Mhamed qui tombe dans la classe médiocre en période d'étiage [Juin] est d'une sodicité plus importante que celle de la classe précédente au mois de Février, néanmoins les eaux de ce marécage peuvent être utilisées dans certaines conditions [perméabilité élevée du sol, bonne lixiviation et des plantes très tolérantes aux sels] et un contrôle continue de la salinité.

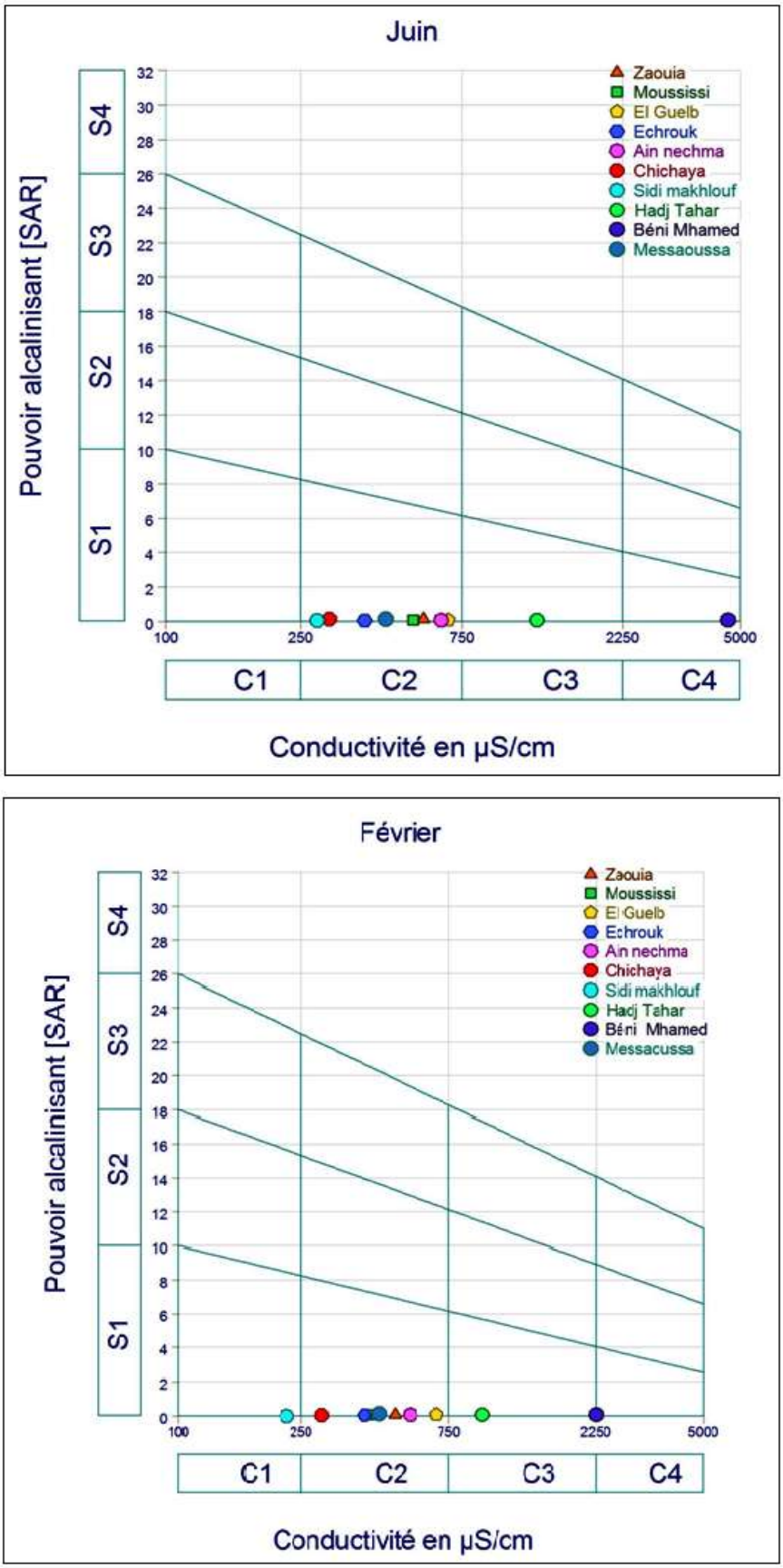


Fig. 92. Aptitude des eaux des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox [Février et Juin .2016]

II. APTITUDE DES EAUX SOUTERRAINES A L'IRRIGATION

1. Influence de la sodicité et de la salinité sur la perméabilité du sol

En milieu salé, la conduite de l'irrigation est fortement influencée par la perméabilité du sol souvent très faible pour les solutions percolantes. En effet, dans un sol salé imprégné en NaCl, la perméabilité reste bonne tant que la solution saline percolante présente une charge élevée en électrolytes, charges qui maintiennent les argiles floculées. Si l'eau d'irrigation est chargée en sodium, le nombre d'ions Na^+ combinés avec le sol augmente. On assiste à une dégradation de structure, avec un gonflement des argiles à l'origine de l'imperméabilité du milieu. Le processus de dessalement et de drainage risque alors d'être complètement stoppé.

2. Classification des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja d'après Wilcox

Comme les plantes tiennent mal dans les sols saturés en sodium, on a réalisé la classification des points d'eau, selon le diagramme de Wilcox, fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en pourcentage

Après avoir reporté tous les points d'eau sur le diagramme de Wilcox [Fig.93 ; Fig.94], on a pu dégager la présence des classes suivantes :

La classe [C_1S_1] : caractérise une eau excellente pour l'irrigation et pouvant utilisée sans danger pour l'irrigation de la plus part des sols. On la rencontre à la périphérie du massif dunaire de Guerbes. Cette classe n'a paru qu'avec un faible pourcentage ne dépassant pas, durant toutes les campagnes, 12.5 %.

La classe [C_2S_1] : eau est bonne pour l'irrigation et pouvant être utilisée sans contrôle particulièrement pour l'irrigation des plantes moyennement tolérante au sel ; cette caractérise les forages et les puits qui se situent à l'Est et au Sud du complexe des zones humides de Sanhadja .Sa présence varie de 29,16 % [Juin] à 54.16 % [Février]

La classe [C_3S_1] : désigne les eaux admissibles pour l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés ou de bonne perméabilité dont la salinité doit être contrôlée. La majorité des forages et puits appartenant à cette classe se situent dans le massif calcaire et calcaréo-dolomitique du djebel Safia, qui atteint 37.5 % au mois du Février et 50% au mois du juin.

La classe [C_4S_1] : indique les eaux médiocres fortement minéralisées, susceptibles de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés. Cette classe apparaisse pendant la période d'étiage et occupe le centre du complexe avec un faible pourcentage qui est de l'ordre de 8.33%.

Le diagramme de Wilcox montre que les classes C2S1 et C3S1 sont les plus abondantes pour la majorité des ouvrages et durant toute la période d'observation. Pour les autres stations, les classes C1S1 et C4S1 ont chacune leurs propres caractéristiques, qui sont caractérisées par un faible pourcentage.

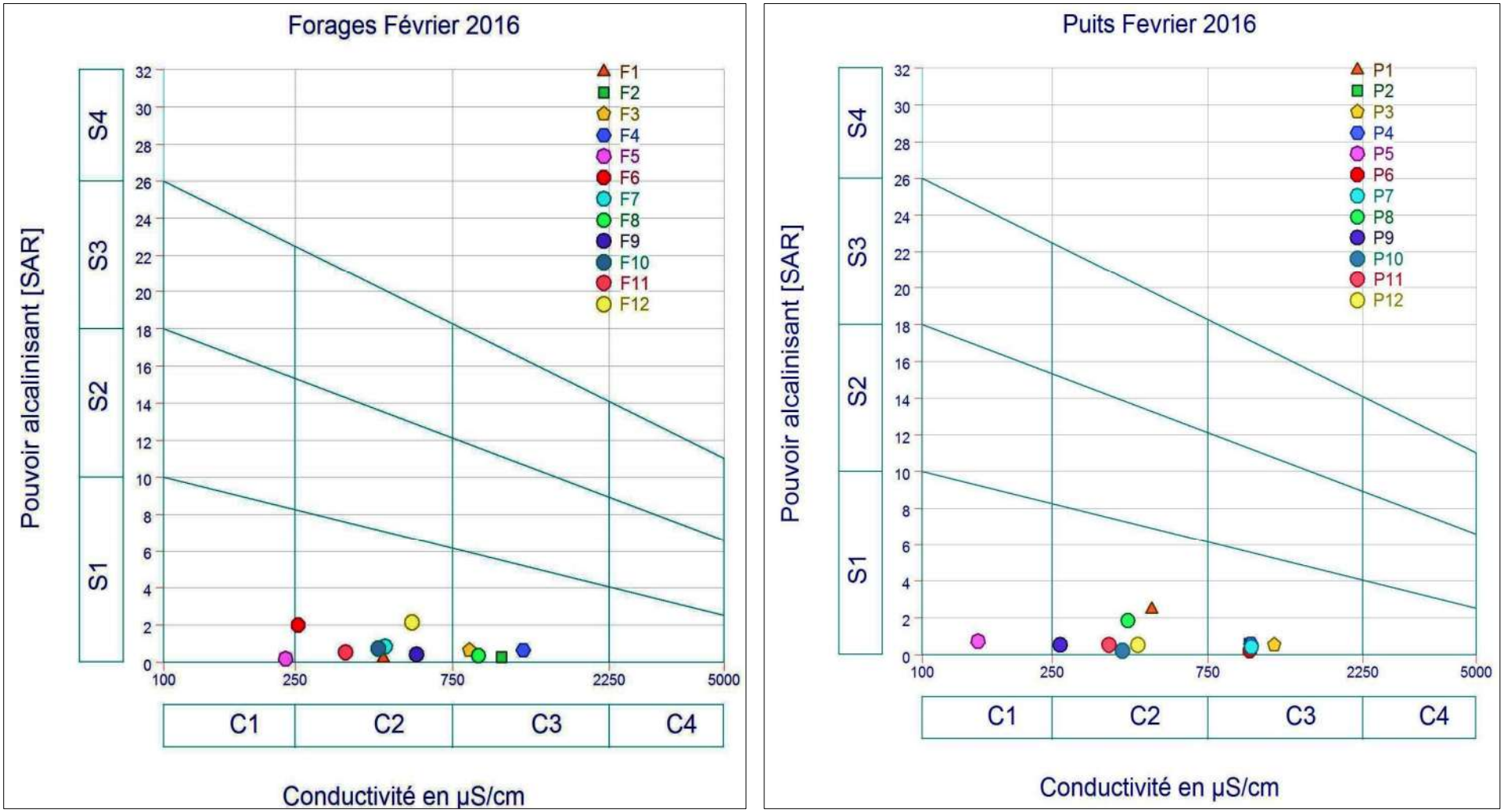


Fig.93 .Aptitude des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox [Février 2016]

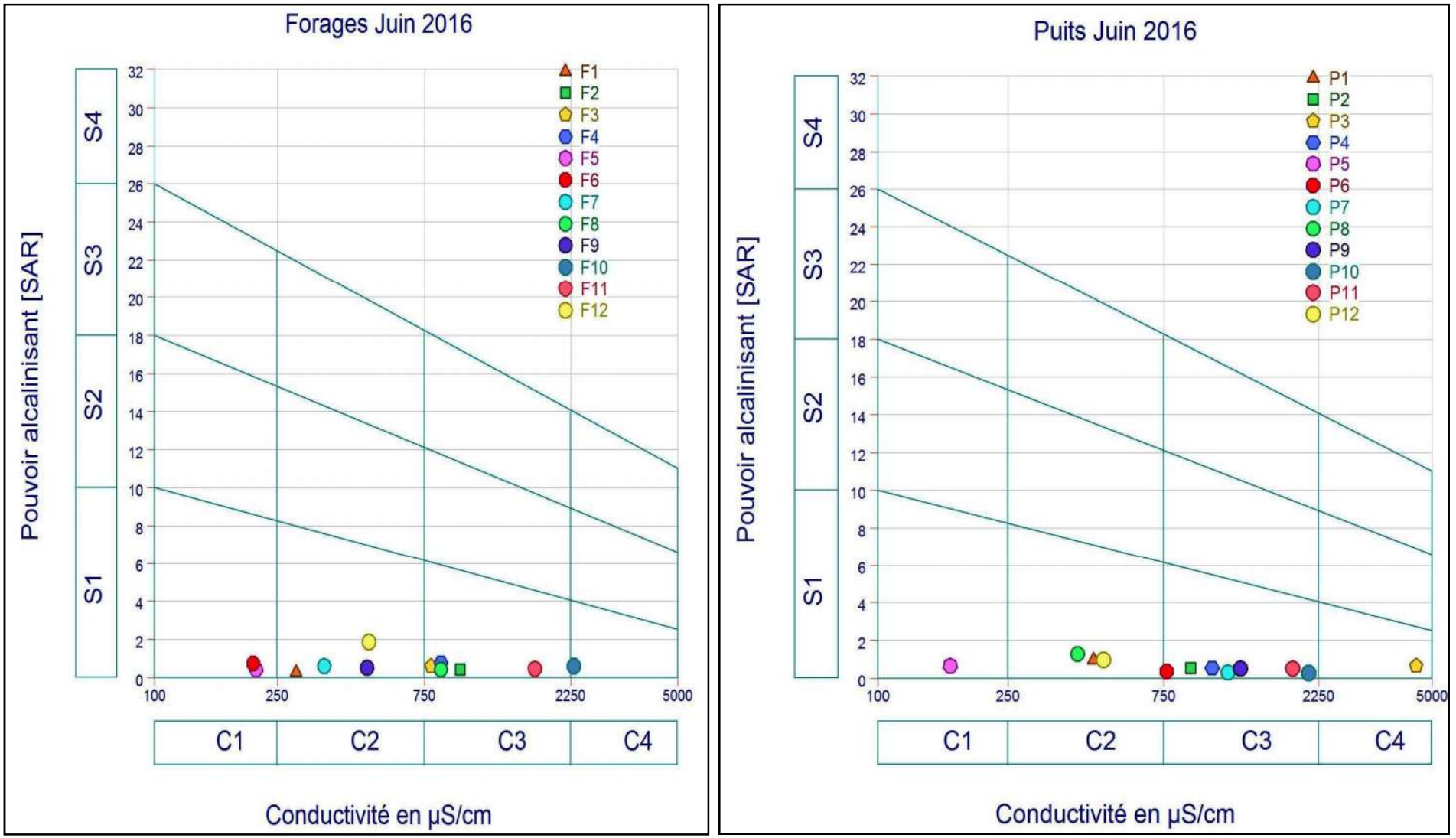


Fig.94 .Aptitude des eaux souterraines du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox [Juin 2016]

III. CONCLUSION

- ***Les eaux des zones marécageuses***

- L'étude a permis de déterminer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des zones marécageuses de Guerbes-Sanhadja pour l'irrigation et d'évaluer leur pertinence par le diagramme de Wilcox et différents paramètres.
- L'analyse de tous les paramètres caractérisant la salinité pendant toute la période a été utilisée pour évaluer la qualité de ces eaux par des méthodes conventionnelles. Cette évaluation a révélé que les eaux sont de salinité moyenne à élevée, en particulier au nord du complexe de Guerbes-Sanhadja. Néanmoins, il reste faible pour d'autres sites. D'où la possibilité de leur utilisation pour l'irrigation ;
- Selon la valeur du SAR qui reste faible, les eaux marécageuses présentent un faible risque d'alcalinisation, cette hypothèse est confirmée par le RSC, dont la valeur est inférieure à 1,25 méq/l et pourraient être utilisées en irrigation sur tout type de sol ;
- L'évaluation de la pollution des eaux par la détermination de l'indice de pollution organique montre que la pollution varie selon les localités, de modérée à très forte en Eté et modérée à faible en Hiver, donc l'eau ne peut pas être utilisée pour les pratiques d'irrigation ;
- La classification de Wilcox montre que, dans l'ensemble, l'utilisation de ces eaux pour l'irrigation dans cette zone humide pendant les deux périodes convient à l'irrigation des diverses cultures. Prise en compte de la concentration des sels minéraux, notamment en période de basses eaux à certains endroits où l'eau devient nuisible et impropre à l'irrigation mais peut être utilisée sous certaines conditions [forte perméabilité du sol, bonne lixiviation et plantes tolérantes aux sels].

- ***Les eaux souterraines***

- D'après le diagramme de Wilcox, les classes les plus abondantes sont C2S1 et C3S1 pour la majorité des points étudiés tandis que pour les autres stations, les classes C1S1 et C4S1 ont chacune leurs propres caractéristiques.

CHAPITRE 8:

ESSAI DE GESTION PARTICIPATIVE DES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA

CHAPITRE 8

ESSAI DE GESTION PARTICIPATIVE DES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA

I. UNE APPROCHE PARTICIPATIVE : UN MODELE -TYPE DE LA GIRE

En Algérie comme ailleurs dans le monde, et particulièrement dans les pays à faibles ressources hydriques, la gestion de l'eau et de l'environnement fait l'objet d'une remise en question globale. L'UNESCO dans son rapport mondial de 2003, concernant la mise en valeur des ressources en eau, mentionne:

« La crise de l'eau est essentiellement une crise de gouvernance. Les causes inclurent l'absence d'institutions adaptées aux problèmes de l'eau, la fragmentation des structures institutionnelles [une approche de gestion par secteur et des structures de décision qui font double emploi ou qui s'opposent], des intérêts divergents en amont et en aval en ce qui concerne les droits des riverains et l'accès à l'eau, [. ..] ainsi que les incertitudes concernant l'application des lois et règlement. »

La gestion des ressources en zones protégées et en particulier les zones humides d'importance internationale « site Ramsar », s'oriente de plus en plus vers une gestion intégrée et globale par bassin versant. Par contre, en Algérie, l'application de ce processus quoi qu'il soit débattu depuis plus d'une décennie, progresse timidement, et l'emphase est toujours mise sur la gestion sectorielle *[in Raachi.2007]*. La dégradation et la menace qui pèsent sur le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja est un exemple type de l'échec de cette gestion *[Zouini.3013]*.

Même, si la gestion intégrée est plutôt bien assimilée aujourd'hui par les instances gouvernementales et organismes de bassin, ce n'est pas toujours le cas aux échelles plus locales [Le cas du complexe de Guerbes-Sanhadja]. En effet, la mise en œuvre locale d'une gestion intégrée est rapidement confrontée à divers obstacles tel que le chevauchement prérogative entre les différents gestionnaire de l'eau , le découpage administratif du territoire, un manque de connaissances et de partage d'informations, les moyens techniques et financiers, la maîtrise foncière … Ces obstacles expliquent encore actuellement la mise en œuvre de modes de gestion sectorielle .

La proposition de cette nouvelle gestion pour protéger la situation et définir les enjeux majeurs et prioritaires sur le complexe de Guerbes-Sanhadja. Elle fait également mention des orientations pour l'adoption et la mise en place d'un organisme local capable de coordonner

les actions d'un schéma d'aménagement et de gestion intégrée du complexe qui tiendrait compte du caractère protégé du territoire et en même temps des impératifs du développement socio-économique des riverains des zones humides de Guerbes-Sanhadja , dans une perspective de développement durable sans compromettre l'avenir des écosystèmes qui supportent la vie même de ces populations.

1. Gestion intégrée de l'eau par bassin versant

Nombreuses sont les références qui adoptent cette approche par bassin versant [Burton.2001; Gangbazo. 2004].Les conférences internationales sur l'eau et l'environnement, notamment celle de Rio de Janeiro en 1992 et le troisième forum mondial de l'eau, tenu à Kyoto en 2003, ont appelé à son adoption. A l'occasion du « Sommet mondial sur le développement durable » de 2002, de nombreux pays se sont engagés à élaborer des plans nationaux de GIRE et d'efficience de l'eau. La GIRE est reconnue maintenant comme une des meilleures approches pour une gestion durable des ressources en eau [GWP.2009].

Le concept de gestion intégrée : " La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites d'un bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux.» **[Environnement Québec, 2004]**

Un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux» [Partenariat mondial de l'eau,2000] . Son objectif affiché est double, d'une part le partage des ressources entre usagers, en considérant les ressources comme support d'usage ; d'autre part, la préservation des ressources pour elles-mêmes en tant que patrimoine commun. En prenant en compte les dimensions économique, sociale et environnementale de la gestion de l'eau et des écosystèmes aquatiques, la gestion intégrée vise à long terme le développement durable *[Charnay. 2010]*

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est donc un concept très large. Nécessitant un contexte particulier pour son application la définition d'un cadre institutionnel adapté, le renforcement des capacités de gestion et de coordination entre les actions menées à tous les niveaux, le développement des connaissances, une organisation efficace, une participation active de tous les acteurs concernés, la conduite d'expérimentations *[Global Water*

Partnership, 2000] .Par conséquent, chaque pays l'applique en l'adaptant selon la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les forces et les caractéristiques relatives des acteurs de l'eau, le paysage culturel et les conditions naturelles qui lui sont propres *[Georges Gangbazo.2004]*.

Il nous semble intéressant de relever un des éléments de conclusion de la thèse de *[Charnay. 2010],* selon lequel : « La gestion intégrée est si exigeante qu'aucune catégorie d'acteurs ne rassemble toutes les conditions nécessaires pour assurer une intégration optimale à chaque étape du processus de gestion. Les acteurs les mieux organisés pour une gestion intégrée sont généralement ceux qui détiennent le plus de connaissances sur l'état des ressources et qui entretiennent des partenariats et une représentativité dans les instances de concertation de la politique de l'eau à toutes les échelles. »

Le tableau suivant retrace les principales dates clefs de la GIRE, qui sont l'occasion de poser progressivement ses principes fondateurs et ses priorités [en gras dans le tableau]. L'objectif vise à promouvoir une évolution des concepts et pratiques considérés comme essentiels pour l'amélioration de la gestion des ressources en eau [Tab.86].

Tab.86. La gestion intégrée, objet des échanges internationaux [Ferraton. 2016 ; Diop. 2017]

Années	Lieu des échanges	Résultats
1972	***Conférence de Stockholm [Suède]***	Le 2ème principe de la Déclaration de Stockholm exprime la conviction commune suivante: les ressources naturelles du globe, y compris l'air, l'eau, la terre, la flore et la faune (...) doivent être préservées dans l'intérêt des générations présentes et à venir par une planification ou une gestion attentive selon que de besoin.
1977	***Conférence des Nations Unies sur l'eau à Mar del Plata en Argentine***	Unique conférence intergouvernementale exclusivement consacrée à l'eau.
1980	***Proclamation de l'Assemblée générale des Nations Unies***	Déclaration sur la décennie internationale de l'Approvisionnement en eau potable et de l'assainissement.
1987	***Rapport Bruntland***	Le rapport Brundtland impose en ce qui concerne l'eau de gérer les ressources en eau comme un patrimoine, en intégrant dans l'ensemble des utilisations de l'eau le concept de solidarité envers les générations futures.
1990	***Consultation mondiale sur l'eau potable et l'assainissement de New Delhi [Inde]***	La Déclaration de New Delhi stipule « qu'un peu d'eau pour tous vaut mieux que beaucoup pour peu de monde». La notion de partage de la ressource entre au cœur des débats. La Déclaration lance un appel afin de définir une stratégie concertée et commune visant à intégrer la gestion des ressources en eau.
1992	***Conférence internationale sur l'eau et l'environnement de Dublin [Irlande]***	***1ère formulation de la GIRE.*** Fondement des 4 principes précurseurs de la GIRE: **Principe 1 :** L'eau est une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. **Principe 2:** La mise en valeur et la gestion de l'eau doivent avoir un caractère participatif et associer les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs à tous les niveaux. **Principe 3** : Les femmes jouent un rôle déterminant dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau. **Principe 4** : L'eau est utilisée à de multiples fins, elle a une valeur économique et l'on doit donc la reconnaître comme un bien économique. Emergence de l'idée de création d'un conseil mondial de l'eau
	Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement [Sommet de la Terre] tenue à Rio de Janeiro' [Brésil]	Donne naissance à l'Agenda 21 dont le Chapitre 18 est intitulé « Protection des ressources en eau douce et de leur qualité : application d'approches intégrées de la mise en valeur, de la gestion et de l'utilisation des ressources en eau. Précise que « La gestion intégrée des ressources en eau est fondée sur l'idée que l'eau fait partie intégrante de l'écosystème et constitue une ressource naturelle et un bien social et économique dont la quantité et la qualité déterminent l'affectation»

1994	***8ème Congrès mondial de l'eau de l'Association internationale des ressources en eau [AIRE] au Caire [Egypte]***	Résolution visant à créer le Conseil mondial de l'eau ainsi qu'un comité chargé de mettre au point l'ensemble de la procédure précédant sa création
	Création du RIOB, Aix-les-Bains	Le Réseau International des Organismes de Bassin [RIOB] a pour objet de promouvoir, comme outil essentiel d'un développement durable, la gestion intégrée des ressources en eau par bassin hydrographique
1996	***Création du Conseil mondial de l'eau***	Le Global Water Partnership (GWP) (Conseil Mondial de l'Eau) est un partenariat de travail entre tous les acteurs impliqués dans la gestion de l'eau
1997	***1er forum mondial de l'eau à Marrakech [Maroc]***	Confère au Conseil mondial de l'eau la suprématie dans le domaine de la gestion des ressources en eau visant à établir la «Vision mondiale pour l'eau ». La Déclaration de Marrakech invite à «travailler ensemble dans un partenariat renouvelé pour mettre en pratique les principes de Mar del Plata, de Dublin et du chapitre 18 du Sommet de Rio ;
2000	***2ème Forum mondial de l'eau, la Hague***	Etablit les priorités suivantes : « satisfaire les besoins fondamentaux en eau, assurer l'approvisionnement en eau, protéger. Les écosystèmes, partager les ressources en eau, gérer les risques, évaluer le prix de l'eau et gérer l'eau de façon plus judicieuse ».
2002	***Sommet Mondial sur le Développement Durable [SMDD]à Johannesburg [AS]***	L'article 26 du plan de mise en œuvre du Sommet Mondial du Développement Durable (SMMD) appelle à développer la GIRE et des plans d'efficience de l'eau avant l'année 2005 au sein des pays en voie de développement
2003	***3ème Forum mondial de l'eau, Kyoto [Japon]***	Le 3ème Forum mondial de l'eau a pris en considération les nouveaux engagements figurant parmi les objectifs fixés lors du Sommet du millénaire des Nations unies à New York (2000), de la Conférence internationale sur l'eau douce de Bonn (2001) et du Sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg (2002)
2006	***4ème Forum mondial de l'eau, Mexico***	Recommandations du RIOB: « Les bassins versants des fleuves, des lacs et des aquifères, sont les territoires pertinents pour organiser une gestion participative des ressources en eau, et des milieux aquatiques. »
2009	***5ème Forum mondial de l'eau, Istanbul***	Adoption du Pacte d'Istanbul sur l'eau qui rassemble les acteurs clés au niveau local qui s'engagent et recherche les meilleurs politiques et pratiques pour relever des défis.
2012	***6ème Forum mondial sur l'eau, Marseille***	Le 6ème Forum a innové en proposant notamment une nouvelle Commission, "Racines & Citoyenneté", créée afin d'impliquer et de mobiliser la société civile.
2014	***5ème semaine Africaine de l'Eau, Dakar***	Elle a été l'occasion de renforcer la vision commune de la gestion des ressources en eau des pays Une Afrique où la gestion et l'utilisation équitable et durable de l'eau contribue à la réduction de la pauvreté, le développement socio-économique, la coopération régionale et l'environnemental africains à l'horizon 2025
2015	***7ème Forum Mondiale de l'Eau, Corée***	Les critères doivent permettre de suivre les principales caractéristiques de l'objectif de la préservation de la ressource et de son accès équitable.

1.1. Notion d'intégration

L'intégration dans le contexte de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant, implique la nécessité de prendre en compte toutes les composantes physiques du cycle de l'eau, ainsi que leurs interactions, y compris la composante humaine. La gestion intégrée prendra en compte les exigences et les menaces liées à l'eau.

1.2. L'Approche écosystémique

L'approche écosystémique constitue le principal outil d'intégration pour la gestion intégrée de l'eau par bassin versant *[Burton. 2001]*.

Selon le même auteur, les concepts fondamentaux d'une approche écosystémique sont :

- Étant donné que tous les éléments d'un écosystème (physiques, chimiques et biologiques) sont interdépendants, les ressources doivent être gérées comme des systèmes dynamiques et intégrés et non comme des éléments indépendants et distincts. En pratique, cette gestion suppose que tous les acteurs doivent comprendre les conséquences de leurs gestes sur la durabilité des écosystèmes;

- La nature dynamique et complexe des écosystèmes fait en sorte que l'approche écosystémique doit être souple et adaptable;

- La complexité des problèmes et des enjeux *soulevés* dans un écosystème exige une approche qui fait appel à l'intégration des questions scientifiques, sociales et économiques. La recherche, la planification, la communication et la gestion environnementale doivent plus que jamais reposer sur la collaboration interdisciplinaire.

1.3. Objectifs de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant peut concerner toutes les problématiques que l'on peut trouver dans un bassin versant *[Environnement Québec. 2004]*. Ces problématiques sont souvent interreliées, le processus de prise de décision sera alors complexe et à arbitrage délicat. Et parmi ces problématiques, on peut citer :

✓ **L'approvisionnement en eau** : les bassins versants, en recueillant l'eau des précipitations, en emmagasinant une partie dans les nappes d'eau souterraine et en évacuaint l'autre partie par leur réseau hydrographique, jouent un rôle primordial dans l'approvisionnement en eau des populations, des agriculteurs et des autres usagés de l'eau ;

✓ **Contrôle de la qualité de l'eau**: la gestion intégrée de l'eau par bassin versant constitue une approche adéquate pour relever le défi de l'assainissement des eaux, le contrôle peut se faire en amont pour réduire la quantité de contaminants [chimique, physique ou biologique] qui peuvent atteindre les eaux superficielles [Marécages de Sanhadja, cours d'eau…] ou

souterraines [nappes], ou en aval par le traitement des eaux usées à l'aide d'équipements conçus à cet effet ;

✓ **Contrôle des sédiments** : une des problématiques majeures sur laquelle se penche la gestion intégrée de l'eau par bassin versant, est le problème d'érosion des sols, par le fait même la sédimentation sera contrôlée. Cette sédimentation est le premier problème qui pose une sérieuse altération à l'état des zones marécageuses ;

✓ **Préservation de la biodiversité** : les zones humides jouent un rôle important dans le maintien de la biodiversité, le fonctionnement hydraulique du bassin versant, et la transition entre les écosystèmes aquatiques et terrestres. La préservation de l'équilibre de leurs écosystèmes comptera aussi parmi les objectifs d'une gestion intégrée de l'eau par bassin versant.

1.4. Facteurs de succès de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant

Le succès d'un projet de gestion intégrée de l'eau par bassin versant dépend de plusieurs facteurs. En voici quelques-uns *[Partenariat mondial pour l'eau / Comité technique consultatif. 2000; Davenport. 2003]* :

1. Faire du bassin versant l'élément central des efforts de gestion;
2. Adopter une approche participative;
3. Faire une grande place aux connaissances scientifiques et utiliser des données fiables;
4. Élaborer un bon plan de communication;
5. Élaborer un bon programme de formation et de sensibilisation.

1.5. Planification de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant

La mise en œuvre de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant nécessite plusieurs types de planification *[Gangbazo. 2004 ; Raachi.2007]* :

- ***Une planification à l'échelle de l'État****:* qui a pour objectifs la mise en place des conditions politiques, administratives et légales, à savoir, le découpage du territoire en grands ensembles de bassins versants, l'élaboration d'un cadre de gestion, l'élaboration d'un cadre financier, l'ajustement des structures administratives et législatives, l'adaptation des politiques et programmes gouvernementaux au contexte de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant, et la formation du personnel affecté au soutien des organismes de bassin versant.
- ***Une planification à l'échelle des bassins versant*** : qui est effectuée par les organismes de bassins versants, et doit déterminer les solutions ou les actions pour la protection, la

restauration ou la mise en valeur de l'eau; concevoir les projets réalisables par l'organisme de bassin versant pour le compte de l'ensemble des acteurs de l'eau, y compris les résidents [acteurs locaux] ; coordonner les actions de certains projets avec celles des bassins versants adjacents.

- ***Une planification à l'échelle du projet**:* assurée par les acteurs de l'eau [organismes privés et publics, et les individus], et vise à concevoir et à réaliser les projets déjà déterminés de façon concertée par l'organisme de bassin versant pour la protection, la restauration ou la mise en valeur de l'eau.

Lors de la réalisation d'un nouveau projet de gestion intégrée de l'eau par bassin versant, il est impératif de former un organisme de bassin versant chargé de planifier la gestion intégrée de l'eau, qui concrétisera l'association entre les différents acteurs de l'eau **[** le public, les groupes de citoyens, les chercheurs, les institutions de divers ordres de gouvernement].

Plusieurs étapes doivent être franchies pour planifier adéquatement un projet de gestion intégrée de l'eau par bassin versant [Fig. 95]

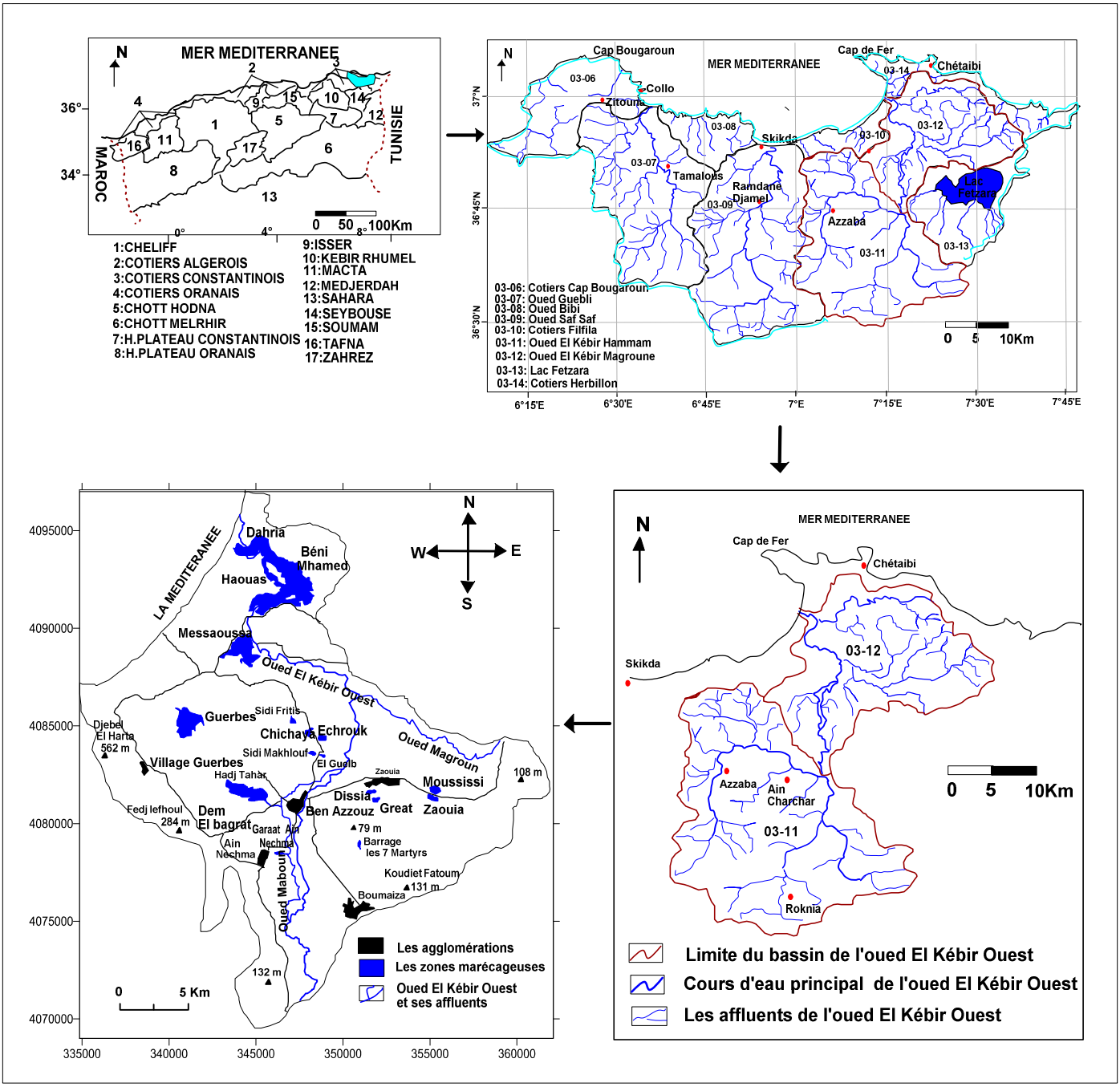


Fig. 95. Échelles de planification de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant au niveau du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

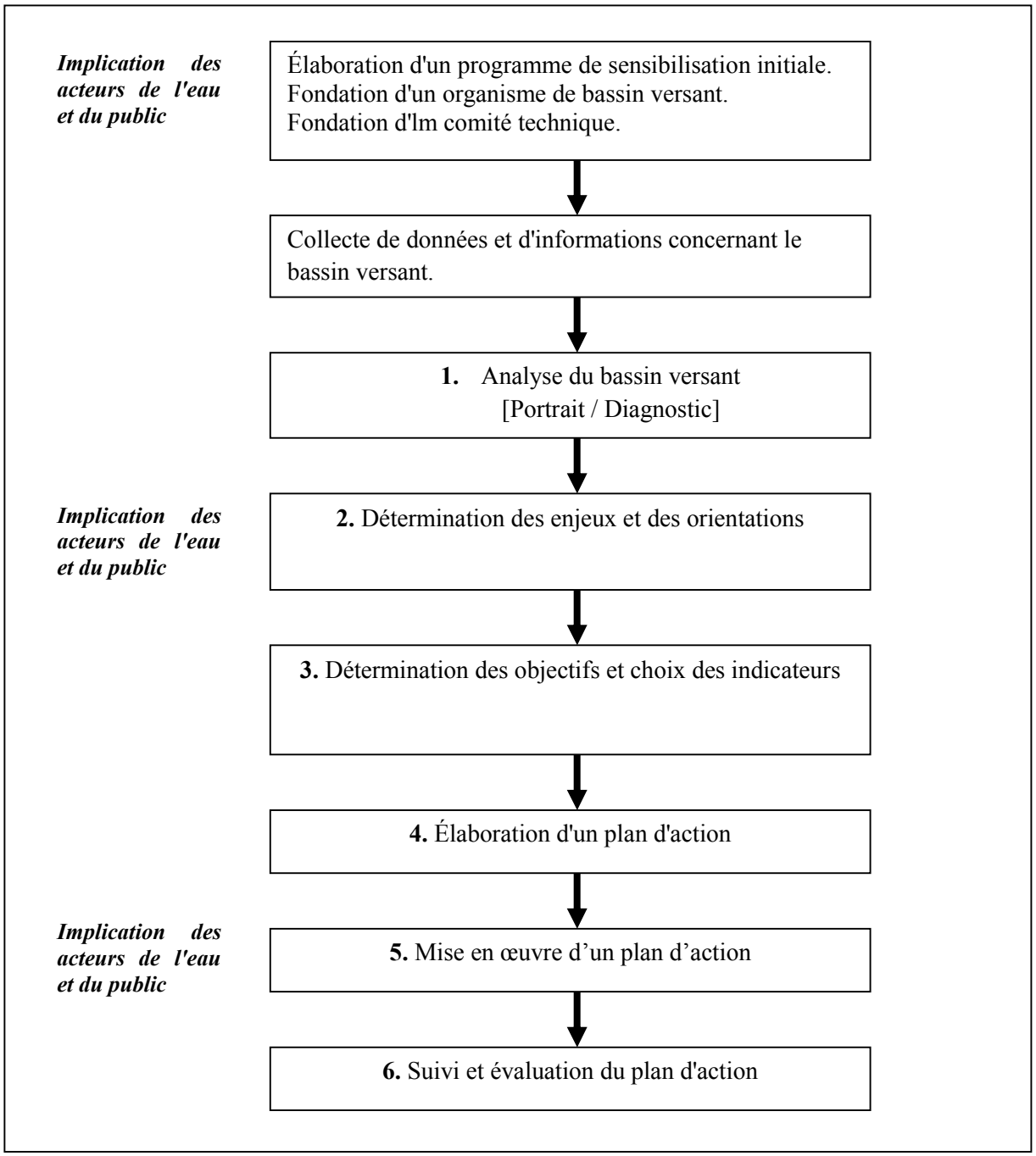


Fig. 96. Cycle de gestion intégrée de l'eau par bassin versant montrant les actions préalables à l'élaboration du plan directeur de l'eau et les étapes nécessitant une consultation publique. [Environnement Québec. 2004]

1.6. Approche participative de gestion

L'option d'une gestion participative demeure de nos jours l'un des grands principes de la démarche de toute politique de développement et notamment en matière de gestion de l'environnement *[Diop, 2017]*. De même, en matière de gestion des ressources naturelles, la notion *d'approche participative* figure dans presque tous les textes des grands sommets internationaux sur la gestion de l'eau. Rappelons qu'elle domine la scène du développement promu par les grands organismes multilatéraux et [s'impose comme un mode de fonctionnement mondialement reconnu comme la solution de long terme pour répondre aux problèmes de l'eau] [*Ferraton. 2016]*. *Davenport. 2003 ; in Diop. 2017]* confirme que l'approche participative et concertée est une des seules façons d'établir un consensus et des ententes durables, indispensables dans le cadre de la gestion de l'eau. La gestion participative de la ressource en eau se caractérise par l'existence d'une structure, d'organisations ou associations ou d'un comité de gestion. Donc cette approche est basée sur le fait que, nous sommes tous concernés par la gestion de la ressource en eau, et que tous les acteurs ont leurs mots à dire dans le processus décisionnel *[Raachi, 2007]*. Elle permet de transformer les populations locales en acteur principal de développement de leur environnement en facilitant une expression claire de leurs problèmes, de leurs besoins, de leurs obstacles et de leurs opportunités sans compromettre la capacité des générations futures.

II. MISE EN PERSPECTIVE DE L'APPROCHE PARTICIPATIVE COMME MOYEN D'UNE GIRE FONCTIONNELLE ET DURABLE DANS LE COMPLEXE DES ZONES HUMIDES DE GUERBES – SANHADJA

La gestion des ressources en eau est un domaine complexe à maîtriser pour plusieurs raisons : multiplication et concentration des usages en situation d'interdépendance, diversité de l'organisation socio-économique des usagers, responsabilités éclatées entre acteurs publics et privés, superposition de textes réglementaires sectoriels et parfois contradictoires entre eux, opposition des systèmes de représentations… Cette complexité nous interroge sur *la pertinence et la faisabilité d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau dans le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja à un niveau local.* Est- elle la solution aux problèmes de gestion sur un tel territoire, autrement dit peut-elle apporter des solutions durables pour concilier les usages économiques et la préservation des ressources en eau tout en préservant les écosystèmes du complexe qui supportent la vie même de ces populations ?

Actuellement, à Guerbes-Sanhadja, le modèle de gestion sectorielle ne convient plus, ce mode de gestion s'est répercuté négativement sur les fonctions hydrologiques et la santé des écosystèmes qui est aujourd'hui menacé de disparition par effet de synergie de plusieurs processus, tel que, la pollution organique [Voir chapitre.7], la perte d'écosystèmes forestiers et des zones humides, et la dévalorisation des habitats d'espèces typiques et très rares, notamment l'avifaune aquatique.

Donc, la GIRE est conçue comme un cadre devant dépasser cette gestion sectorielle actuelle. En plaçant les utilisateurs de la ressource en eau au centre de l'action publique, en les réunissant dans des institutions spécialisées sans toutefois que les pouvoirs locaux perdent leurs prérogatives. Dans ses principes fondamentaux, explicités au chapitre 18 de l'Agenda 21, une approche participative est nécessaire : sur la base d'un principe de subsidiarité, et la participation des citoyens dans les différentes phases du processus de gestion en les informant, consultant et concertant et en intégrant leur contribution au processus décisionnel et aux actions issues de la décision .

1. Analyse de la situation relative aux acteurs de gestion de l'eau dans le complexe de Guerbes-Sanhadja

Comme dans beaucoup d'autres pays, les compétences à l'égard de l'environnement et de la protection de la nature en Algérie sont partagées à travers plusieurs administrations. Cette dispersion peut s'expliquer par le nombre de secteurs de gestion concernés par

l'environnement et la difficulté de créer un centre unique de décision, chaque direction souhaitant garder ses prérogatives en la matière

Au niveau du complexe des zones humides de Sanhadja, deux grandes catégories d'acteurs: les acteurs locaux agissant directement sur la ressource et les acteurs régionaux dont le rôle commence à être défini en raison du caractère récent de leur mise en place.

1.1. Les acteurs locaux des usages et de la gestion de l'eau

1.1.1. *La population riveraine*

Plusieurs groupes d'usagers fortement dépendants de la ressource en eau à savoir: les agriculteurs, les éleveurs, les exploitants des produits forestiers, les braconniers, les pécheurs et enfin les saisonniers recrutés pour les récoltes agricoles.

Tous ces usagers sont conscients des intérêts que leur fournit la zone humide, certains d'entre eux avouent n'avoir aucune source de revenu en dehors des activités pastorales, agricoles vivrières ou d'exploitation de la forêt, le chômage et la pauvreté justifient amplement leur forte dépendance. Cet état de fait nous amène à donner une considération à la population riveraine qu'on peut classer comme acteur principal en mesure d'organiser des négociations avec les gestionnaires.

1.1.2. *La direction des ressources en eaux [DRE]*

A Sanhadja, les ressources en eaux sont gérées sous la direction des ressources en eaux de la wilaya de Skikda qui chapeaute généralement les projets d'assainissement des eaux, de la gestion hydraulique des plans et réseaux hydriques, et réglemente l'intervention et l'investissement dans ces milieux. Son intervention réelle se limite au suivi de construction et de gestion des barrages et plans d'eau artificiels. Toutefois son intervention au niveau des zones humides naturelles ou au sein de leurs bassins versants est très peu convaincante, malgré qu'elle se trouve renforcée par l'existence de structures étatiques connexes sous tutelle du ministère des ressources en eaux.

1.1.3. *La conservation des forêts de la wilaya [CFW]*

Ce gestionnaire avec ses agents [les forestiers] sont considérés comme étant à la fois les gestionnaires et les usagers légitimes de la forêt en bordure des lacs et dans les zones humides autrement dit protéger et valoriser les zones humides nationales. L'ensemble de ces fonctions qui s'inscrivent dans le cadre de la politique forestière du pays, intègrent les préoccupations essentielles d'ordre écologique, économique et social et s'inspirent également du respect des conventions et accords internationaux que l'Algérie a ratifié.

1.1.4. *La direction des services agricoles [DSA]*

Les rôle affectés sont étroitement associés à la chambre d'agriculture, concerne non seulement l'analyse et le renforcement des mesures et des stratégies du développement agricole et rural, mais aussi l'évaluation de la mise en oeuvre des programmes de développement en milieu rural. En effet, pour faire face aux problèmes de chômage et de pauvreté dont souffrent particulièrement les populations rurales depuis au moins la fin de la décennie 1980, les pouvoirs publics ont initié un certain nombre de programmes en vue de leur venir en aide. Ces programmes visent, à travers le développement agricole et rural, une augmentation de l'emploi en milieu rural, l'amélioration des revenus et du niveau de vie de la population ainsi que la protection de l'environnement naturel.

1.1.5. ***Les collectivités territoriales*** à savoir : la wilaya, la daïra et la commune, leurs prérogatives sont définies par la loi.

1.2. Les acteurs régionaux de la gestion de l'eau

Au niveau régional, des structures connexes au ministère des ressources en eaux ont été récemment mises en place à l'échelle nationale et régionale mais qui ne jouent pas encore pleinement leurs rôles, le tableau ci-dessous résume les principales structures avec ses rôles.

Tab. 87 .Principaux acteurs régionaux de la gestion de l'eau à Guerbes-Sanhadja

Acteurs régionaux	Leurs rôles
Agence Nationale des Ressources Hydrauliques [ANRH]	La mission principale de l'ANRH est d'établir et de gérer l'inventaire des ressources en eau [et en sols irrigables]. L'agence assume un rôle important dans le secteur de l'eau. Aussi, la modernisation du secteur de l'eau doit nécessairement inclure la mise à niveau de cette agence.
Agence des Bassins Hydrographiques [ABH]	Etablissement chargé de la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin versant hydrographique en s'appuyant sur des comités de bassins constitués des représentants de l'Etat, des collectivités locales et des usagers. Selon le décret 96-100 du 6 mars 1996, les agences ont essentiellement pour mission d'assurer un lien entre l'utilisateur, le gestionnaire de la ressource et le décideur en matière de planification pour l'utilisation de cette ressource à l'échelle du Bassin Hydrographique. A cet effet, elle doit disposer d'outils puissants et performants permettant une vision en temps réel de la situation et de l'état de la ressource au niveau d'une zone définie.
L'algérienne des eaux [ADE]	**1.** Améliorer la communication avec l'abonné par l'introduction de mécanismes permettant le rapprochement des deux partenaires ; **2.** Améliorer la situation financière par le biais des activités pilotes ; **3.** Concevoir et mettre en œuvre de nouvelles procédures et de nouveaux modèles de gestion ; **4.** Améliorer les performances du personnel par la conception et la mise en œuvre de mécanismes et de systèmes d'évaluation et motivation du personnel ; **5.** Concevoir et mettre en œuvre de nouvelles procédures de gestion des

	réseaux pour une économie de l'eau et une augmentation des ressources à distribuer.
Office National de l'Assainissement [ONA]	Assurer un service public efficace en matière d'assainissement lui permettant en même temps, une valorisation des produits provenant de l'épuration des eaux et une protection et préservation de la ressource hydraulique et de son environnement.
Office National de l'irrigation et du Drainage [ONID]	La maîtrise d'ouvrages délégués des infrastructures d'irrigation et de drainage, de prendre en charge le service public de l'eau agricole.

2. La pratique de la gestion participative dans le complexe de Guerbes-Sanhadja

La gestion des ressources en eau au sein du complexe de Sanhadja qui est une zone protégée [Ramsar 2001], n'est pas possible avec une approche sectorielle. Une approche qui pourrait concilier les impératifs de la conservation des zones humides qui présentent un potentiel hydrique considérable et du développement socioéconomique est une approche intégrée de gestion. En effet, cette gestion efficace de la ressource en eau du complexe ne peut se faire sans les usagers qui sont les premiers concernés et les bénéficiaires des aménagements. La mobilisation de la ressource et son utilisation sont indispensables pour satisfaire les besoins de ces usagers. La participation des usagers dans le processus décisionnel constitue une donc opportunité pour l'amélioration des services des acteurs gestionnaires. *Holmes et al .2006*, le confirment en disant que le fait de leur donner l'occasion de s'exprimer contribue à améliorer les services de l'eau. Leur participation permet de comprendre leurs réalités sociales. Ainsi, il s'agit de prendre en compte les messages qu'ils veulent véhiculer à travers leurs paroles [avec leurs propres mots]. Cela permet une analyse efficace de leurs points de vue sur leurs besoins quotidiens.

3. Enquêtes par questionnaire et Entretiens avec les gestionnaires et les usagers du complexe de Guerbes-Sanhadja

3.1. Enquêtes par questionnaire et Entretiens avec les acteurs gestionnaires locaux et régionaux de la ressource en eau.

La méthodologie déployée dans le cadre de cette recherche action repose dans un premier temps sur la mise en œuvre d'enquêtes qualitatives semi-directives par entretiens et questionnaires menées auprès des acteurs locaux et régionaux de la gestion de l'eau au complexe de Guerbes-Sanhadja.

Ces acteurs représentent le cadre institutionnel local notamment les directions de wilayas et principalement celles des forêts, des ressources en eau, de l'agriculture, de l'environnement,

le tourisme, des travaux publics, l'urbanisme, La direction de l'équipement public, la Daïra de Ben Azzouz et les trois communes : Ben Azzouz, La Marsa et Guerbes.

L'objectif est pour une analyse approfondie de notre aire protégée et de cerner le contexte actuel, les rapports entre les usagers, les relations entre usagers et acteurs gestionnaires de l'eau, et les relations existant entre les usagers et le complexe de Guerbes-Sanhadja [ressources et environnement].

Ce type du questionnaire [Annexe n°01] a été établi au préalable avec des questions ouvertes qui offrent la possibilité aux personnes enquêtées de s'exprimer librement sur le sujet. Cette méthode a contribué à recueillir le maximum d'informations sur les outils et moyens de gestion et de gouvernance, les acteurs et usagers dans la prise de décisions pour la gestion de l'eau, la gestion concertée et la répartition de la ressource en eau, la participation et la viabilité de son système de gestion.

3.2. Enquêtes par questionnaire auprès des usagers

A défaut d'avoir une base de données, plusieurs sorties ont été effectuées au niveau des différentes agglomérations du complexe. Nous avons choisi un nombre maximal de 15 personnes par agglomération, d'âges et de niveaux différents sont questionnées. 95 enquêtes ont été menées au cours du mois de mai, juin et juillet 2018.

Les enquêtés sont généralement choisis de manière aléatoire. On questionne directement les habitants rencontrés au cours de nos déplacements sur terrain. Par ailleurs, 75 % des personnes questionnés, composés d'agriculteurs, de chasseurs et d'éleveurs. Ces derniers ont constitué les interlocuteurs essentiels pour aborder les questions relatives aux thématiques suivantes : la protection du patrimoine naturel du complexe, les problèmes de gestion de l'eau

3.3. Résultats et discussion.

Apres avoir présenté la méthodologie de notre recherche qui nous permet de répondre à nos questions de recherche sur la mise en œuvre de la gestion concertée autour du complexe des zones humides de Sanhadja, notre l'objectif est d'exposer les principaux résultats recueillis sur le terrain. Ces résultats nous ont permis d'avoir une analyse du jeu des acteurs, de faire une caractérisation des usagers du complexe dans le processus participatif afin de mieux comprendre les modalités de mise en œuvre et la façon dont les dispositifs de régulation prennent part à la gestion participative au niveau local.

3.3.1. Questionnaire réservé aux gestionnaires du complexe

- Selon les gestionnaires enquêtés sur le sens de développement durable, on a trois concepts sont inhérents à cette notion [Fig.97] ou 50 % ont choisi la réponse développement durable veut dire exploitation rationnelle des ressources en eau.

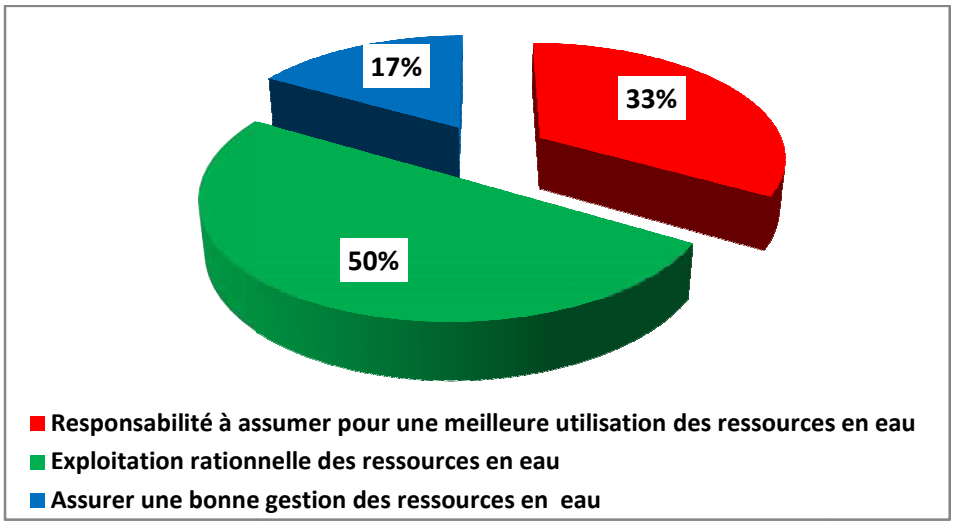


Fig. 97 .Quel sens prend le développement durable selon vous ?

- 83% des gestionnaires questionnés sont pour la consultation des populations riveraines pour le classement d'une zone à protéger selon la convention RAMSAR [Fig.98]. Dont les principaux motifs qui justifient leurs consultations suite aux questions sont :

- La consultation des populations riveraines est un sujet d'actualité qui peut conduire à des changements et innovations dans les modes de gouvernance des aires protégées et peut apporter des améliorations à la cohésion entre gestionnaires et usagers ;
- La population locale constitue un acteur principal et incontournable dans le développement durable des zones protégées ;
- La consultation des riverains dans la prise de décision pour le classement des sites RAMSAR est indispensable pour réduire les conflits d'usage ;
- Améliorer le mode vie socio-économique de ces populations.

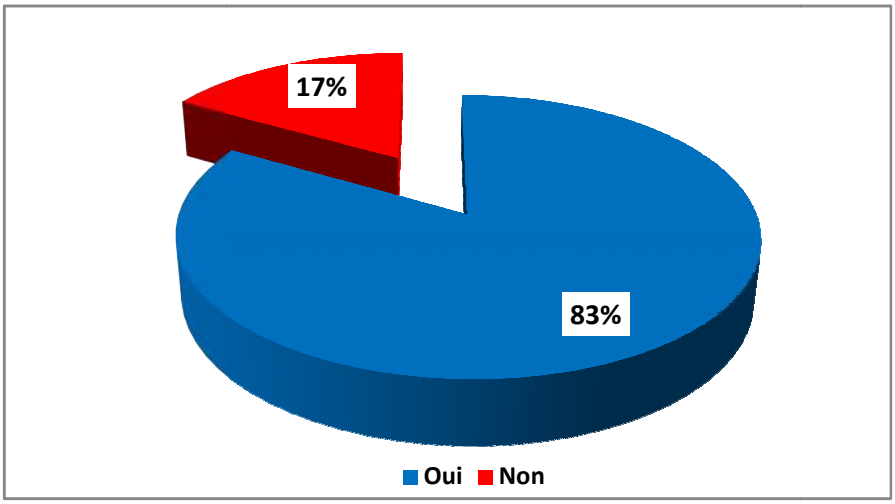


Fig. 98. Selon vous il est nécessaire de consulter la population riveraine pour le classement d'une zone à protéger selon la convention RAMSAR ?

- Plus de la moitié soit 88 % des gestionnaires seront encourageante pour le classement d'une zone protégée à condition l'approbation de nouveaux instruments de gestion [Fig.99].

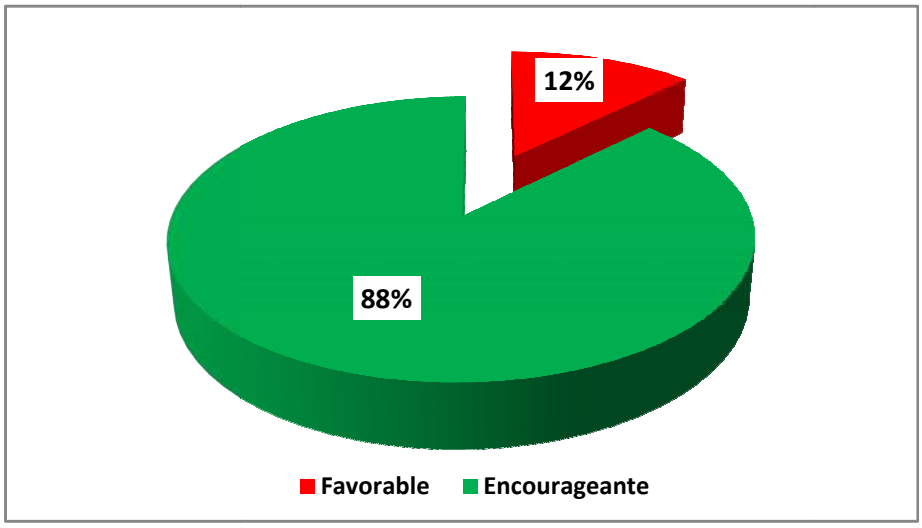


Fig. 99 .Vous êtes Chercheur/Universitaire ce que vous pensez du classement d'une zone protégée ?

- Néanmoins ces acteurs marquent une absence partielle [Fig.100] de la présentation du complexe sur le terrain et dans la préservation du patrimoine naturel [eau et biodiversité].

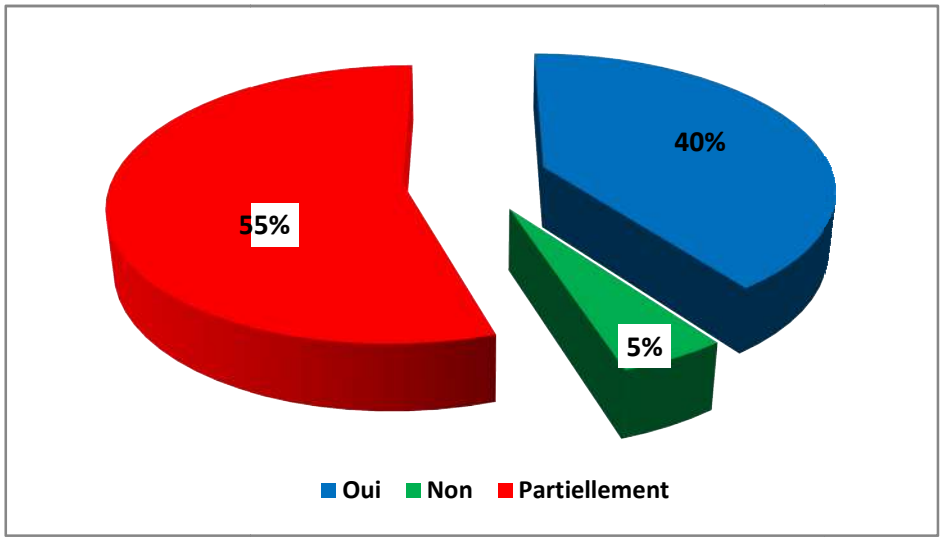


Fig. 100. La préservation est mise en œuvre ?

- D'après le graphique [Fig. 101], 38% des gestionnaires disent que le complexe a un avantage scientifique et 25% ont choisie le loisir.

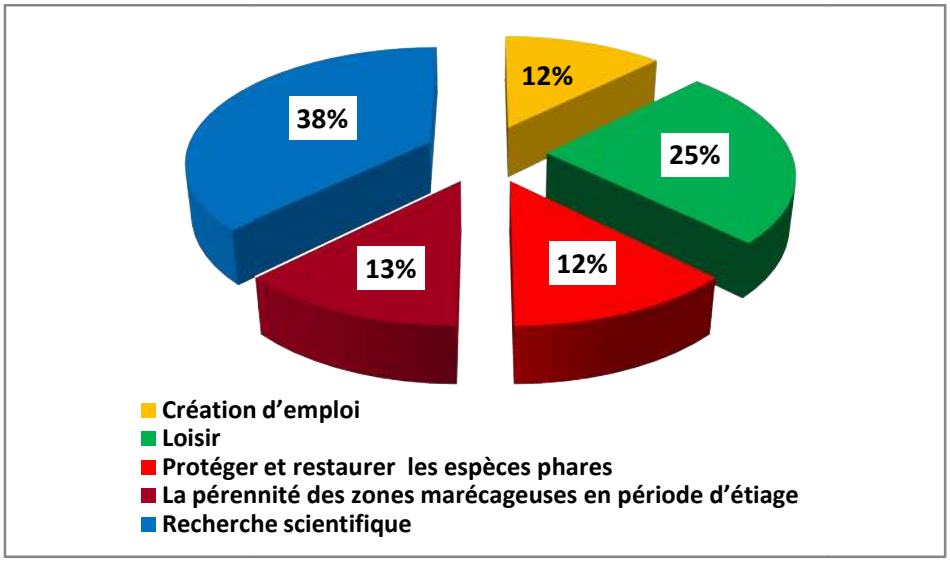


Fig. 101. Citez quelques avantages du complexe ?

- La majorité des acteurs [96%], disent que la direction générale des forêts [DGF/CFW] est largement soutenue par la tutelle s'occupant du dossier des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Fig.102].

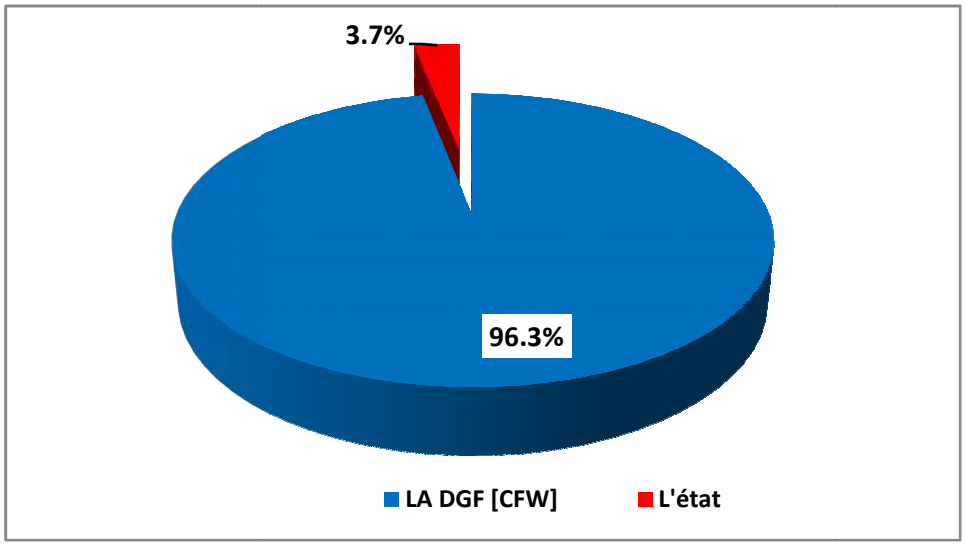


Fig.102. Selon votre connaissance qui gère le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

- Les enquêtes que nous avons réalisées auprès les gestionnaires, font apparaitre que la totalité des acteurs ont choisi une mauvaise gestion sectorielle actuelle [Fig.103] pour les raisons suivantes :

- L'état de dégradation et la menace qui pèse sur le site RAMSAR du complexe sont un exemple concret de l'échec de cette gestion ;
- La multiplicité des acteurs est marquée par la libéralisation des relations de gestion et par une interaction institutionnelle désorganisée et en tout cas non adéquate [acteurs gestionnaires et usagés]
- L'absence d'une bonne intégration des usagers dans la gestion du complexe.

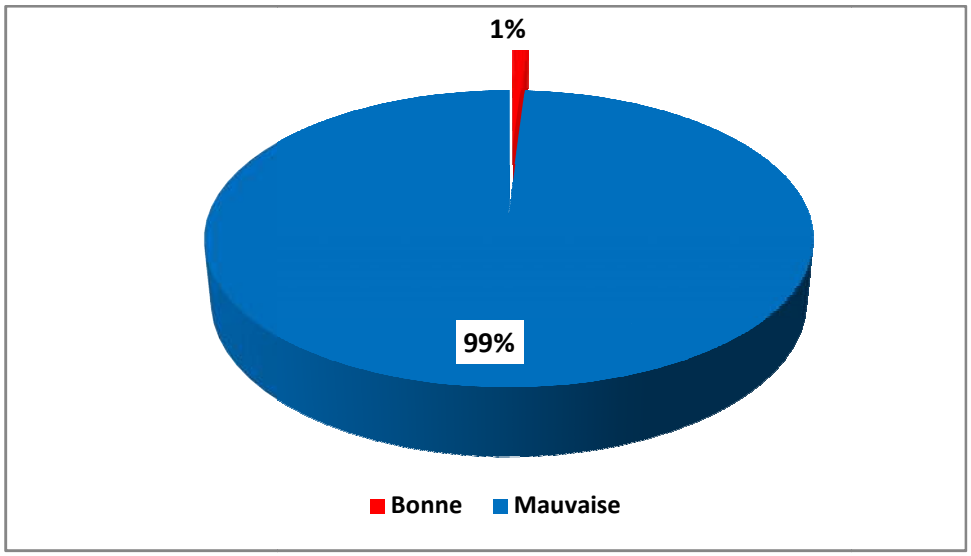


Fig. 103 .Quel est votre avis sur cette gestion sectorielle actuelle ?

- Nous avons essayé d'avoir une idée sur l'importance à la protection du complexe de Guerbes-Sanhadja lors de l'exécution des projets, à part le secteur des forêts qui prend en considération cette aire protégée et qui est un acteur entièrement impliqué dans divers projets et programmes de gestion des zones humides, notamment la lutte contre l'érosion hydrique. Il prend en charge :

- La mise en place des programmes d'aménagement antiérosif par des actions de reboisements, fixation des berges d'oueds, correction torrentielle des ravines, confection d'ouvrages et de conservation des sols et des eaux ;
- La préservation des zones humides concerne les lacs, les estuaires, les prairies et de retenues qui sont des sites importants de vie ou de passage d'espèces animales et végétales.

- Le graphe ci- dessous [Fig.104] montre l'existence des chevauchements de prérogatives entre les divers secteurs opérant dans le domaine de la gestion de l'espace [DRE, DSA] et la DGF/CFW, qui est chargée de la mission de conservation du complexe de Sanhadja, dont la DSA qui est le secteur ayant des prérogatives qui chevauche avec celle de la DGF /CFW [Fig.105] .Cette situation très contraignante réduit le rôle celle - ci sur le terrain.

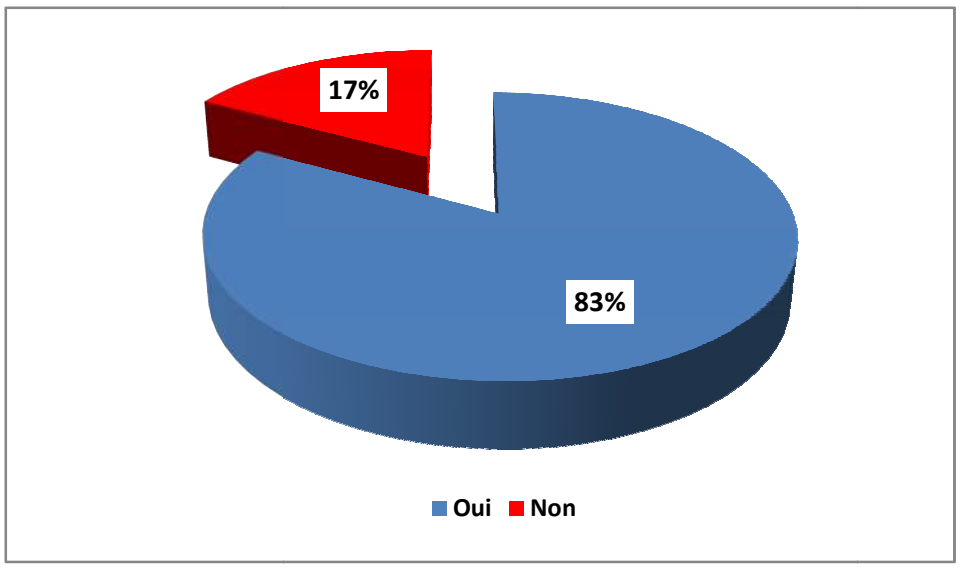


Fig.104. Existe-il des chevauchements de prérogatives entre les gestionnaires de l'espace, à savoir les services des secteurs des ressources en eaux, de l'agriculture, et des forêts, qui est chargé d'une mission de conservation ?

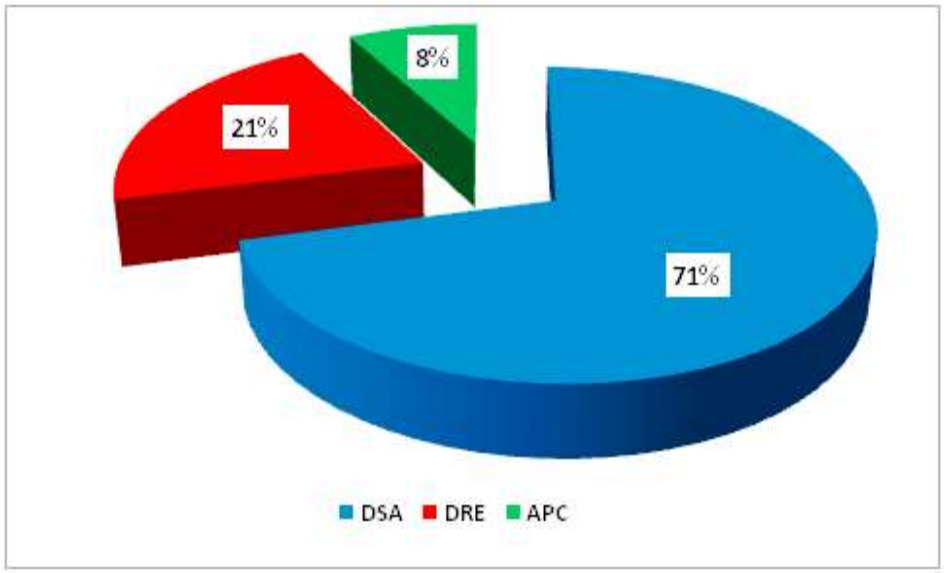


Fig. 105 .Classez par ordre d'importance les secteurs ayant des prérogatives qui chevauchent avec celle de la forêt ?

- Les principales causes de chevauchement

- L'absence totale de coordination entre les différents acteurs de gestion, de recherches ou des usagers qui sont moins unifiés et structurés en l'absence de textes régissant et d'outils d'évaluation ;
- Le problème de non application de la réglementation malgré l'existence d'un nombre important de textes réglementaires en vigueur [lois, codes, ordonnances, et décrets d'application] et d'organes de contrôle, cette réglementation n'est pas respectée lors d'élaboration des programmes d'aménagement sur terrain ; La raison la plus évidente en est la difficulté pour ne pas dire l'impossibilité d'une application sur le terrain, où les priorités du développement sont établies à la hate où les besoins des politiques locales incohérentes, ne s'accordent pas avec la planification à moyen et long terme des opérations d'aménagement du territoire qui exige le classement d'une aire protégée ;
- La multiplicité des intervenants dans le domaine de l'eau ne facilite pas toujours une bonne cohérence de l'ensemble du dispositif, en raison d'instruments de coordination insuffisants : chevauchement des compétences, manque de coordination, statuts différents, évolution des responsabilités [par exemple la réorganisation des services de l'Etat], peu de lisibilité et de clarté sur leurs rôles, divergences d'intérêts entre acteurs .

- 88% des gestionnaires sont conscients du problème mais ne peuvent réagir à cause de la centralisation des décisions et l'ambigüité des textes d'application au niveau local.

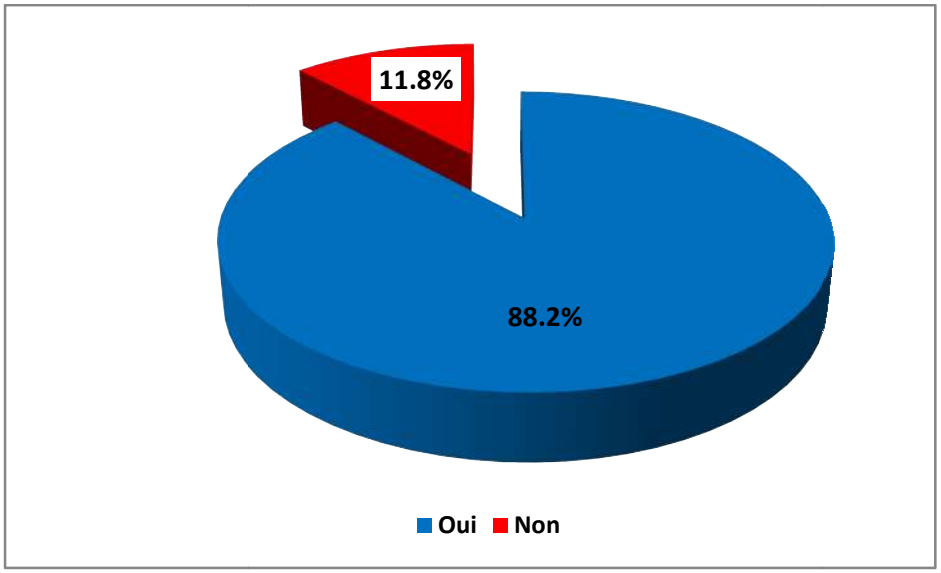


Fig.106 .Le chevauchement des prérogatives constitue-il une contrainte majeure de la gestion du complexe de Guerbes-Sanhadja ?

- Notre enquête de terrains nous a relevé que le risque auquel est confronté le complexe, varie du risque de dégradation de l'écosystème naturel par l'extraction illicite du sable, le problème d'expansion de l'urbanisme, les rejets des eaux usées, les défrichements illicites et le pompage intensif en période d'étiage [Fig.107]

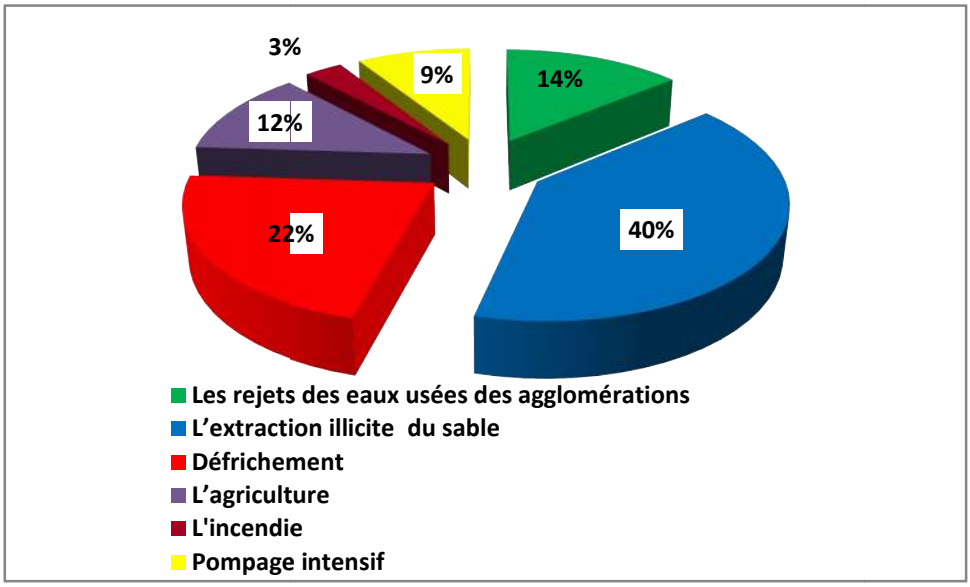


Fig. 107. Quelles sont les activités qui dégradent les zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

- .Cependant 55% des gestionnaires affirment que ces menacent qui pèsent sur le complexe des zones humides de Sanhadja sont à l'origine du manque d'une stratégie de gestion réfléchie et adéquate et 18% par manque des moyens [Fig.108].

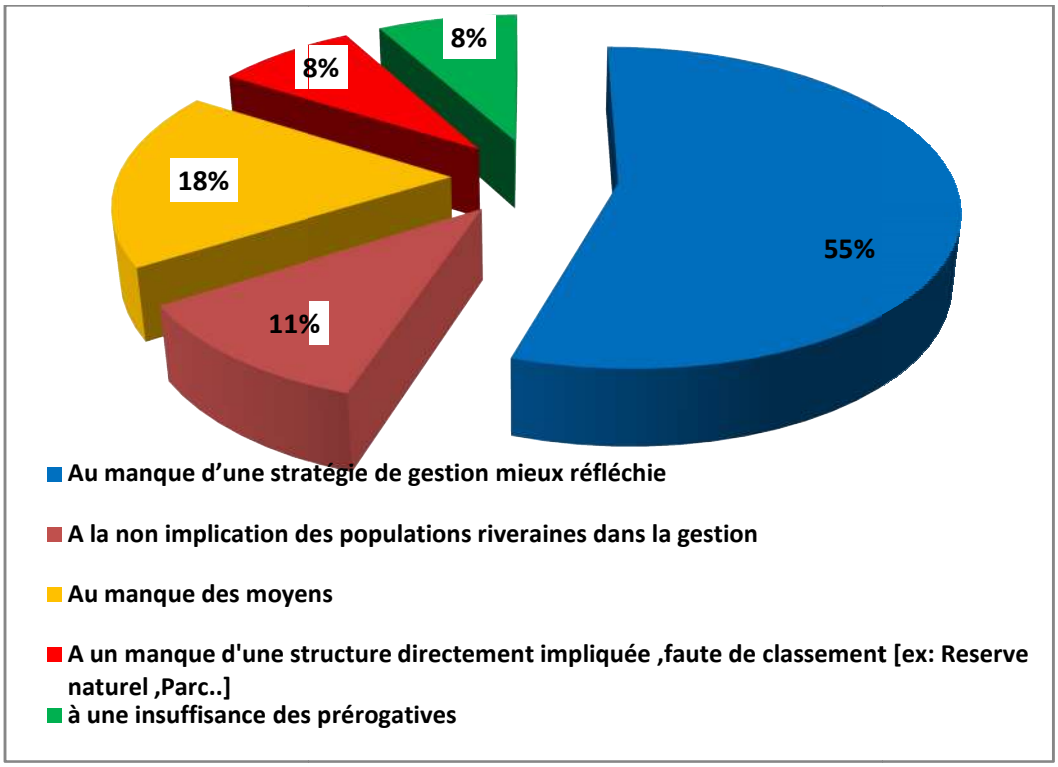


Fig. 108. Les menacent qui pèsent sur le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

- 83% des gestionnaires sont pour la conciliation entre la protection des ressources en eaux et leur exploitation rationnelle [Fig.109]

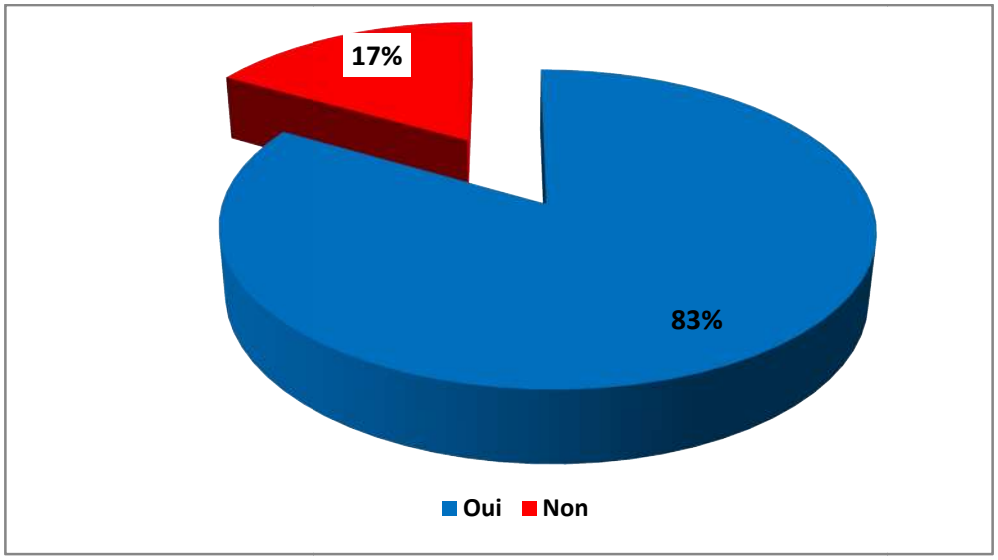


Fig. 109. Dans le complexe, est-il possible de concilier entre la protection des ressources en eau et leur exploitation rationnelle ?

- La majorité des gestionnaires [87%] pensent que la réalisation d'un plan de gestion protège et restaure le patrimoine naturel du complexe [eau et biodiversité] [Fig.110]

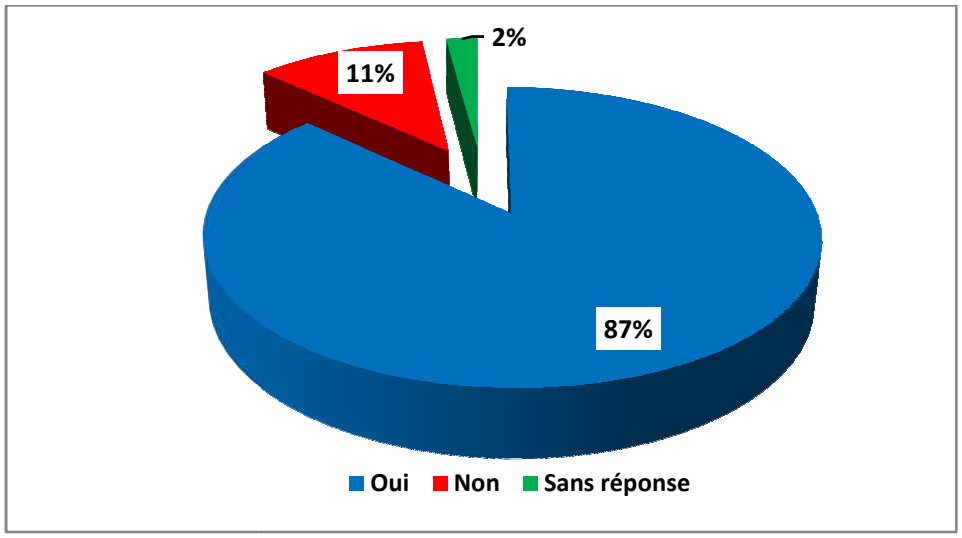


Fig.110 .Pensez-vous que la réalisation d'un plan de gestion protège et restaure le patrimoine naturel du complexe [eau et biodiversité] ?

- 67% des gestionnaires aiment leur implication dans le processus de la gestion du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja et 33% contre cette idée [Fig.111] .Selon cette réponse certains acteurs sont en contradiction avec eux même .Ils pensent que la gestion actuelle est mauvaise à 99% et que cette dernière nécessiterait des améliorations vers une gestion partagée, rénovée, dotée d'une organisation institutionnelle et d'une transparence informationnelle.

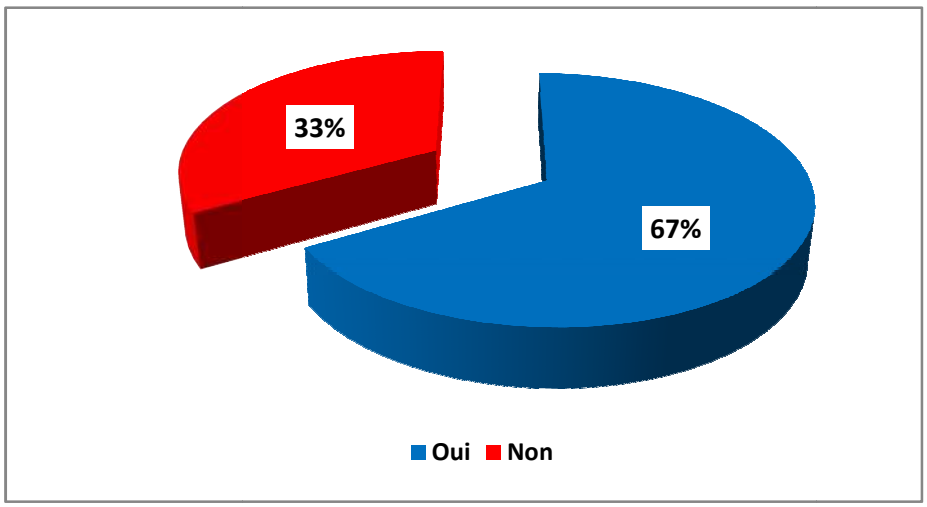


Fig.111 .Souhaitez-vous être impliqué dans la gestion du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

- La totalité des gestionnaires ont été retenu, d'un commun accord pour l'élaboration d'un plan de gestion intégrée du complexe de zones humides Guerbes-Sanhadja, qui constitue un instrument participatif de planification et de l'intégration de tous les acteurs qui permettent d'aboutir à une gestion rationnelle et durable des zones humides de Guerbes-Sanhadja , alliant conservation et développement local [Fig.112] .

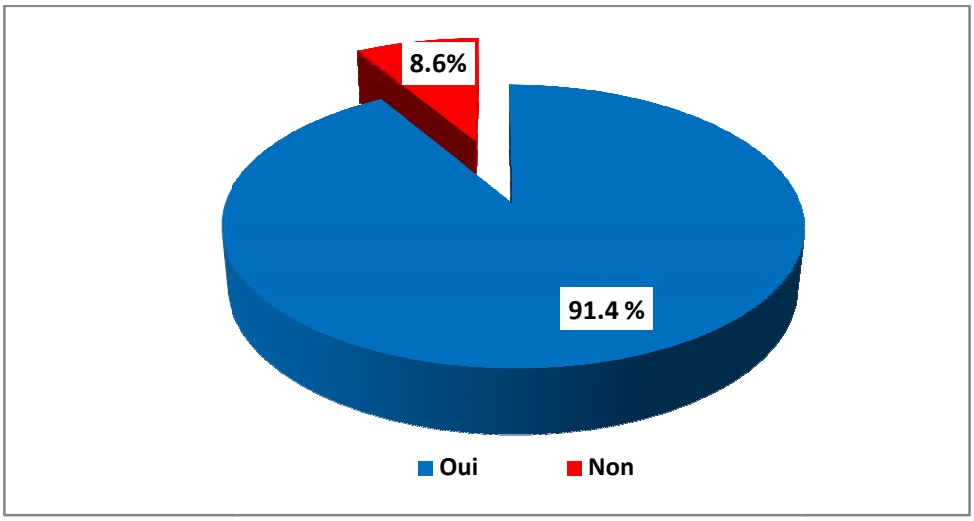


Fig. 112. L'approbation de nouveaux instruments de gestion et l'intégration de tous les acteurs dans l'élaboration de ce plan de gestion.

- Plus de la moitié [66%] des gestionnaires ne sont pas pour l'exercice des activités.

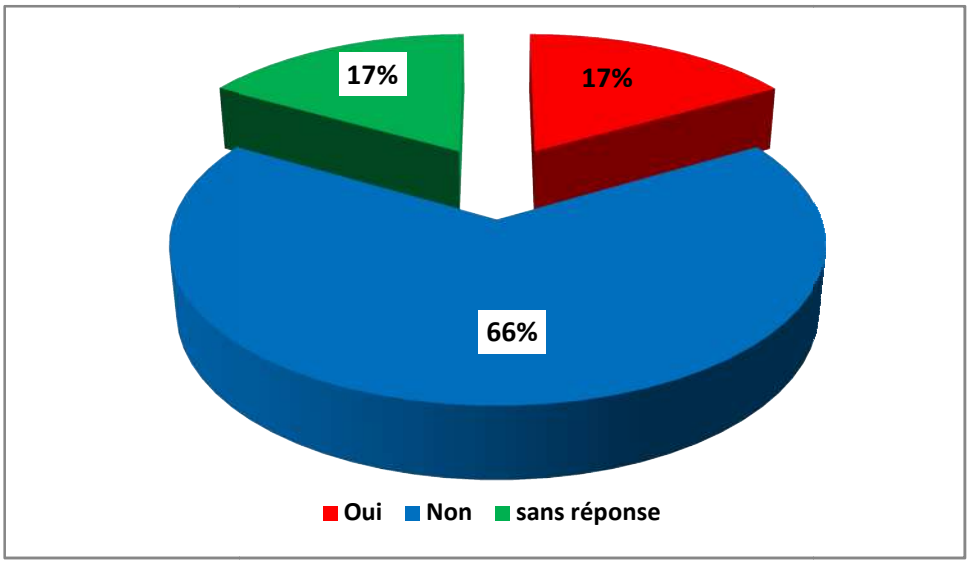


Fig.113. Serait-il avantageux pour que le complexe permette une ou plusieurs activités durables?

- 61% des gestionnaires affirment continuer l'exploitation des ressources au sein du complexe plutôt une exploitation durable [Fig.114 ; Fig.115]

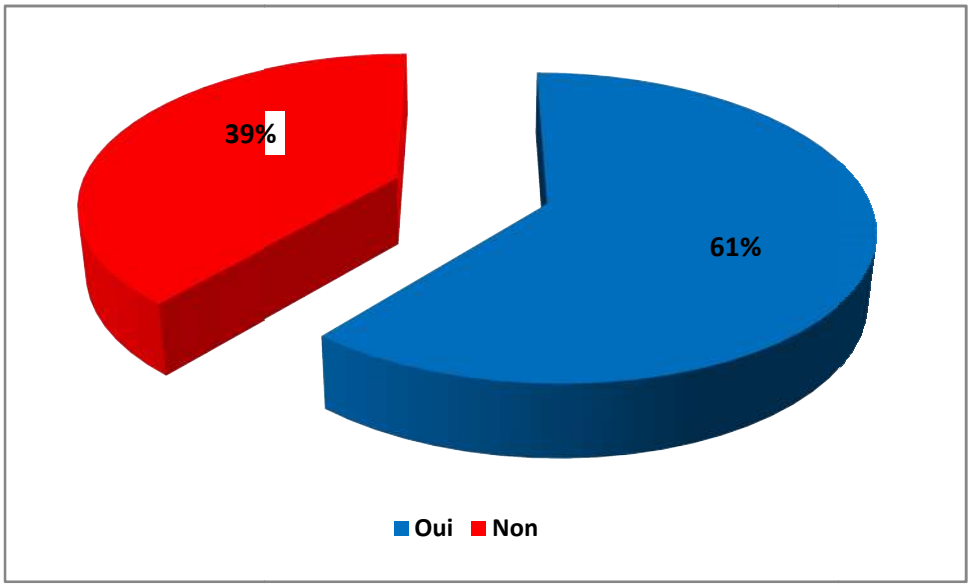


Fig.114. Après le classement du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, continuez vous - exploitez rationnellement le patrimoine naturel [Eau et biodiversité] ?

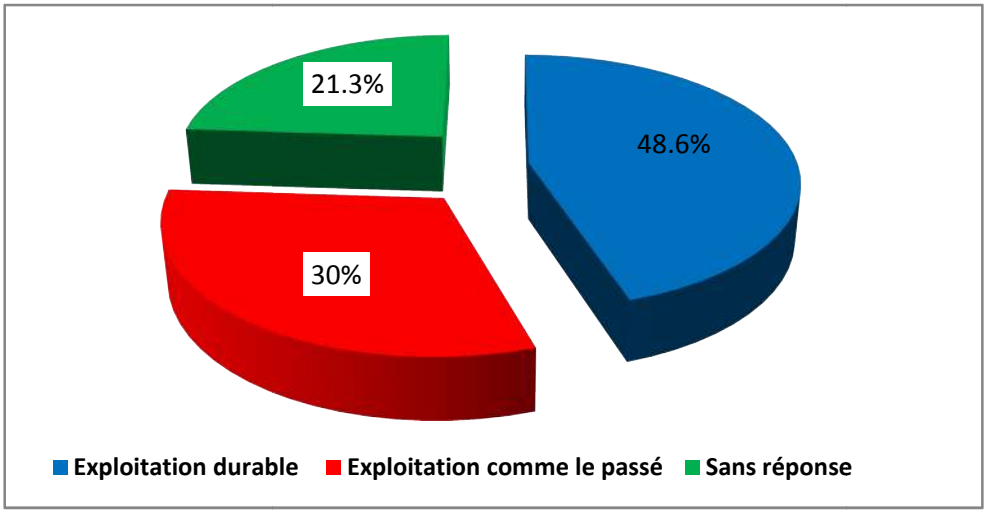


Fig.115. Si oui précisez comment ?

Nous avons choisi les gestionnaires qui sont, pour nous, importants dans notre analyse, dont plus de la moitié des gestionnaires [83%] sont pour une participation des habitants dans le classement en tant que zone protégée.

Néanmoins ces acteurs marquent une absence partielle de la présentation du complexe sur le terrain et dans la protection du patrimoine naturel.

Un grand nombre [83 %] des gestionnaires reconnaient la nécessité de conciliation entre la protection des ressources en eau et leur exploitation. Les enquêtés expriment leur intention de continuer à exploiter les ressources selon les textes, avec quelques principes de durabilité et

plus de la moitié d'entre eux même ne sont pas pour l'exercice des activités comme auparavant.

La majorité des gestionnaires confirment que le complexe des zones humides de Guerbes Sanhadja subit les conséquences de défrichement des terres forestières, le pompage intensif, l'extraction illicite de sable et les rejets des eaux usées .Ces principales menaces sont dues aux chevauchements de prérogatives entre les divers acteurs qui interviennent chacun dans son domaine [DRE, DSA] et la DGF/CFW, qui est chargée la mission de conservation du complexe de Sanhadja ; cette gestion sectorielle avec un manque flagrant de cohérence, rend la situation de plus en plus difficile.

L'élaboration d'un plan de gestion intégrée du complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja s'oriente vers la bonne gestion selon 87% des enquêtés.

3.3.2. Questionnaire réservé aux usagers du complexe

- Le complexe de Guerbes-Sanhadja est caractérisé par des populations autochtones où le nombre des enquêtes sont presque identiques pour Guerbes et la Marsa sauf Ben Azzouz qui a enregistré un nombre triple du fait que :
  - Ben Azzouz est la commune la plus peuplée ;
  - 64 % de sa surface est consacrée aux activités agricoles *[Rapport inédit, DGF/CFW]*.

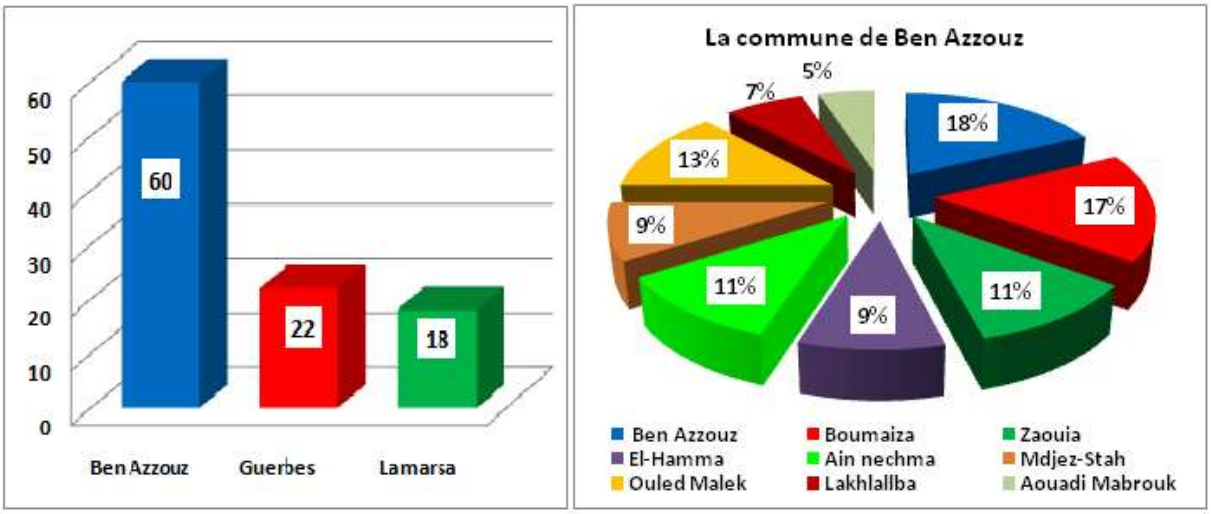


Fig. 116 .La résidence actuelle

- L'isolement de certaines agglomérations, le problème de transport et le manque des réseaux [AEP, assainissement etc..].N'ont pas interdit la population à exprimer son attachement au site. 82% des questionnés rejettent la proposition de changer le lieu de résidence [Fig. 117].

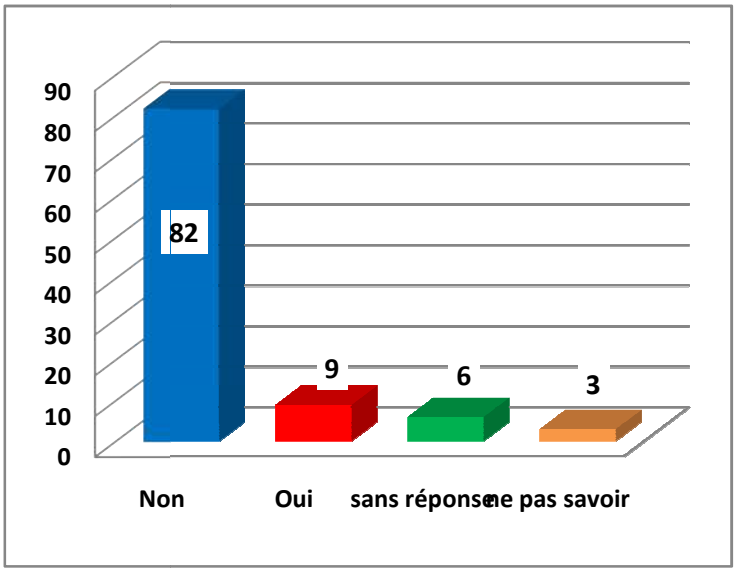


Fig. 117.Changer le lieu de résidence

- Notre enquête a touché plus les hommes [78 %] que les femmes [22%], la plus part du temps l'entretien a été effectué au lieu du travail en milieu rural où les hommes sont disponibles par rapport aux femmes [Fig.118]. Cependant nos usagers sont des jeunes [65%] qu'adultes [30%] [Fig.119].

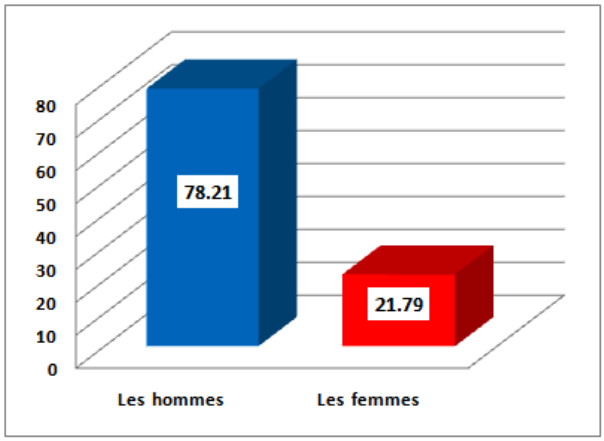


Fig.118. Sexe des usagers

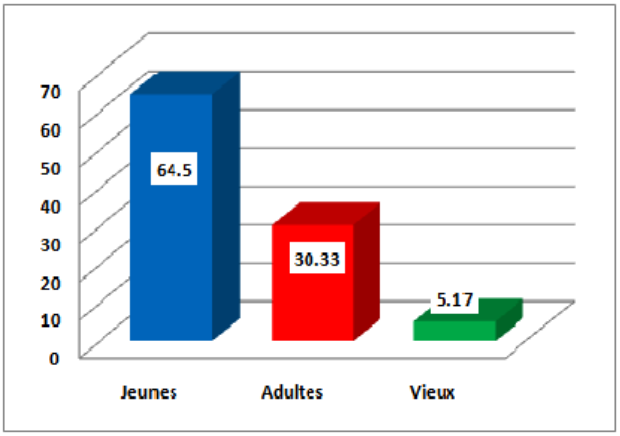


Fig119. Ages des usagers

- L'enquête a été élargie à tous les niveaux d'instruction, où nos échantillons présentent un niveau d'instruction moyen : 35 % des questionnés ont un niveau moyen et environ 23% un niveau primaire [Fig.120].

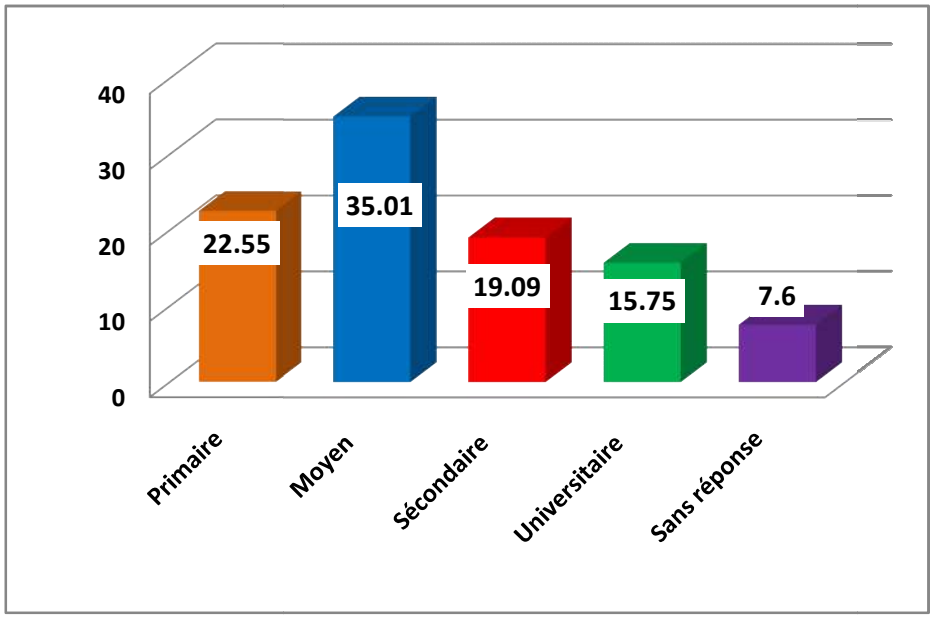


Fig. 120 .Niveau d'instruction

- Les graphes ci-dessous [Fig.121 ; Fig.122] montrent que 59 % des personnes enquêtées sont des agriculteurs et pour la situation familiale, l'enquête a concerné les mariés que les célibataires.

21% des enquêtés sont des familles ayant plus de 8 membres .Les familles constituées de 6 à 8 personnes représentent 31% des enquêtées, celles dont les membres varient de 4 à 6 sont de l'ordre de 39%

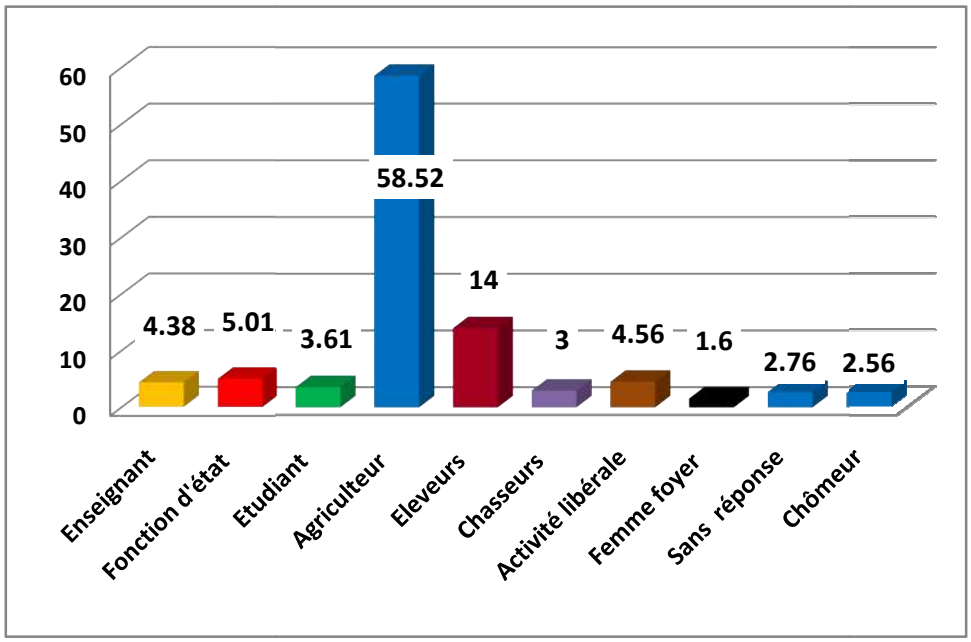


Fig. 121. Profession actuelle

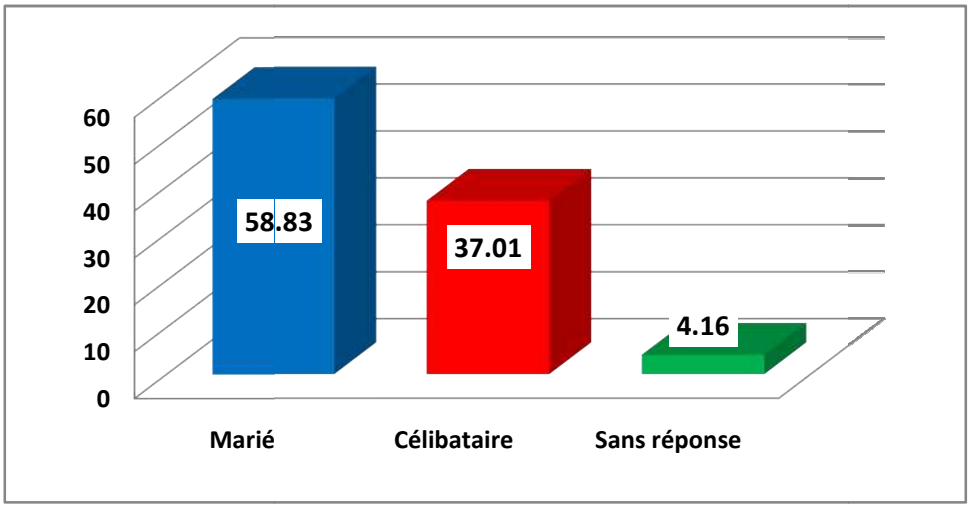


Fig. 122 .Situation familiale en milieu rural

- L'enquête a porté sur les usagers ruraux qu'urbaines, ces premiers représentent la catégorie la plus importante vivante dans le complexe et la plus concernée par sa gestion [Fig.123]

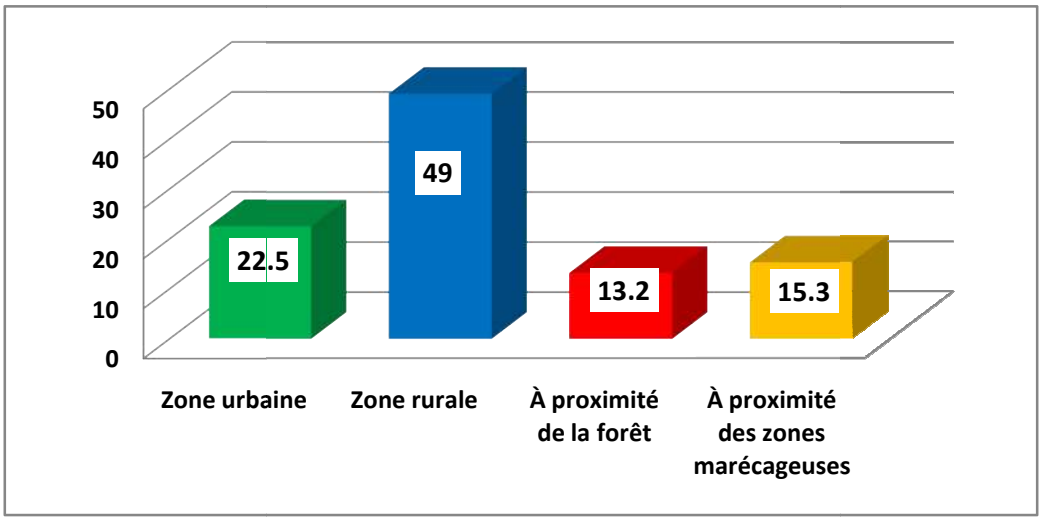


Fig.123 .Localisation de l'habitation riveraine

- Selon nos enquêtes les usagers du complexe sont identifiés comme suit [Fig.124] :
  - Des agriculteurs avec des terres familiales appartenant aux ***Arche*** : 46%
  - Des agriculteurs privés [propriétaire agricole privé] : 32%
  - Des concessionnaires agricoles [EAC, EAI] : 18%

- Cependant les cultures spéculatives de la pastèque, de la tomate et de l'haricot vert se sont les principales activités agricoles pratiquées dans le complexe selon nos agriculteurs [Fig.125].

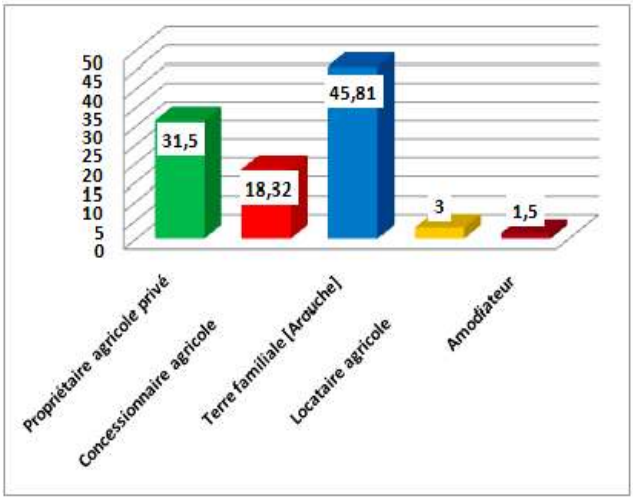


Fig. 124 .Exercice de l'activité agricole

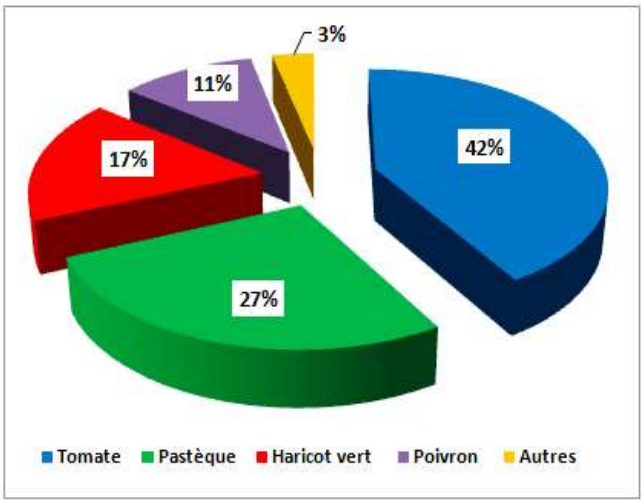


Fig.125 .Activité saisonnière des cultures

- En ce qui concerne l'origine de l'eau qui est destinée à l'irrigation, 48 % des agriculteurs disent que les marécages [Garâat] représentent la seule source d'eau à laquelle nous accédons où les prises d'eau se font directement à partir de celle- ci] [Fig.126].

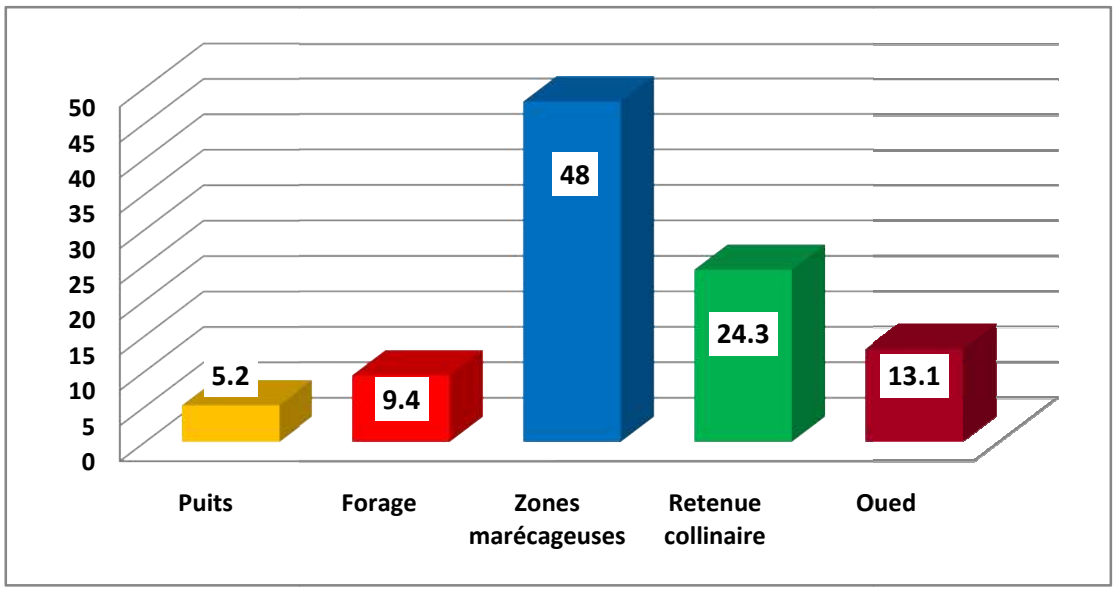


Fig. 126. Quelle est l'origine de l'eau que vous utilisez pour l'irrigation?

- Le graphe ci-dessous [Fig.127] montre que l'irrigation de surface c'est le mode d'irrigation le plus pratiqué par les agriculteurs au niveau du complexe des zones humides de Sanhadja.

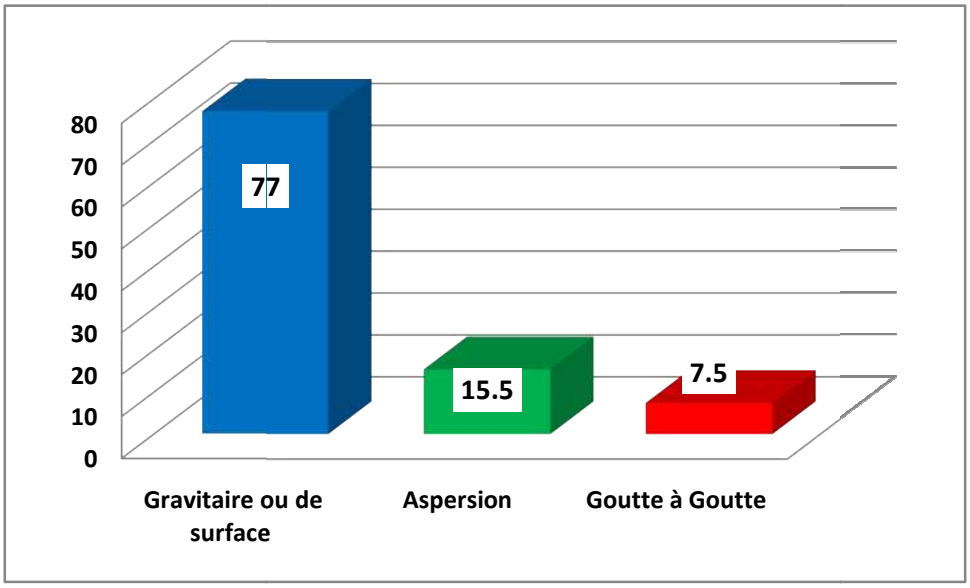


Fig.127. Quel (s) type (s) de technique d'irrigation utilisez-vous ?

- Malheureusement, 83% des usagers ne connaissent pas la qualité de l'eau qui est destinée à l'irrigation [Fig.128].

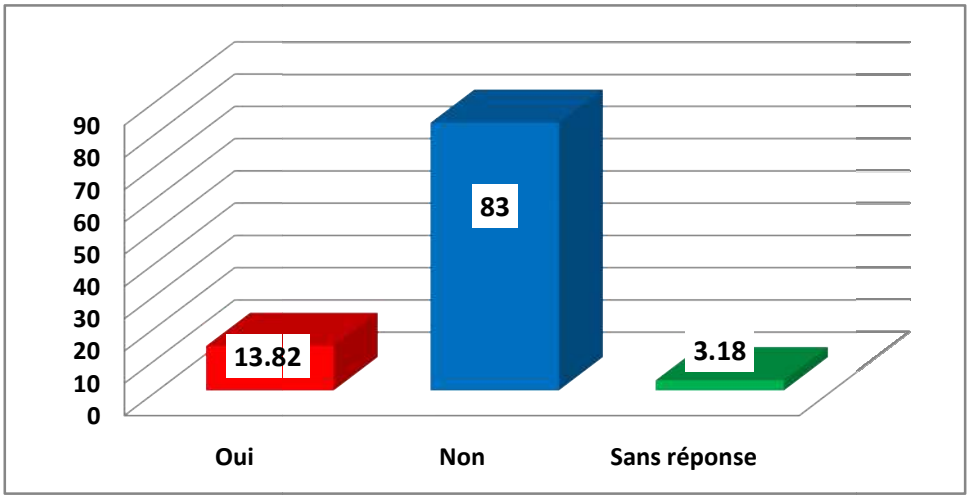


Fig. 128. Avez-vous une idée de la qualité de l'eau que vous utilisez pour l'irrigation ?

- La majorité des terres exploitées se trouvent à l'intérieur du complexe [Fig.129].

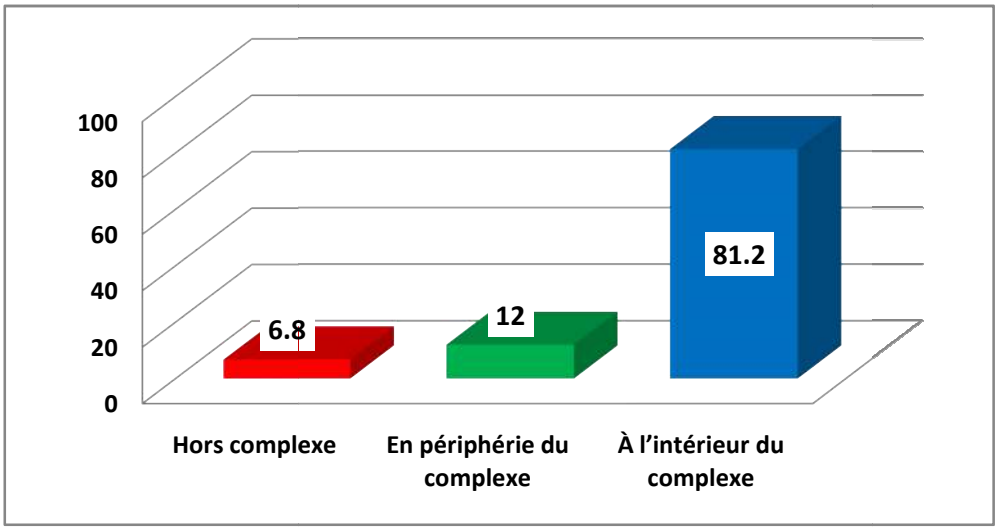
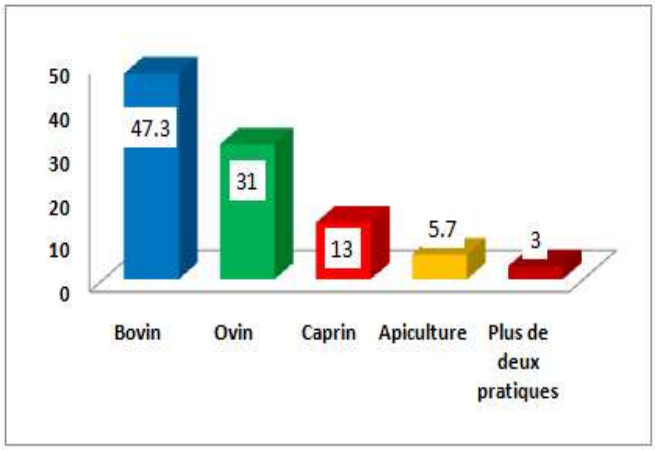


Fig. 129 .Localisation de terres exploitées par rapport au complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

- Plus de la moitié des populations riveraines du complexe pratiquent l'élevage qui est classé selon leur importance par l'élevage bovin et l'élevage mixte [Ovin, caprin], et un taux faible pour l'apiculture environ 6%, d'où cette activité demeure au stade de l'exploitation familiale pour des besoins strictement domestiques [Fig.130].

On ce qui concerne le mode d'élevage, 73% des éleveurs sont basées sur le pâturage naturel ce ci explique les effets négatifs sur les massifs forestiers et les prairies des zones humides où le potentiel fourrager offert est énorme [Fig.131].



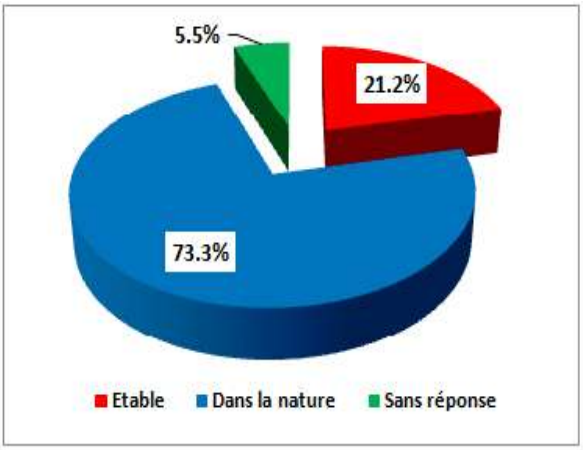


Fig.130. Pratique de l'élevage animal ? **Fig.131. Technique d'élevage**

- La chasse est une activité très limitée dans le complexe mais reste l'une des contraintes rencontrées. Le cumul des pourcentages des personnes qui pratiquent cette activité ne dépasse les 9 % [Fig.132]

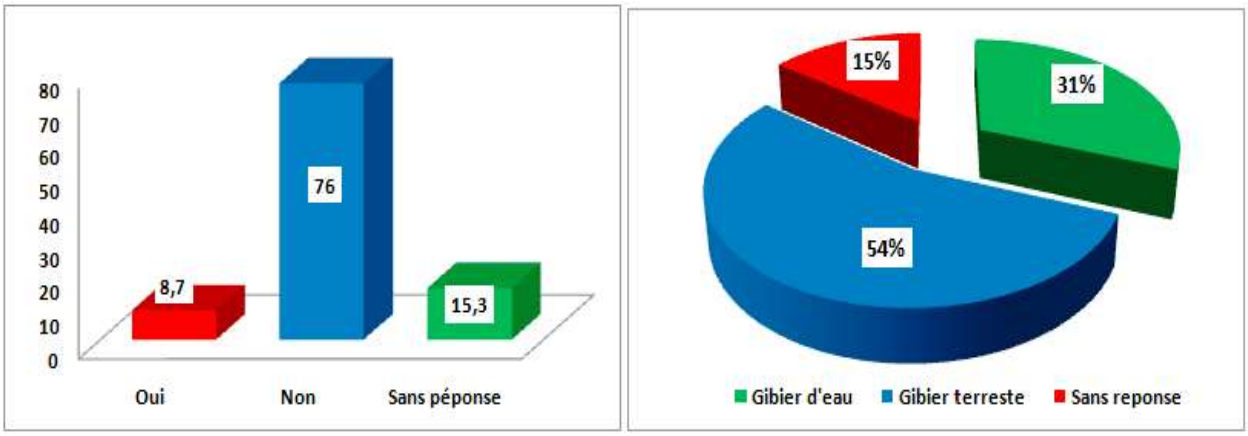


Fig. 132. Pratiquez-vous la chasse ?

- L'ensemble des terrains à régime forestiers ne sont pas des propriétés privées [Fig.133]

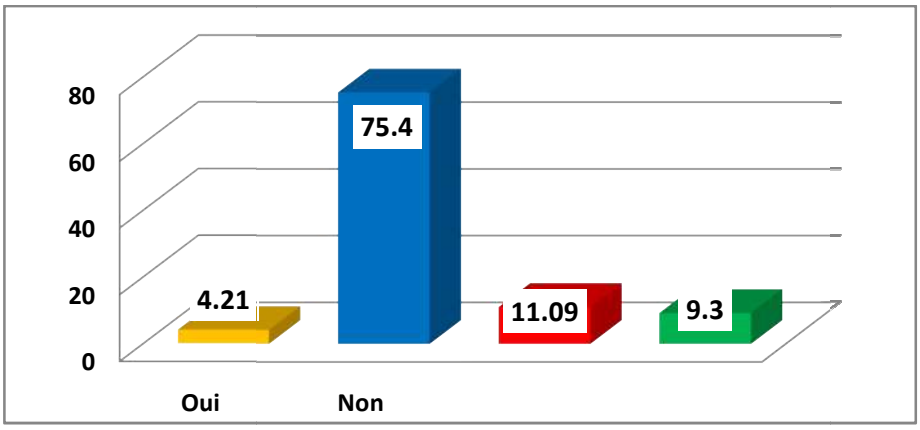


Fig.133. Êtes-vous locataire d'une parcelle agricole à régime forestier ?

- 61% des usagers confirment leurs utilisations les produits forestiers .L'organigramme ci-dessous [Fig.134] explique les différents produits forestiers ainsi que leurs modes d'utilisations dans la vie quotidienne de la population riveraine du complexe.

La majorité des personnes enquêtées vont demander l'autorisation auprès au district de la forêt de la daïra de Ben Azzouz pour la coupe du bois.

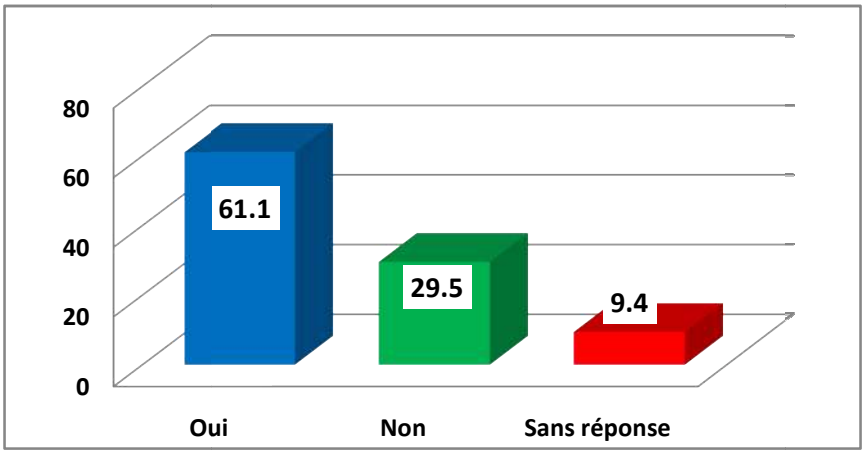


Fig.134 .Utilisez-vous les produits forestiers ?

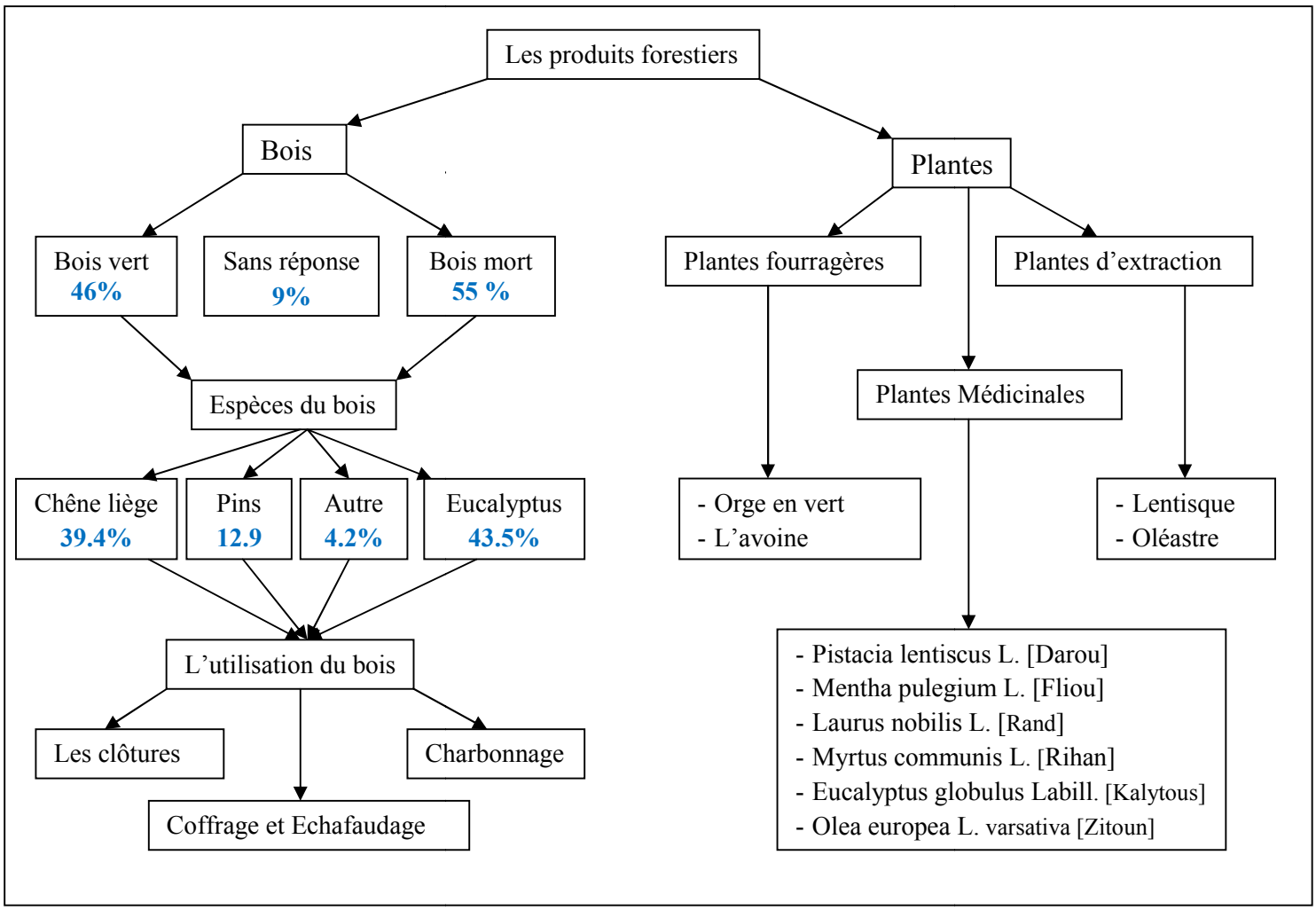


Fig.135 .Si Oui comment ?

- Notre enquête auprès les usagers du complexe montre que la majorité des problèmes existent entre agriculteurs et éleveurs. Dont les principales causes sont :

- Des conflits entre les agriculteurs et les éleveurs sont séculaires : dans la mesure où ils habitent ensemble et où les uns ont besoin des autres, ils mènent leurs activités avec les mêmes supports, la ressource en eau et l'espace

Selon 65% des éleveurs enquêtés, certaines affectations portent sur les lieux de prédilection du bétail. Les cultivateurs étendent leurs champs jusqu'à obstruer complètement les pistes de bétail et l'accès à l'eau, ce qui oblige les éleveurs à faire passer les cheptels à travers les champs, au risque d'entraîner des divagations.

Le manque de pâturage aussi, pour des raisons multiples pousse les éleveurs à s'approcher des zones de culture pour l'exploitation des pâturages post culture. Mais malheureusement, la proximité des activités conjuguée au manque de fourrage et la soif du bétail entrainent des attaques dans les champs. Les agriculteurs pensent que c'est du pur vandalisme que les éleveurs entrent dans les champs.

- Environ 42% des usagers disent que le terme biodiversité veut dire diversité de la flore et de la faune et 40 % ont choisie l'originalité des ressources naturelles animales et végétales [Fig.136]

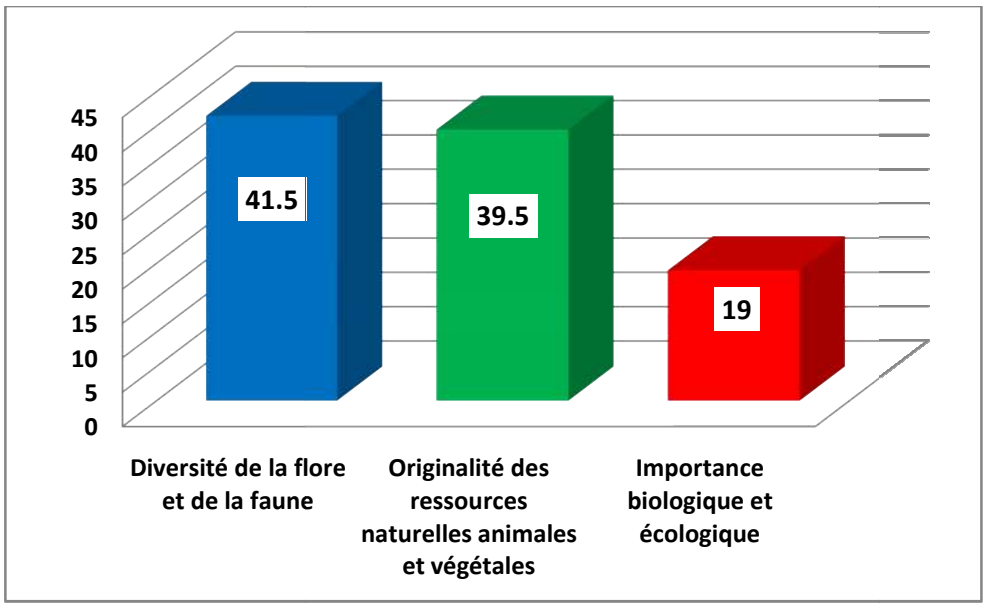


Fig. 136 .Que signifie pour vous la biodiversité ?

- 53% des enquêtés ne savent même pas ce qui est une aire protégée et un complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Fig.137]. Le plus grave est qu'ils ne connaissent même pas l'organisme qui gère le complexe [56%] [Fig.138].

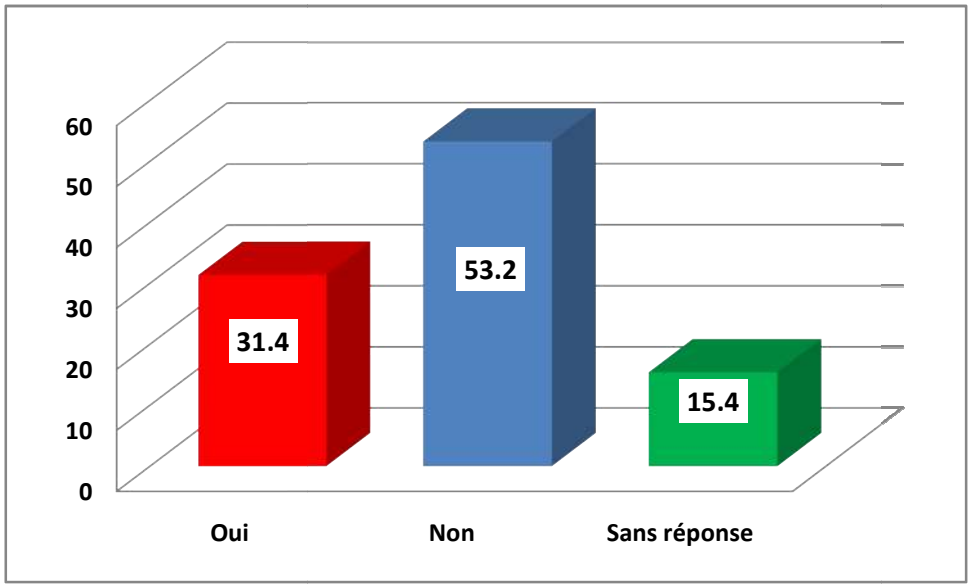


Fig. 137.Savez-vous ce qui est une aire protégée et un complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

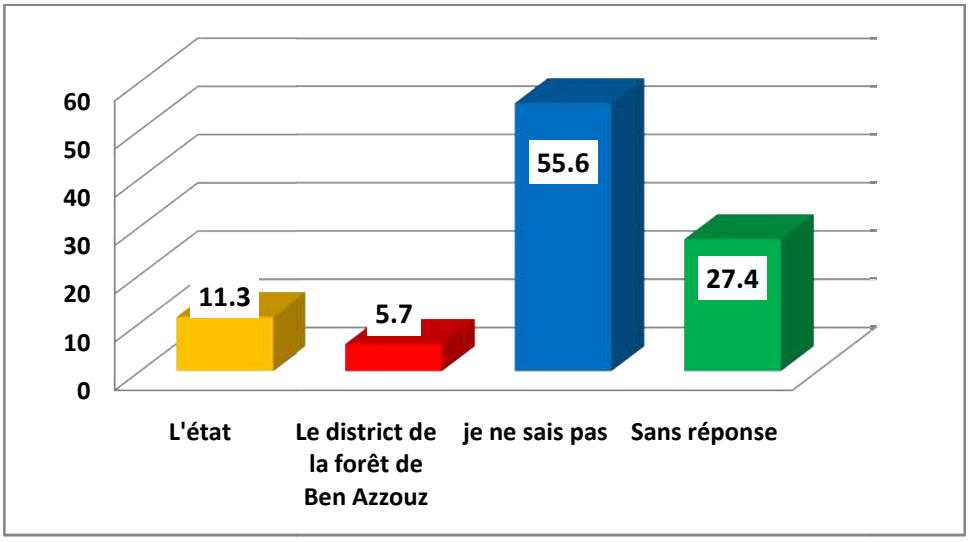


Fig.138. Selon votre connaissance qui gère le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

- En évoquant la question du nombre des communes qui composent le complexe, on a pu remarquer l'ignorance des communes qui font partie du territoire du complexe. Ainsi 44% de la population questionnée coïncident le territoire du complexe avec celui de la commune de Ben Azzouz [Fig.139].

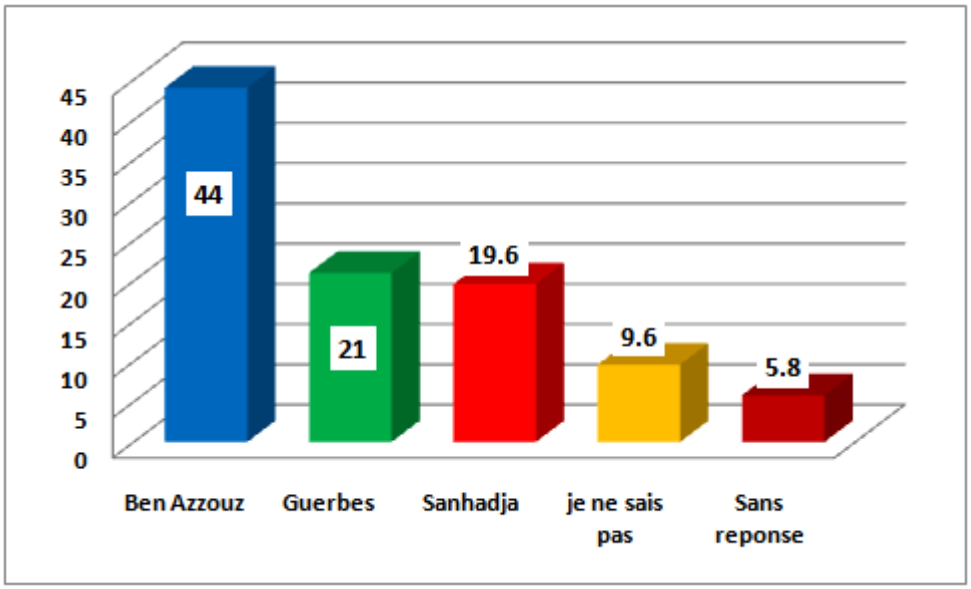


Fig. 139. Quelles sont les communes qui composent le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja?

- Les populations riveraines ne semblent pas ignorer l'existence des marécages classées dans la convention Ramsar, néanmoins le nombre de ces derniers sont très limité, où 51% des personnes enquêtées leurs réponses ont été consacrées à Garâat Hadj Tahar, et 21% des usagers reconnaissent Garâat Messaoussa [Fig.140].

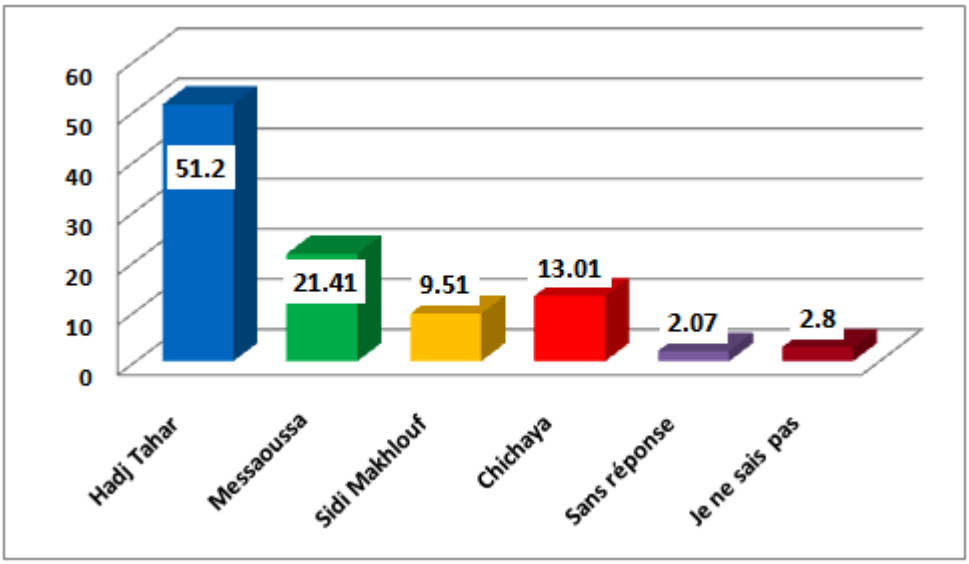


Fig. 140.Avez-vous une idée des Garâat Classées dans la convention de RAMSAR ?

- D'après le graphique [Fig.141] ,91% des usagers disent qu'ils ne sont pas impliqués dans le processus décisionnel du complexe. Pour eux, les projets et programmes de développement sont généralement définis sans concertation avec eux. Ils sont insuffisamment impliqués par les acteurs gestionnaires alors que leur implication dans le processus de gestion

du complexe semble être capital pour garantir le succès des outils et règles de gestion dans une approche participative.

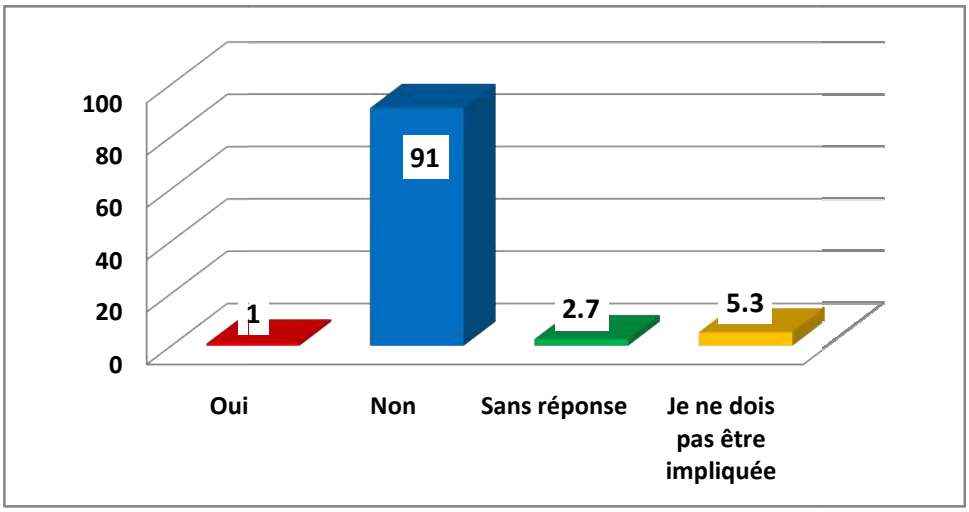


Fig. 141. Etes-vous impliquez dans l'élaboration et l'adoption des programmes et plans de développement dans le complexe ?

- Nous avons essayé d'avoir une idée sur la participation volontaire des populations riveraines dans la gestion du complexe à partir de nos enquêtes sur le terrain. Cela nous contraint à obtenir les résultats dans le graphe ci-dessous [Fig.142]. Environ 40% des enquêtés souhaitent être impliqués dans la gestion de Guerbes-Sanhadja.

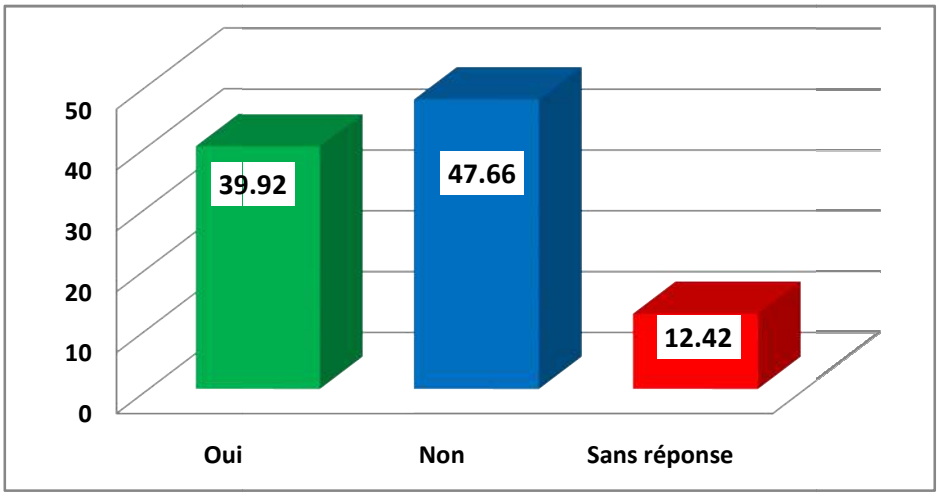


Fig. 142 .Souhaitez- vous être impliquez dans la gestion du complexe ?

- 41% des usagers encouragent le classement du complexe des zones humides à condition d'être consultés et impliqués dans sa gestion en tant que acteur principal.

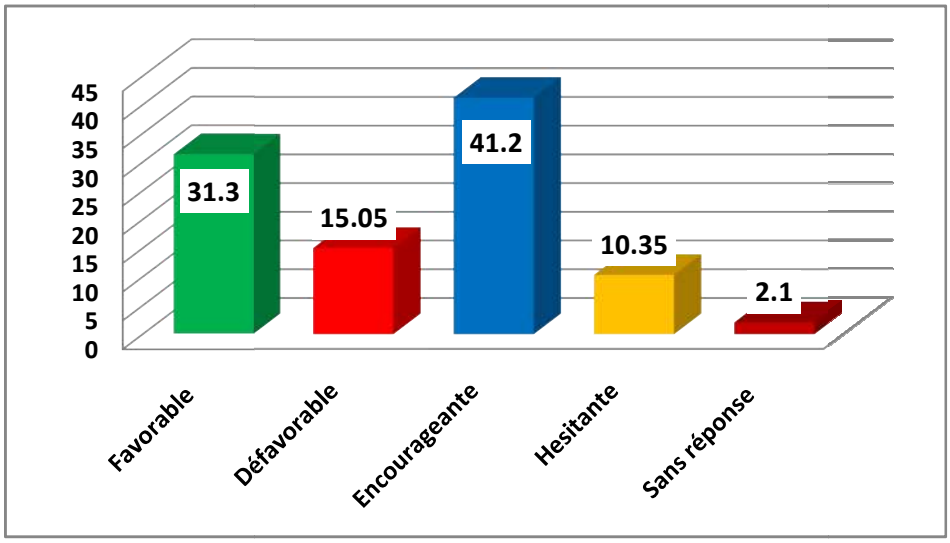


Fig. 143 .Si vous étiez de consulter pour le classement du complexe des zones de Guerbes-Sanhadja Quelle a été votre réaction ?

- Le complexe de Guerbes-Sanhadja est caractérisé par des populations autochtones où 82% des questionnés rejettent la proposition de changer le lieu de résidence ;
- Les populations riveraines du complexe pratiquent de l'agro-pastoralisme, l'élevage qui domine c'est l'élevage bovin et l'élevage mixte .L'autre activité familiale n'est pas importante dans le complexe est l'extraction d'huile d'olive, activité traditionnelle des l'huiles d'olive et lentisque ;
- 48% des agriculteurs disent que les zones marécageuses représentent la source d'eau unique pour l'irrigation des cultures spéculatrices qui est la plus dominante dans le complexe où les prises d'eau se font par motopompe :
- L'ensemble des terrains à régime forestier ne sont pas des propriétés privés. Les résultats montrent que plus de 96% des usagers ne sont ni locataires, ni propriétaires du terrain relevant du régime forestier .Néanmoins 61% des usagers confirment leurs utilisations les produits forestiers ;
- Les conflits sont décrits comme des contraintes majeures au développement durable du complexe. Notre enquête montre qu'il existe un rapport conflictuel qui est détecté entre les usagers mêmes ;
- On ce qui concerne le sujet du complexe de Guerbes-Sanhadja, les connaissances des usagers sont faibles et superficielles .53% des enquêtés ne savent même pas ce qui est une aire protégée. 56% des enquêtés ne connaissent même pas la direction qui gère le complexe ;

- L'enquête auprès les usagers montrent l'existence d'un autre rapport conflictuel entre les usagers et les gestionnaires, 91% des usagers disent qu'ils ne sont pas impliqués dans le processus décisionnel du complexe, tandis que 40% de ces derniers souhaitent être impliqués dans la gestion de Guerbes-Sanhadja.

4. La proposition d'un comité local de l'eau dans Guerbes-Sanhadja [CLE]

Dans le cadre des efforts consentis par le Gouvernement algérien dans sa politique nationale de conservation des zones humides et de la biodiversité, de développement durable, de lutte contre la désertification et de lutte contre la pauvreté.

La Direction Générale des Forêts, avec l'appui du Programme des Nations Unies pour le Développement [PNUD] et le Fonds Mondial pour la Nature [WWF], a initié, en 2007, un projet portant sur l'élaboration d'un plan de gestion intégrée du complexe de zones humides Guerbes-Sanhadja

Ce projet s'inscrit dans les objectifs généraux et opérationnels du ***Plan stratégique Ramsar 2003-2008***, d'intégration de l'utilisation rationnelle des zones humides dans le développement durable, d'élaboration de plans de gestion et de surveillance, et de promotion de la coopération internationale

La Mise en place d'un comité de pilotage au niveau local, par arrêté du Wali de Skikda, au démarrage du projet. Constitué des membres de l'exécutif de la wilaya [tous les départements ministériels], des ONG, du PNUD, du WWF et de la DGF, sous la présidence du Wali pour assurer l'implication des secteurs dans la mise en œuvre du projet

Selon Cette commission, on constate que les évaluations de ce projet, effectué par des organisations internationales ou nationales non gouvernementales ont constamment fait mention ***d'une faible participation de la population riveraines*** et que ce projet de développement local obéisse habituellement à une centralisation des décisions et à une sectorisation des actions de développement. Étant donné l'absence de vision intégrée de développement à l'échelon local.

4.1. Le comité local de l'eau dans Guerbes-Sanhadja [CLE]

La gestion des ressources naturelles et notamment de la ressource en eau au sein du complexe de Guerbes-Sanhadja, n'est pas possible avec une approche sectorielle. Une approche qui pourrait concilier les impératifs de la conservation et du développement socioéconomique est une approche intégrée de gestion. En effet, cette gestion participative nécessite la prise en compte, par des décideurs informés, de l'ensemble des usages et ressources du complexe, dans

une approche écosystémique. Elle vise à assurer la pérennité des collectivités humaines qui dépendent de la zone par le développement de relations harmonieuses entre les usagers eux-mêmes et entre "homme et les zones marécageuses *[Burton. 2001]*

Actuellement, ce modèle de gestion sectorielle ne convient plus, il faut à présent revoir en profondeur et d'une façon radicale les approches qui permettront de satisfaire à la fois les besoins des populations et les besoins des écosystèmes qui supportent la vie même de ces populations.

À partir de ce raisonnement, l'enjeu principal devient alors plus explicite, celui de créer un mécanisme intersectoriel de gestion durable de la ressource en eau par la mise en place d'une organisation permanente des acteurs de la gestion de l'eau.

Aux niveaux local et régional, par la création d'un organisme doté d'importants pouvoirs en matière de coordination du développement et de la conservation dans l'unité territoriale de référence entre autre le complexe de Guerbes-Sanhadja pour la gestion des sols et des eaux. Il pourrait s'agir éventuellement ***d'un comité local [CLE]*** qui assimilerait tous les acteurs gestionnaire et usagers agissant sur la ressource.

Ce comité local comprend les membres suivants :

Les services administratifs de l'État

- La direction des ressources en eau.
- La direction des services agricoles.
- La conservation des forêts.
- La direction d'urbanisme, de l'architecture et de la construction.

Les collectivités locales

- Le chef de daïra de Ben Azzouz
- Le président de l'assemblé populaire communal de la commune de Ben Azzouz.
- Le président de l'assemblé populaire communal de la commune de La Marsa.
- Le président de l'assemblé populaire communal de la commune Djendel.

Les différents usagers,

- Les populations riveraines [les agriculteurs, les chasseurs, les éleveurs, les exploitants des produits forestiers …etc]
- les associations qui œuvrent pour la protection de l'environnement.
- L'association de la femme rurale

N.B : Le Président du comité local de l'eau est élu au sein et par les membres des collectivités locales, les usagers et des établissements publics locaux.

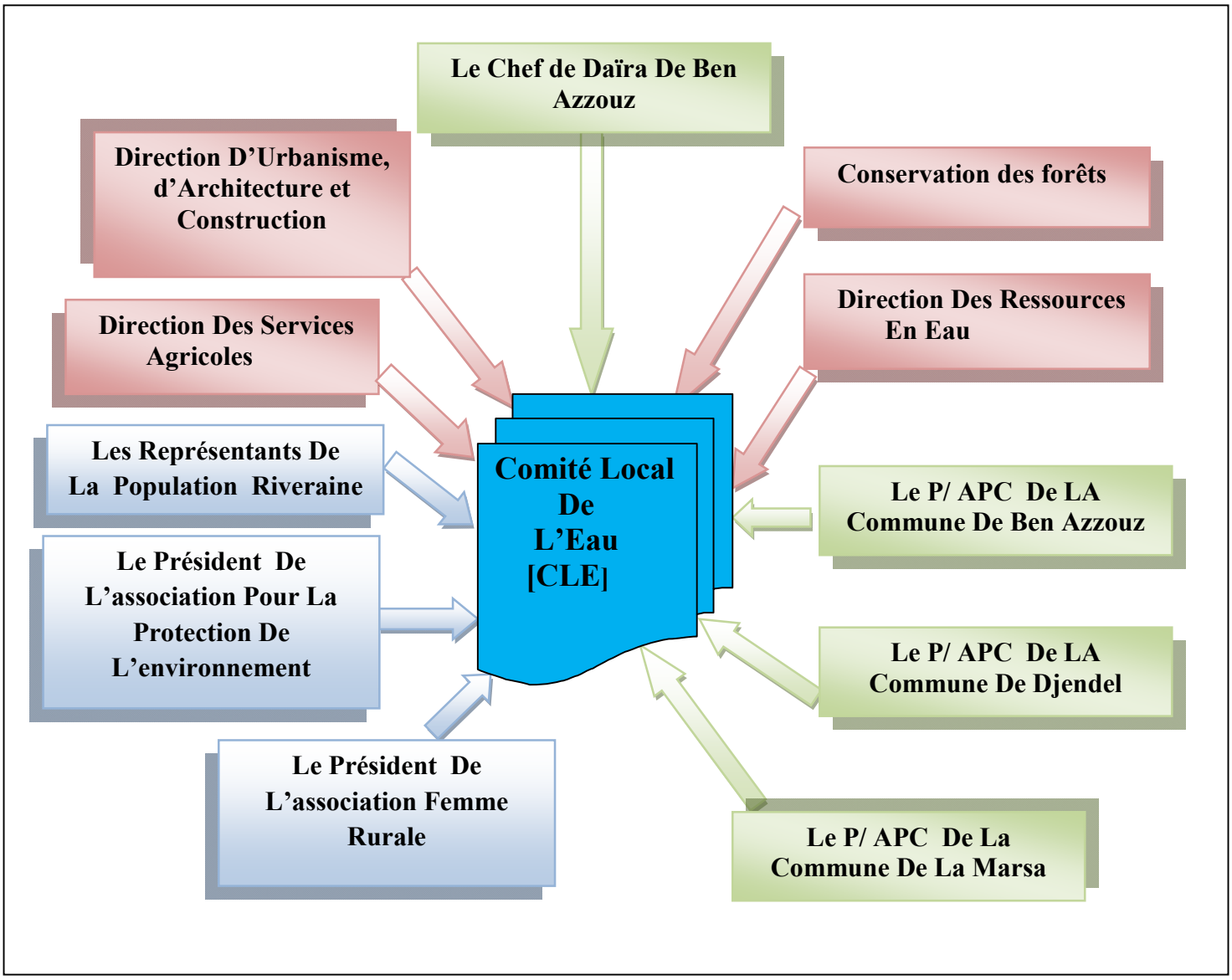


Fig.144. Le comité local de gestion de l'eau dans le complexe de Guerbes-Sanhadja

III. CONCLUSION

Une enquête par questionnaire visait à compléter le recensement des démarches participatives liées aux sources naturelles et plus précisément liées à l'eau en interviewant une plus grande diversité d'acteurs dans le complexe. La méthodologie de l'enquête s'est voulue participative, en respect de la posture de recherche qui est en elle-même un des objets de recherche.

Suite à nos entretiens avec les différents acteurs gestionnaires et usagers, on a signalé des conflits existants entre :

- Les populations riveraines et les gestionnaires ;
- Les usagers mêmes, où certain d'entre eux peuvent avoir à la fois faire l'agriculture, l'élevage et la coupe des bois … ;
- Les gestionnaires mêmes qui interviennent chacun dans son domaine.

Ces conflits résultent :

- Des aménagements non planifiés ;
- De l'absence d'instruments de gestion. Dans ce cas, acteurs gestionnaires et usagers interviennent chacun avec des comportements, des objectifs, des pouvoirs et des points de vue différents ;
- La marginalisation des populations riveraines dans le système décisionnel du complexe ;
- Le nombre de secteurs de gestion concernés par l'environnement et la difficulté de créer un centre unique de décision, chaque direction souhaitant garder ses prérogatives en la matière.

Pour résoudre ces conflits doit s'intégrer à un régime de gestion dans laquelle tous les gestionnaires et les usagers sont associés au processus de prise de décision.

La renonce à la gestion sectorielle actuelle et le choix d'un régime de gestion durable dans le complexe de Guerbes-Sanhadja constitue la principale démarche pour résoudre ces conflits.

Pour mettre en œuvre cette gestion durable qui privilégie le complexe de zones humides comme unité protégée, il faut créer un mécanisme intersectoriel de gestion durable de la ressource en eau par la mise en place d'une organisation permanente des acteurs de la gestion de l'eau [Exemple d'un comite local de gestion de l'eau : DRE, DAS, DGF, agriculteur, collectivité locale….].

CHAPITRE 9:

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DURABLE ET D'AMENAGEMENT DES EAUX DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA

CHAPITRE 9

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DURABLE ET D'AMENAGEMENT DES EAUX DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA

I. LES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LA REGION DE GUERBES-SANHADJA

1. Définition du développement durable

Les menaces que nous infligeons à notre environnement se font de plus en plus évidentes. L'eutrophisation et l'assèchement des plans d'eau, les défrichements, et problèmes des rejets des eaux usées …. , ne sont que quelques symptômes du stress que nous faisons peser sur notre milieu naturel. Les institutions internationales, puis la société civile, œuvrent depuis la Conférence de Stockholm en 1972 à faire émerger un nouveau modèle de développement qui tienne compte des potentialités sociales et des ressources naturelles locales, dans une logique de pérenniser des choix de développement pour les générations à venir .

L'objectif du développement durable c'est définir des schémas viables qui concilient les trois aspects : économique, social, et écologique des activités humaines, « trois piliers » à prendre en compte par les collectivités comme par les entreprises et les individus, la finalité du développement durable est de trouver un équilibre cohérent et viable à long terme entre ces trois enjeux *[in Akroum. 2014]*.

1.1. Le concept de développement durable

Le concept de développement durable est plus récent, il est issu de la perspective sociale de l'IUCN [l'Union International pour la conservation de la Nature] et du PNUD [Programme des Nations Unies pour le Développement], au début des années [80]. Depuis, le développement durable est devenu le critère de base de la réflexion des Nations Unies sur l'environnement et le développement. *[Akroum. 2014]*.

Le développement durable [traduit de l'anglais *sustainable development* et du latin *sustinere* qui signifie "garder en vie"]*[Planchais .2008]* est *un mode de développement qui doit répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* [notion qui s'est fait connaître du grand public lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro, 1992]. Malheureusement cette notion reste floue et le développement

économique et social prend souvent le pas sur la conservation des écosystèmes *[Queste .2011]*

2. Proposition d'un plan du développement durable

Le développement durable ne pas être seulement un concept mais bien un moyen concret de la politique d'aménagement et de développement. Le développement durable est maintenant inscrit dans les orientations politiques nationales et internationales pour un ancrage dans les pratiques socio-économiques *[Bergery. 2004]*.

Pour cela nous essayons d'appliquer ce modèle de développement dans le complexe par des actions durables tels que :

2.1. Développer un écotourisme de nature respectueux des écosystèmes

2.1.1. De la définition de l'écotourisme.

La société internationale d'écotourisme le définit comme étant [un tourisme responsable en milieux naturels qui préserve l'environnement et participe au bien être des populations locales].

Il repose sur des éléments communs qui sont :

- ✓ La destination est généralement un milieu naturel encore préservé ;
- ✓ Ses attraits sont sa flore et sa faune et plus généralement sa biodiversité ;
- ✓ Il se doit de soutenir l'économie locale et la spécificité du lieu.

Toutefois, il comprend des principes particuliers qui le distinguent de la notion plus large du tourisme durable *[in Rebbas.2014]:*

- ✓ Il contribue activement à la protection du patrimoine naturel et culturel ;
- ✓ Il inclut les communautés locales et indigènes dans sa planification, son développement et son exploitation et contribue à leur bien-être ;
- ✓ Il propose aux visiteurs une interprétation du patrimoine naturel et culturel ;
- ✓ Il se prête mieux à la pratique du voyage individuel et/ou aux voyages organisés pour de petits groupes.

Donc l'écotourisme, secteur d'activité économique en forte expansion et privilégié par bon nombre d'organisations, gouvernements et communautés comme principale solution à des problèmes de gestion du territoire, est remis en cause en raison des conflits d'usages qu'il génère à diverses échelles et qui imposent souvent des transitions radicales quant aux activités de subsistance des populations locales *[Bernard et al .2016]*.

L'un des principaux types d'espaces ciblés par le développement de l'écotourisme sont les aires protégées .Ces espaces, tout comme les zones adjacentes, étant soumis à des processus

concomitants de diversification et d'intensification de l'usage du territoire, et le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja est un exemple type qui regroupe plusieurs écosystèmes et dispose d'une diversité de paysage et de milieux naturels constituant une composante majeur des produits touristiques basés sur la nature, et malgré tous ces attraits touristiques, il reste loin d'être remarquablement distingué ou d'une renommé attirant des flux important de touriste internationaux .

Notre proposition est d'essayer d'intégrer le complexe de Guerbes-Sanhadja dans le système touristique tout en assurant sa fonction première qui est de protéger la nature. Cette activité prend tout son sens lorsque le touriste est sensibilisé à la protection et la préservation de la nature, du respect de la société, des traditions et des cultures. C'est une démarche éducative qui doit être systématique.

En parallèle les populations riveraines locales seront également formées à cette gestion environnementale. Un des avantages de cette activité économique est de susciter l'intérêt d'une telle démarche auprès des populations en leur proposant des retombées économiques en échange d'une préservation et d'actes plus respectueux envers l'environnement.

Dans notre complexe de Guerbes-Sanhadja, il est possible de créer les activités écotouristiques suivantes :

- Les Sports de nature comme la randonnée sur les monts de Sanhadja, à pied, à cheval, à dos d'âne et même parfois à vélo ;
- Des sentiers qui commencent de la mer jusqu'à la montagne et vis versa ;
- Le développement de parcours à thème culturels pour mettre en valeur le patrimoine culturel du site ;
- La pêche de loisir ainsi que la chasse raisonnée sont aussi des activités qui pourraient se développer dans ces espaces naturels et générer de nombreuses vocations ;
- La pratique d'activités aquatiques : pédalo, plongée en apnée, voile… etc ;
- Les Sortie botanique dans le complexe de Guerbes-Sanhadja ;

Une bonne activité écotouristique, saine et sécurisée, implique un certain nombre de mesures d'accompagnement, tels que :

- Concevoir des panneaux informationnels à disposer tout au long des parcours pédestres ;
- Concevoir des guides et des livrets d'information sur la faune et la flore du complexe ;
- Identifier les activités éducatives liées à la conservation de l'environnement et de la nature ;
- Identifier une liste du matériel nécessaire à la réalisation ces activités ;

- Former des guides locaux de préférence ayant une formation universitaire initiale dans un domaine proche de l'écologie et de l'environnement ;
- •Promouvoir les activités éducatives dans les écoles, les collèges, les lycées et les universités ;
- La mise en place de sentiers balisés au sein des écosystèmes fragiles limitant le piétinement de la flore par les écotouristes ;
- Le fait de veiller à garder le milieu intact après la visite et ne pas déranger les êtres vivants qui s'y développent ;
- Respecter les périodes de reproduction des espèces animales et ne pas les déranger durant la période d'accouplement ;
- Respecter les us, coutumes et mode de vie des populations locales en veillant à ne pas l'influencer négativement.

2.2. Développer une agriculture familiale à revenu limité pour l'autosuffisance

A l'époque, l'agriculture intensive a servi à nourrir l'Algérie et le complexe de Guerbes-Sanhadja ne fait pas l'exception. Avec des rendements importants grâce aux nouvelles technologies en matière d'irrigation et l'application d'intrants, cette « révolution verte » a permis de sauver la vie de millions de personnes, de même que de mettre en place une autosuffisance alimentaire puis une politique d'exportation de produits alimentaires.

Les différents rapports scientifiques et organismes internationaux peuvent avoir de différentes conclusions, le défi pour l'agriculture intensive est de nourrir la population de manière durable et non pour en faire du profit au détriment de la biodiversité de la planète et de la santé du consommateur.

Depuis plusieurs années des rapports de la FAO insistent sur la nécessité de valoriser et préserver les produits traditionnels issus de l'agriculture familiale. Mais qu'entend-on par agriculture familiale ? Et quoi consiste cette structure d'exploitation familiale ?

2.2.1. Qu'est ce que l'agriculture familiale ?

L'agriculture familiale englobe toutes les activités agricoles reposant sur la famille, en relation avec de nombreux aspects du développement rural. L'agriculture familiale permet d'organiser la production agricole, forestière, halieutique, pastorale ou aquacole qui, sous la gestion d'une famille, repose essentiellement sur de la main-d'œuvre familiale, aussi bien les hommes que les femmes. ***[www.fao.org/family-farming-2014/fr/]***

Pour l'équipe de recherche, l'agriculture familiale (*family farming)* désigne une des formes d'organisation de la production agricole regroupant des exploitations caractérisées par des

liens organiques entre la famille et l'unité de production et par la mobilisation du travail familial excluant le salariat permanent. Ces liens se matérialisent par l'inclusion du capital productif dans le patrimoine familial et par la combinaison de logiques domestiques et d'exploitation , marchandes et non marchandes, dans les processus d'allocation du travail familial et de sa rémunération, ainsi que dans les choix de répartition des produits entre consommations finales, consommations intermédiaires, investissements et accumulation.» *[Rapport d'expertise.2013 Étude sur la contribution de l'agriculture familiale à la sécurité alimentaire]*.

2.2.2. Les projets de développement durable en faveur de l'agriculture familiale

2.2.2.1. L'encouragement de l'arboriculture fruitière

Les plantations fruitières participent au développement des Systèmes Agro-Forestiers qui pérennisent l'occupation agricole de la terre et participent à la conservation des ressources naturelle du complexe et permettre la diversification des revenus des agriculteurs.

Dans cette perspective, des efforts se sont focalisé sur l'arboriculture fruitière, à travers la mise en place, d'une coopérative de transformation des fruits par diverses actions allant du lavage, de l'effeuillage, au calibrage, au conditionnement à l'emballage ou la transformation et à la présentation des produits transformés, voire à la conservation [pulpes, confitures,…] Parmi nos produits locaux susceptibles d'être couverts sont Abricot, orange, figue.

2.2.2.2. L'aide à la mécanisation des terres agricoles et à la récupération des pâturages dégradés

Les agriculteurs après le défrichement d'une parcelle de forêt, sont mises en place des cultures annuelles [pastèque, pomme de terre, poivre, haricot vert] elles sont effectuées pendant une courte période compte tenu de la rapide perte de fertilité de la terre. L'agriculteur peut ensuite laisser la terre en jachère et utiliser pour le pâturage, celui qui est privilégié par les la majorité des agriculteurs, tandis qu'une nouvelle parcelle de forêt est défrichée à destination des cultures.

L'encouragement de l'arboriculture est également complété par l'aide à la mécanisation des terres agricoles. Son objectif est de réduire l'extension des pâturages au profit de l'agriculture et de limiter les déboisements.

2.2.2.3. L'élevage de l'apiculture

Si l'on travaille dans le domaine de la conservation des environnements naturels, on comprend bien que les habitats ne peuvent pas être protégés sans l'intérêt et l'implication des

populations locales *[Bradbear .2010]*. L'apiculture offre un bon moyen de générer des revenus à partir des ressources naturelles sans les endommager. L'apiculture contribue au maintien de la biodiversité par la pollinisation. Lorsque les apiculteurs sont soutenus et ont accès aux bons marchés pour leurs produits, ils ont envie de soutenir les efforts locaux de conservation. Les bonnes raison de pratiquer l'élevage de l'apiculture

- Une source de revenus (le miel, la cire, la propolis, le pollen et la gelée royale ont de nombreux usages et peuvent être utilisés pour générer des revenus.
- L'apiculture peut être pratiquée par tous, même par les personnes disposant de ressources minimes ;
- Les ruches peuvent être placées sur n'importe quel terrain et l'apiculture ne nécessite pas des terres de qualité ;
- Le nectar et le pollen ne sont pas utilisés par les autres animaux: seules les abeilles récoltent ces ressources, aussi n'existe-t-il aucune compétition avec d'autres cultures ;
- Différents secteurs et activités peuvent tirer profit d'une apiculture bien développée ;
- Les apiculteurs sont intéressés par la conservation de la nature en terme économique afin que fleurs et abeilles soient protégées ;
- L'apiculture génère des revenus sans détruire les habitats et favorise le maintien de la biodiversité.

2.2.2.4. Plantes d'intérêt économique

Un nombre important d'espèces spontanées d'Algérie ont une valeur potentielle au regard de développement économique. La mise en place de procédés de cultures, de ces espèces, à la place de la cueillette anarchique, peut améliorer le revenu des populations locales tout en garantissant la conservation de la diversité floristique. La culture de ces plantes d'intérêt économique et en particuliers médicinales, aromatiques et alimentaires et leur commercialisation, augmentera indéniablement le revenu des populations limitrophes du site d'étude. *[in Rebbas.2014 ;Sarri.2017]:*

La connaissance de ces espèces floristiques qui ont un grand intérêt économique pour le complexe de Guerbes-Sanhadja, nous permet de proposer des solutions de conservation et de valorisation de ces ressources dans le cadre du développement durable.

L'analyse de la flore de Guerbes-Sanhadja et en utilisant les différents ouvrages et articles scientifiques ainsi que notre questionnaire auprès les usagers du complexe [Chapitre.4] qui donnent une idée sur le domaine de la valorisation des plantes d'intérêt économique

[Samraoui.B et. de belair .G. 1997 ; Boussehaba.2010 ; Metallaoui.1010 ; Belouahem-Abed D.2012 ; Bara.2014 ; Toubal et al .2014]

Comme dans la plupart des régions algériennes, les habitants de Guerbes-Sanhadja emploient certaines de ces espèces en médecine traditionnelle et sont commercialisées par des herboristes [*Arbutus unedo* L (Lang),*Asphodelus microcarpus* (El-Berouag), *Ceratonia siliqua* L (Kharoub), *Eucalyptus globulus* Labill (Kalytous), *Globularia alypum* L., *Juniperus phoenicea* L., *Mentha pulegium* L(Fliou), L., *Myrtus communis* L (Rihan)., *Opuntia ficus indica* (L.) Mill., *Paronychea argentea* (Pourr.) Lamk, *Pistacia lentiscus* L., *Punica granatum* L (Romane)., , *Ruta chalepensis* L (Fidjel)].

Dans ce contexte que les besoins de l'industrie pharmaceutique en plantes médicinales se sont multipliés. En l'absence de culture de nombreuse plantes sont menacées de disparition. Dans ce cadre nous proposons la culture des plantes de cette région qui ont fait l'objet des travaux scientifiques concluants et qui sont utilisées en thérapeutique dans de nombreux pays *[in Rebbas.2014]*.

A Guerbes-Sanhadja, beaucoup de plantes médicinales deviennent de plus au plus rares, certaines autres sont menacées d'extinction. Les raisons sont multiples, des mesures d'urgences doivent être prises en vue de pallier à cette dégradation et préserver ce qui reste de notre patrimoine phytogénétique. Donc il faudrait :

- Sensibiliser et former tous les acteurs [Gestionnaires, usagers, citoyens, ..] sur les avantages et l'importance des plantes d'intérêt économique ;
- Renforcer la garde forestière en vue d'éviter les incendies criminels, les défrichements et le ramassage anarchique des plantes médicinales;
- Créer des collections actives de plantes médicinales locales au niveau des instituts et fermes pilotes ;
- Spécialiser certaines exploitations agricoles collectives et individuelles dans la production de plantes médicinales d'origine locale par la création des petites entreprises familiales qui seraient règlementées selon un statut de la fonction publique de préférence. Ces entreprises se chargeront d'exploiter le patrimoine naturel qui serait préservé par le respect des lois de protection de l'environnement existantes et les textes applicables dans les aires protégées ;
- Créer une banque de gènes pour conserver ces plantes d'intérêt économique ;
- Créer des associations en vue de la protection de ces plantes.

- Définir une politique d'information et de formation à court, moyen et long terme. Elle aura pour objectif de montrer l'importance des resources phytogénétique locales et les méthodes de préservation et de conservation. Elle permettrait de réaliser un comportement socio-écologique responsable, fondé sur l'amour de la nature et la protection des richesses phytogénétique.

2.2.2.5. Développer l'activité artisanal

Mesures de valorisation et de promotion des activités traditionnelles artisanales [vannerie, poterie, transformation de la Bruyère …etc] et la récolte des fruits de forêt [l'arbousier, le myrte, l'olivier et le lentisque pour la consommation et l'extraction de l'huile] .Cependant, ce projet n'a pu aboutir, en raison de l'indisponibilité du matériel qui n'est plus importé par les fournisseurs.

Des programmes connexes devront s'articuler autour de l'information et la sensibilisation des populations locales du complexe.

II. LES PERSPECTIVES D'AMENAGEMENT DE LA REGION DE GUERBES-SANHADJA

1. Développer les techniques d'irrigation

Un rapport d'expert de la FAO paru en 2001 sur la gestion de l'eau dans onze pays du moyen Orient et de l'Afrique du Nord dont l'Algérie a mis en avant l'inefficacité de l'exploitation des eaux d'irrigation qui limitent sérieusement la productivité agricole de ces pays *[in Hamouda .2013]*

Du moment que les systèmes de productions agricoles actuels qui intègrent les ressources en eau, les cultures et l'élevage qui conditionnent l'économie locale, doivent être développés dans le cadre d'une utilisation rationnelle des ressources pour un développement durable tout en préservant un certain équilibre naturel pour les zones humides de Guerbes-Sanhadja et en atténuant la forte demande d'eau sur les marécages des zones humides.

Sur l'ensemble du territoire du complexe une grande partie de l'irrigation est réalisée a partir de l'exploitation des eaux de surface où 55% proviendraient des zones marécageuses qu'il faut maintenir un certain niveau de survie d'écosystème surtout en période d'étiage réserves renouvelables en absence de précipitations [été sous climat méditerranéen].

Les mesures de conservation des ressources naturelles par l'adoption d'une réglementation plus rigoureuse de l'exploitation de l'eau dans le lac, les oueds et dans les nappes souterraines à travers l'application des normes et de techniques adaptées d'irrigation qui respondent aux nouvelles exigences des changements climatiques. Le mode d'irrigation pratiqué par les

agriculteurs est inadapté, car les quantités d'eau puisées sont disproportionnées par rapport au volume disponible. Il est relativement fréquent à l'image des arrosages effectués en pleine journée qui nécessitent des apports d'eau plus importante pour compenser les pertes accentuées par les températures et donc une évapotranspiration élevée. À cet effet, l'introduction de nouvelles méthodes d'irrigation plus économique peut être une solution viable pour adjuster les demandes en eaux au capacité du ce milieu protégé. Toutes les études consultées sur ce sujet recommandent la technique d'irrigation par le goutte à goutte qui est plus adapté à la nature du climat et du sol au complexe.

2. Développer les activités de L'élevage

Pour améliorer les parcours et freiner les impacts négatifs du pâturage sur les écosystèmes naturels du complexe. La présence de plantations de cultures généralement vivrières à la périphérique des zones marécageuses et dans des milieux ouverts au niveau de la forêt de Sanhadja, sont généralement à l'origine des nombreux conflits opposant les éleveurs aux propriétaires terriens, agriculteurs et les services forestiers.

Selon nos questionnaires,[Voir chapitre précédent] les éleveurs, sont souvent accusés par les autres de violer leurs espaces et de détruire leurs champs . Une solution à ces conflits devrait nécessairement faire l'objet d'une étude d'un schéma directeur du parcours qui produirait des cartes des zones de localisation de pâturages permanents et des parcours pastoraux devant permettre d'identifier avec plus de précision la densité de ce réseau d'accès, ses points névralgiques et de mesurer son impact sur la dégradation des sols et de la végétation.

Toutefois, ces mesures devraient inclure le suivi de l'évolution quantitative du cheptel et veiller notamment à ce que la charge pastorale exercée ne dépasse pas les seuils limites. Le remplacement progressif du cheptel ovin par un cheptel bovin de race locale pourrait être envisagé comme une première solution pour la diminution de la charge sur la forêt *[in Raachi.2007]*.

La construction des clôtures constituent un investissement pouvant être conséquent dans certains cas. En outre, elles imposent une surveillance plus ou moins fréquente selon le type du Cheptel et le type de clôture. Elles sont à adapter aux animaux [bovins, chevaux, moutons] voire à la race, à la configuration du site et au contexte de voisinage (présence d'autres animaux, existence d'itinéraires de randonnée à proximité, etc.].

3. Restauration les habitats forestièrs

3.1. La subéraie

La restauration consiste d'une part, à reconstituer avec le chêne-liège les aires dégradées par incendies, pâturage ou défrichement, et d'autre part, de contenir l'envahissement des formations naturelles par l'élimination *[Acacia cyanophylla et Mimosa dealbata]* et l'Eucalyptus, qui ne sont, tous d'aucune intérêt économique et d'aucune efficacité écologique, pire, ces deux arbres invasifs inhibent totalement le développement du cortège végétal original [oléastre, pistachier lentisque, …]. Le reboisement de la forêt de Dem El Bagret et Sanhadja avec des essences locales [subéraie et son cortège floristique] devrait être imminente pour la protection des sols contre l'érosion hydrique et maintien l'humiditié

3.2. Le massif dunaire

Restauration du massif dunaire de Guerbes, ensemble quasi homogène, stabilisé par une végétation spécifique et bien adaptée [chêne-kermès (coccifèraie)], était jusqu'à une date récente bien conservée. Les principales altérations qu'il a subit sont l'exploitation de sablière, les défrichements illicites, les incendies, la construction des pistes, le pâturage et l'installation de forages. Sa restauration à partir de la reconstitution de la coccifèraie devrait freiner l'intrusion marine et l'érosion éolienne. Cependant, cette reconstitution devrait être accompagnée de mesure stricte de défense et d'entretien en raison de l'instabilité de la dune qui reçoit des apports sédimentaires marins permanents.

3.3. Les aulnaies et les ripisylves

Reconstitution des ripisylves et aulnaie et protection des berges qui devront être reboisées par des bandes de protection dont la largeur serait étudiée selon les exigences écologiques et agronomiques *[Raachi .2007]*. Cette barrière permettrait de retenir les éléments charriés par le ruissellement [érosion du bassin versant] et de fixer les limites des zones marécageuses [Garâat Sidi fritis, Chychaya, Hadj Tahar] empêchant ainsi l'extension des terres agricoles

On ce qui concerne l'évolution des tourbières [Messaoussa] dépend, en premier lieu, de l'alimentation hydrique de la zone humide et de la qualité physicochimique des eaux. Deux préconisations peuvent être à cet égard rappelées :

- ✓ Proscrire toute forme de drainage car cela favorise la minéralisation de la tourbe et fait évoluer les groupements végétaux vers des communautés moins turficoles [landes humides, formations à molinie].
- ✓ Favoriser le maintien de l'eau sur la zone humide [colmatage des drains ou de fossés par exemple].

- ✓ Surveiller et prendre les mesures nécessaires pour le maintien de la qualité physico-chimique de l'eau provenant du bassin versant.

La coupe des ligneux [saules, pins, bouleau] constitue souvent la principale intervention à mener pour limiter la dégradation des tourbières liée à leur boisement. L'opération doit être menée régulièrement [de l'ordre de 3 à 5 ans] pour contrôler les repousses. L'arrachage [au treuil] doit être privilégié notamment pour les saules. En périphérie des tourbières, le déboisement peut être préconisé pour limiter l'essaimage.

3.4. Les prairies

La gestion des prairies par deux fauche dans l'année [printanière et automnale], avec exportation des produits de coupe, permettent d'entretenir, voire de renforcer le caractère « pauvre » des sols [exportation de la matière végétale]. Cette mesure doit s'accompagner d'une absence d'amendements extérieurs pour être efficace ;

4. Restauration les zones humides

Les zones humides dégradées ou transformées ne jouant plus leurs fonctions vis-à-vis de l'eau et de la biodiversité, il est souhaitable d'envisager leur restauration :

- Limitation de l'expansion de l'habitat à la peripherie des zones marécageuses;
- Eviter la grande quantité de nutriments présents dans l'eau des marécageuses et proteger la vie aquatique de la faune et la flore, reste une des solutions pour lutter contre la pollution. Pour cela, il faut réduire les apports en fertilisants agricoles et augmenter la largeur des bandes riveraines dans les parcelles agricoles [in Gagnon et Gangbazo. 2007], de s'assurer du bon fonctionnement l'assainissement [les fosses septiques][Hedjal et al .2018],et la réalisation d'une station d'épuration ;

- Réglementation des prélèvements de l'eau qui doivent être effectués dans des conditions d'économie maximale [calendrier de prélèvement, modernisation les techniques d'irrigation irrigation (goutte à goutte ou par aspersion)];

- Faucardage ponctuel de Garâat Hadj Tahar afin d'augmenter la capacité d'accueil pour les oiseaux migrateurs hivernants. Cette dernière opération aura l'avantage de ménager aux anatidés plongeurs [Erismature à tête Blanche, Fuligule Nyroca] des conditions d'alimentation et de quiétude supplémentaires. Toutes fois cette opération devrait être menée avec beaucoup de précautions pour n'occasionner aucun déséquilibre écologique pouvant nuire à l'ensemble de la chaîne trophique;

- Curage d'oued Maboun pour faciliter l'evacuation des eaux vers l'Oued El Kébir Ouest ;

- Mener une campagne de sensibilisation auprès des populations riveraines pour expliquer l'importance du complexe ainsi que leur valeur patrimonial des espèces qu'il abrite..
- La construction des retenues collinaires selon les normes destinées à l'irrigation pour réduire la pression sur les lacs du complexe.
- Le recrutement de certains d'entre eux comme gardes du complexe, pourrait constituer une solution efficace;
- Achèvement du projet de périmètre d'irrigation [Troisième tranche] à l'aval du bassin oued El Kébir Ouest Magroun /Sanhadja.
- Faire un système d'interconnection entre les marécages pour réduire le phénomène d'assèchement de celles - ci et mise en eau à des fins écologiques.

III. CONCLUSION

Les aires protégées ne peuvent non plus être uniquement le privilège des riches. Les ressources génétiques et naturelles qu'elles détiennent, les systèmes d'écosystèmes qu'elles nous permettent d'exploiter et le potentiel de tirer des revenus des activités telles que le tourisme viable et l'agriculture familiale peuvent, si mis au point correctement, être des instruments essentiels à la lutte contre la pauvreté, à la concrétisation du Plan de mise en application du Sommet mondial sur le développement durable *[Youbi .2009]*.

A travers cette étude nous visons à valoriser le patrimoine naturel sans pour autant porter atteinte à l'équilibre écologique et en veillant à le préserver pour les générations actuelle et future. Il s'agit de valoriser les patrimoines du complexe, qui sont parfois menacées d'extinction par une utilisation abusive sans précaution de conservation et de préservation ni pour le présent ni pour le futur.

L'écotourisme représente une des voies pour répondre à la problématique du développement durable au complexe. En effet, l'écotourisme a pour objectif de mettre en valeur des sites et des aires de grande valeur écologique et culturelle pour développer un tourisme basé sur la sauvegarde des richesses naturelles, des traditions et des cultures autochtones ,où les activités proposées restent en conformité avec les textes de loi en vigueur et avec les conventions internationales .

L'agriculture familiale durable qui invite à promouvoir et à pratiquer une agriculture économiquement viable, saine pour l'environnement et socialement équitable. C'est une agriculture soutenable qui répond aux besoins d'aujourd'hui [aliments sains, eau de qualité, emploi et qualité de vie] sans remettre en cause les ressources naturelles pour les générations futures.

La proposition du modèle de développement durable comme solution de rechange dans le complexe de Guerbes-Sanhadja nécessite l'aménagement, la restauration [renaturation] et réhabilitation des zones humides qui sont en dégradation continue.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

L'approche participative s'impose aujourd'hui comme alternative et un modèle type de la GIRE et aussi comme une base nécessaire à toute politique de gestion raisonnée de l'eau. Notre recherche doctorale s'est inscrite dans le cadre d'une étude prospective de la gestion participative des ressources en eau dans une aire protégée, le cas du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja [Skikda, Nord-Est Algérien].

Situé à l'extrême Nord-Est du territoire de la wilaya de Skikda, le complexe constitue l'aval/exutoire du bassin d'oued El-Kébir Ouest, couvrant ainsi l'essentiel de la surface des zones humides soit environ 230 km² du bassin avec une population de 41 988 Habitants [2015].

Topographiquement, le relief est très diversifié [Plaines, terrasses, collines, montagnes]. L'altitude atteint 10 mètres en moyenne au centre de la région et culmine à 561 m au Nord-ouest ,48.5% des terres ont une pente inférieure ou égale à 3% et le reste à 12.5%.

L'étude géologique a permis de mettre en évidence les formations géologiques dominantes à savoir des calcaires et calcaires- marneux du jurassique et crétacé ainsi que des marnes et marno-calcaires de l'éocène, la zone côtière fait partie du massif métamorphique de l'Edough et Filfila formée de schiste cristallin, de gneiss du paléozoïque inferieur et de grés numidiens d'âge oligocène limités au nord par la chaîne éruptive du Cap de Fer. La plaine de Guerbes-Sanhadja comble le fossé d'effondrement de direction Sud-Est-Nord-Ouest ayant servi à la genèse de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest. Son remplissage est formé essentiellement des sédiments alluvionnaires d'âge Plio-quaternaire et post-orogéniques.

Du point de vue climatique, le complexe des zones humides est parmi les régions les plus arrosées du Nord-Est Algérien avec une pluviométrie moyenne de 744 mm. Une grande partie de ces pluies participent au phénomène de l'évapotranspiration soit une hauteur de 456 mm, une quantité appréciable favorisée par la présence d'importantes surface de plans d'eau, il s'agit des marécages qui se répartissent le long de l'Oued el Kébir Ouest en aval. L'infiltration est de l'ordre de 147 mm soit 20 % des précipitations. Ceci nous permet de dire que le système aquifère de la région est bien alimenté. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18°C.

L'originalité du complexe de Guerbes-Sanhadja réside surtout dans sa diversité biologique. Une diversité floristique de 234 espèces végétales d'origine biogéographiques diverses représentant 145 taxons directement inféodés au milieu aquatique. Cela représente 14% de la

flore du nord de l'Algérie dont le tiers représente des espèces méditerranéennes, 14,4% des espèces cosmopolites, alors que les euro-méditerranéennes occupent 9,2%. Parmi les 234 espèces recensées, 19 sont rares et 23 rarissimes. Malheureusement, et malgré les grands efforts accomplis depuis quelques dizaines d'années, les zones humides restent parmi les écosystèmes les plus fragiles et menacés, par le drainage, l'assèchement, la pollution et la surexploitation de leurs ressources.

Pour préserver cette originalité, nous avons proposé un zonage local dans le cadre de la nouvelle loi N° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 Février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable qui divise le complexe en trois zones [centrale, tampon et transitoire], et dans la réalité, ce zonage est appliqué de façon très diverse en fonction des conditions géographiques, du contexte socio-culturel, des mesures de protection réglementaires et des contraintes locales. A noter que le complexe est déjà habité.

Sur le plan quantitatif, le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja présente un potentiel hydrologique considérable qui est à l'origine de la formation des zones humides d'importance internationale ainsi que son sous-sol est bien doté en ressources d'eau souterraine .Les profils hydrogéologiques montre que le complexe abrite deux nappes superposées distinctes, l'une est libre localisée au niveau des formations sableuses ,surmontant une nappe profonde contenue dans les alluvions séparées par une couche semi perméable à certains endroits. L'ensemble du système repose sur un substratum imperméable assurant l'étanchéité totale constitué par des formations argileuses numidiennes caractérisé par une alternance d'argiles et de marnes.

Globalement, les ressources en eau mobilisées dans le complexe sont évaluées à prés de 30.46 hm^3/an, soit environ 53 % des ressources en eau mobilisables. Les eaux souterraines, dont le volume est estimé à 15 hm^3 /an, sont mobilisées à hauteur de 51 %. Cependant, le volume exploité pour les eaux de surface est de l'ordre de 14 hm^3/an, avec un taux de 50 % qui est réellement mobilisé.

Sur le plan qualitatif, les analyses des eaux des marécages montrent la prédominance des faciès Bicarbonaté magnésien et chloruré magnésien, ainsi que des teneurs naturellement importantes en chlorures, bicarbonates et magnésium. Tandis que les sulfates, calciums et sodiums, les eaux des marécages correspondent aux bonnes eaux.

Les eaux des marécages ont connu une pollution à cause des fortes matières organiques modifiant la qualité de ses eaux, du point de vie phosphate, ammoniums et nitrites. Les eaux sont classées en trois types de qualité [Bonne, passable et médiocre], et pour les nitrates les

eaux sont de bonne qualité pour la majorité des eaux des marécages le long de la période d'échantillonnage.

Concernant les eaux souterraines sont influencées par la nature lithologique de l'aquifère, les conditions de recharge et au lessivage des formations rencontrées, leur attribuant un facies dominant : Bicarbonaté magnésien et chloruré magnésien.

Selon les normes de potabilité, la majorité des forages et puits sont caractérisés par une qualité passable pour le Magnésium et de bonne à passable pour le Calcium et pour le sodium, l'eau contient toujours mais en proportions variables dont les fortes teneurs à la norme admise pour les eaux souterraines dont les eaux sont de type bonnes ,il s'avère aussi que les Chlorures et les Sulfates des eaux de forages et puits sont dans les normes de potabilité .

Dans l'ensemble, les eaux des forages et puits sont d'une qualité bonne à excellente en fonction des nitrites et du point de vue ammonium et phosphate, montrent qu'on a trois classes d'eau : excellente, bonne et passable

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja à vocation agricole, une activité qui demande beaucoup d'eau afin de subvenir aux besoins des diverses cultures. L'eau destinée à l'irrigation doit présenter des caractéristiques physico-chimiques tolérables par les plantes. Selon les paramètres analysés, les eaux des marécages conviennent à l'irrigation des diverses cultures. Si on prend en compte la concentration des sels minéraux, notamment en période de basses eaux à certains endroits où l'eau devient nuisible et impropre à l'irrigation mais peut être utilisée sous certaines conditions [forte perméabilité du sol, bonne lixiviation et plantes tolérantes aux sels], néanmoins ces eaux présentent un niveau plus ou moins élevé d'une pollution organique. Les eaux souterraines sont d'une qualité excellente pour l'irrigation.

Les résultats de l'enquête et l'entretien par questionnaires effectuées au niveau des gestionnaires et usagers des ressources en eau du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja montre que ces dégradations sont dues aux trois types de rapport conflictuel et de chevauchement :

- Le premier est détecté entre la population riveraine et les gestionnaires identifiés ;
- Le second entre les usagers mêmes, où certains d'entre eux peuvent à la fois faire de l'agriculture, pâturer leurs bêtes, exploiter l'eau et la forêt, braconner, ...etc.
- Le troisième type de rapport conflictuel et de chevauchement des prérogatives, est enregistré entre les différents gestionnaires.

Pour résoudre ces conflits on doit s'intégrer dans un régime de gestion dans laquelle tous les gestionnaires et les usagers sont associés au processus de prise de décision.

La renonce à la gestion sectorielle actuelle et le choix d'un régime de gestion durable, participatif dans le complexe de Guerbes-Sanhadja est impératif.

Pour mettre en œuvre cette gestion durable qui privilégie le complexe de zones humides comme unité protégée, il faut créer un mécanisme intersectoriel de gestion durable de la ressource en eau par la mise en place d'une organisation permanente des acteurs de la gestion de l'eau [Exemple d'un comite local de gestion de l'eau : DRE, DAS, DGF, agriculteur, collectivité locale….].

Les aires protégées ne peuvent non plus être uniquement le privilège des riches. Les ressources génétiques et naturelles qu'elles détiennent, les systèmes d'écosystèmes qu'elles nous permettent d'exploiter et le potentiel de tirer des revenus des activités telles que le tourisme viable et l'agriculture familiale peuvent être des mécanismes essentiels à la lutte contre la pauvreté et le développement rural préconisée par les autorités, à la concrétisation du Plan de mise en application du Sommet mondial sur le développement durable.

A travers cette étude nous visons à valoriser le patrimoine naturel sans pour autant porter atteinte à l'équilibre écologique et en veillant à le préserver pour les générations actuelle et future. Il s'agit de valoriser les patrimoines du complexe, qui sont parfois menacées d'extinction par une utilisation abusive sans précaution de conservation et de préservation ni pour le présent ni pour le futur.

La proposition du modèle de développement durable comme solution de rechange dans le complexe de Guerbes-Sanhadja nécessite l'aménagement, la restauration [renaturation] et la réhabilitation des zones humides qui sont en dégradation continue.

RECOMMANDATIONS

- Prévoir un schéma d'aménagement et de gestion des eaux dans le complexe de zones humides de Sanhadja ;
- Relier les zones rurales urbanisées au réseau d'assainissement local pour éviter le déversement dans les zones humides ;
- Eviter l'irrigation des parcelles agricoles à partir des eaux des zones humides et lacs ;
- Sensibiliser les habitants du site et les riverains sur les valeurs des différentes Composantes du complexe et les problèmes environnementaux ;
- Protéger, stabiliser et reboiser le massif dunaire et le cordon littoral avec les espèces autochtones ;
- Proposition des périmètres de protection de tout point d'eau ;
- Utilisation rationnelle des engrais, encourager l'utilisation des engrais organiques et limiter l'usage des pesticides ;
- Un suivi de la qualité des eaux et de mesures piézométriques régulier est recommandé en vu de préserver ces ressources.

BIBLIOGRAPHIE

1. **EATON .FM. 1950.** Significance of carbonate in irrigation waters. Soil Sci 69:123-133

2. **AGENCE DE BASSIN HYDROGRAPHIQUE [Constantine-Seybousse-Mellegue**]:Les cahiers de l'Agence N°1 /Le Bassin de la Seybousse .35Pages

3. **AKROUM. E. H.2014.** perspectives de développement écotouristique au parc national d'El Kala. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Département d'Aménagement.127 Pages.

4. **ALSHEIKH.A.2015.** Irrigation water quality evaluation of Aldelam groundwater. Original Journal of Chemistry. Vol. 31. N°3 .Pages: 1759-1766.

5. **ANRH** [Agence nationale des ressources hydrauliques] : Données météorologiques.

6. **AYERS R.S., WESTCOT D.W., 1985.** Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage paper 29, Rev 1. FAO, Rome. 174 Pages

7. **BARA Mouslim. M.2014.** Structure et écologie des Rallidés dans les zones humides de Guerbes- Sanhadja [wilaya de Skikda] .Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, Département de Biologie. 171 Pages.

8. **BELOUAHEM-ABED D. 2012.** Étude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El-Tarf [Nord-est algérien]. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, Département de Biologie .252 Pages.

9. **BENDERRADJI, ML.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. Université de Strasbourg I.

10. **BENRABAH.S.2013**. Gestion intégrée des ressources en eau : cas du bassin versant de l'oued Kébir Ouest [Nord-Est Algérien].Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, département de géologie .223 pages

11. **BENRABAH S., ATTOUI B., HANNOUCHE M. 2016.** Characterization of groundwater quality destined for drinking water supply of Khenchela City [eastern Algeria]. Journal of Water and Land Development. No. 30 p. 13–20. DOI 10.1515/jwld-2016-0016.

12. **BENSETTITI F. 1992.** Approche phytosociologique des aulnaies de la région d'El-Kala [Algérie]. Documents Phytosociologiques, NS, Vol. 14, Pages: 231-240.

13. **BENSLAMA. M., ANDRIEU-PONEL .V., GUITER .F., REILLE .M., BEAULIEU. J.L. de, MIGLIORE. J. et DJAMALI .M. 2010 .**Nouvelles contributions à l'histoire tardiglaciaire holocène de la végétation en Algérie : analyses polliniques et profils sédimentaires du complexe humide d'El-Kala. Comptes Rendus Biologies. Vol. 333, N° 10, pages : 744 -754.

14. **BERGERY L. 2004.** Evaluation de la performance du développement durable, Journée de recherche CERMAT intitulée "La performance : de la mesure à l'action", IAE de Tours, 15 janvier. Article disponible sur le site http://cermat.iae.univ-tours.fr:8080/IMG/pdf/ Actes_ texte_ 1.pdf).

15. **BERNARD. S, ROCHE. Y, SARRASIN. B. 2016.** Écotourisme, aires protégées et expansion agricole : quelle place pour les systèmes socio-écologiques locaux?. Canadian journal of development studies revue canadienne d'études du développement .Vol. 37, N°. 4, Pages : 422- 445.

16. **BOUAROUDJ.S., KADEM.D.E.D. 2014.** Evaluation de la qualité d'eau d'irrigation des oueds : Rhumel et Boumerzoug [Constantine]. Revue scientifique et technique. LIEE N°24-25.

17. **BOULEKENAFET.Z.2008.**Ressources en eau et perspectives de gestion intégrée dans le bassin d'El Kébir Ouest Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, Département de Géologie. 121 Pages.

18. **BOUMEZBEUR A. 2001**. Fiche Descriptive sur les zones humides Ramsar, DGF, 4 Pages.

19. **BOUMEZBEUR. A. 1993.** Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche [Oxyra leucocephala] et du fuligule nyroca [Fuligula nyroca] sur le Lac Tonga et le Lac des Oiseaux [Est algérien]. Thèse doctorat USTL. Montpellier. 250 Pages.

20. **BOUSSEHABA .A.2010.** Contribution à l'étude ecologique et cartographique de la végétation du complexe des zones humides Sanhadja-Guerbes. Mémoire de Magister Université Badji Mokhtar Annaba, département de Biologie 88 Pages.

21. **BRADBEAR .N.2010.** Le rôle des abeilles dans le développement rural : Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. 238 Pages.

22. **BURTON.J. 2001**. La gestion intégrée des ressources en eau par bassin, manuel de formation, Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie.

23. **CHARNAY. B. 2010.** Pour une gestion intégrée des ressources en eau sur un territoire de montagne. Le cas du bassin versant du Giffre [Haute-Savoie]. Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Savoie [E.D. SISEO]. 504 Pages.

24. **CHELGHOUM.A. [** Ministre de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche] .2016 Stratégie nationale de gestion écosystémique des zones humides d'Algérie .71 Pages.

25. **DAIFALLAH .T.2017.** Ressources en eau et leurs utilisations dans le bassin versant de l'Oued Kébir Ouest [Nord Est algérien] .These de doctorat en science, Université Badji Mokhtar Annaba, Département de Géologie. 170 Pages.

26. **DAVENPORT .T.E.2003.**The Watershed Project management guide .Lewis Publishers, Washington .D.C.271 pages.

27. **DERRADJI F., KHERICI N., ROMEO M., CARUBA R. 2004**. Aptitude des eaux de la vallée de la Seybouse à l'irrigation [Nord-Est algérien]. Sécheresse n° 4, vol. 15, pp 353-60

28. **DIOP .P .2017 :** Vers une stratégie de gestion participative multi-usages de la ressource en eau dans le delta du fleuve Sénégal : processus de décision et outils de régulation autour du lac de Guiers. Thèse de doctorat en Géographie. Université Cheikh Anta Diop de Dakar et Université Paris-Saclay préparée à l'Université Versailles Saint Quentin-En-Yvelines. Ecole Doctorale Eau, Qualité et Usages de l'Eau et Ecole Doctorale Sciences de l'homme et de la société N°578. 370 Pages.

29. **DONEEN L.D. 1962.** Notes on water quality in agriculture. Water Science and Engineering, University of California, Davis, USA. 96 Pages.

30. **DURAND-Delga. M.1960.**Lexique stratigraphique-Algérie .Publ XXé congr Géol .Intern. Copenhague

.

31. **DURAND-Delga, M., Raoult, J.F. et Vila, J.M. 1967.** Situation en fenêtre du Secondaire du Djebel Safia. [Nord Constantinois, Algérie]. Paris: Louis-Jean.

32. **ENVIRONNEMENT QUEBEC. 2004.** Gestion intégrée de l'eau par bassin versant : concept et application .58 pages.

33. **FERRANTON.M. 2016**. L'approche participative au service de la Gestion intégrée de la ressource en eau. L'expérience des Parcs Naturels Régionaux du Sud-est de la France. Thèse de doctorat en Géographie. Université de Savoie Mont Blanc. Ecole doctorale SISEO. Laboratoire EDYTEM. 349 Pages.

34. **FOND MONDIAL POUR LA NATURE [WWF].**WWF.org ; WWF .Fr / France. Défi de la préservation de la biodiversité et des richesses naturelles et la limitation des pollutions.

35. **GANGBAZO. G, GAGNON, E. 2007.** Efficacité des bandes riveraines: analyse de la documentation scientifique et perspective [Sols et environnement]. Direction des politiques en milieu terrestre et Direction des politiques de l'eau. 17 Pages.

36. **GAUCHE .E.2014.** Agriculture familiale et développement durable en milieu amazonien protégé : le cas de l'APA do Igarapé Gelado [Sud-est du Pará, Brésil], Université de Tours, Laboratoire IPAPE, UMR CNRS CITERES .24 Pages

.

37. **GANGBAZO.G. 2004**. Gestion intégrée de l'eau par bassin versant II : *Concepts et application.* Environnement Québec. Août 2004. 153 Pages.

38. **Global Water Partnership et Réseau International des Organismes de Bassin .2009 :** *GWP, 2009* Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin, 112 Pages.

39. **GOUAIDIA. L., GUEFAIFIA .O. BOUDOUKHA A., HEMILA ML. 2013**. Assessment of the groundwater salinity used for irrigation and risks of soil degradation: Example of the plain of Meskiana, Northeastern Algeria. Géo-Eco-Trop. 37.1 .Pages: 81-92

40. **GUASMI I., HADJI F., DJABRIL. 2013.** Water Quality of Medjerda Wadi Used for Irrigation Purpose (Eastern Algeria) © Springer Science+ Business Media DOI 10.1007/978-94-007-5684-7_45.

41. **HADJI. F., GUASMI. I., DJABRI .L., 2013.**Suitability of Surface Water from Mouillah Wadi of Algeria for Irrigation Purposes,© Springer Science +Business Media, DOI 10.1007/978-94-007-5684-7_47.

42. **HADJ-SAID.S .2007 .** Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : cas de la nappe de Guerbes. Thèse de doctorat**,** Université Badji Mokhtar Annaba, département de géologie. 180 pages.

43. **HEDJAL. S. 2014.** Ressources en eau et environnement du complexe des zones humides de Sanhadja Wilaya. Skikda [Nord-Est Algérien]. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, Département de Géologie. 108 Pages.

44. **HEDJAL .S., ZOUINI. D., DANDANE .H. 2016.a .**Qualité des eaux du complexe des zones humides de Sanhadja [Nord-Est Algérien]**.** 4ème colloque international TERRE ET EAU, Université Badji Mokhtar Annaba.

45. **HEDJAL. S., ZOUINI. D., DANDANE. H. 2016.b.** Essai de gestion intégrée des ressources en eau de surface du complexe des zones humides de Sanhadja [Nord-Est Algérien]. 2nd International Conférence on Water Resources. Ourgla. University Algeria, 21-22 November 2016.

46. **HEDJAL. S., ZOUINI. D., BENAMARA. ABD.W., DANDANE. H. 2017.a.** Ressources en eaux et protection des zones humides du complexe de Sanhadja [Nord-est algérien]. International Symposium: Water Resources and Environmental Impact Assessment in North Africa March 24- 26, 2017- Gafsa, Tunisia**.**

47. **HEDJAL. S., ZOUINI. D., BENAMARA. ABD.W., DANDANE. H. 2017.b.** Gestion adaptative des ressources en eaux de surface du complexe des zones humides de Sanhadja [Nord-est Algérien].International Symposium : Water Resources and Environmental Impact Assessment in North Africa March 24- 26, 2017- Gafsa, Tunisia**.**

48. **HEDJAL. S., ZOUINI. D., BENAMARA ABD.W., DANDANE. H. 2018.a.** Evaluation of the organic pollution index in the surface waters of the complex of wetlands of Sanhadja [North-east Algeria]. International Water Forum March 19-21, 2018 Hammamet, Tunisia.

49. **HEDJAL. S., ZOUINI. D., BENAMARA ABD.W., DANDANE. H. 2018.b.** Hydrochemical assessment of water quality for irrigation: A case study of the wetland complex of Sanhadja [North-East of Algeria]. Journal of Water and Land Development. No. 38 p. 43–52. DOI: 10.2478/jwld-2018-0041.

50. HAMOUDA.S.2013.Parcs nationaux, réserves de biosphère et activités agricoles-Enjeux au sein du parc NATIONAL El-Kala [Algérie] Thèse de doctorat en Biologie, Université Badji Mokhtar, Annaba, Département Biologie.294 Pages.

51. HILLY. J.1962. Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer. 408 Pages.

52. HOLMES. J., GUTIERREZ DE PINERES. S., KIEL. L.D. 2006. Reforming Government Agencies Internationally: Is There a Rôle for the Balanced Scorecard? International Journal of Public Administration. 29 (12), p. 1125-1145.

53. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13 : 25 Rabie El Aouel 1432, 28 Février 2011 : Loi N° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 Février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable .Pages :8-12

54. KHAMMAR. C.1981. Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'oued Kébir Ouest. Wilaya de Skikda. Algérie. Thèse de Doctorat 3^{éme} cycle, Grenoble. France.176 Pages.

55. MANSOURI .Z.2009. Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdane [Nord-Est Algérien]. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, Département de Géologie. 118 Pages.

56. MEBARKI. A. 2005. Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, Aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'Etat Université, Mentouri, Constantine. Algérie. 360 Pages.

57. MECIBAH.I.2017. Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'oued Guebli [Nord-est algérien] .These de doctorat en science, Université Badji Mokhtar Annaba, Département de Géologie. 275 Pages.

58. METALLAOUI .S. 2010. Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garâat Hadj Tahar [Numidie occidentale, Nord-est de l'Algérie]. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, Département de Biologie. 171 Pages.

59. METALLAOUI .S. BOUSSOUAK. R., BOUZID.S., DZIRI.H., HOUHAMDI M. Structure, inventaire et biosurveillance de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja [Nord-Est Algérien] . Université de 8 mai 1945 Guelma. Laboratoire BEE : Biologie, Eau et Environnement [Le programme quinquennal 2014-2018].

60. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL [Direction des affaires juridiques et de la réglementation].2011. Recueil des textes relatifs au domaine forestier steppique et à la protection de la faune.9 pages.

61. MOREL.J ., HILLY.J. 1956. Nouvelles observations sur les formations quaternaires dans le département de Bône et particulièrement dans le massif de Cap de Fer et L'Edough –In quaternoria II Rome.

62. O.N.M de Skikda [Office National de Météorologie. Algérie]. Données météorologiques.

63. **PARTENARIAT MONDIAL POUR L'EAU .2000**. La gestion intégrée des ressources en eau. 76 Pages.

64. **PERSON.J. 1978.** Irrigation et drainage en Tunisie : problème posé par la salinité des sols et des eaux. Bull. BRGM [2éme série] section III, 2 : 143-151.

65. **PIPER AM .1944.** A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Trans Am Geophys Union 25 .Pages :914- 923

66. **PLANCHAIS .G.2008.** Stratégie et performance des agriculteurs dans un enjeu d'agriculture durable .Thèse de doctorat en science de Gestion, Université d'Angers, France.426 Pages.

67. **QUESTE .2011.** Les milieux humides dans le sud du Québec : entre destruction et protection. Analyse critique et élaboration d'une stratégie de conservation. Rapport de stage présenté à Nature Québec, à l'Université du Littoral Côte d'Opale [ULCO], et à l'Université des Sciences et Technologies de Lille1 [USTL].55 Pages.

68. **RAACHI. M .L. 2007.**Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au Nord-est Algérien. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie, université du Québec à Montréal.175 pages.

69. **RAPPORT D'EXPERTISE** fait référence au contrat n°AFD/STR/RCH/REC/2012-MCT-001 entre l'AFD et le Cirad intitulé « Étude sur la contribution de l'agriculture familiale à la sécurité alimentaire » Les agricultures familiales du monde Définitions, contributions et politiques publiques. Montpellier .281Pages.

70. **RAPPORT INEDIT [DGF/CFW] :** Projet d'élaboration d'un plan de gestion du complexe de zones humides Guerbes Sanhadja - Skikda- Algérie, Phase descriptive : le milieu physique .24 Pages.

71. **REBBAS. K.2014.** Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Bejaïa. Thèse de doctorat en science, Université Ferhat Abbas Sétif, Département de biologie et écologie végétale.180 Pages.

72. **RICHARDS. L. A. 1954 .**Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook 60, USDA, Washington D.C, 1 60 pages.

73. **RODIER, J. 2005.** L'Analyse de l'eau [eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer] 8eme Edition Dunod, Paris

74. **RODIER, J. 2009.** L'Analyse de l'eau 9eme Edition Dunod, Paris.

75. **ROUABHIA A.E.K., DJABRI L.2010.** L'irrigation et le risque de pollution saline exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine D'EL MA EL ABIOD. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 8. Pages : 55-67

76. SAMRAOUI .B. et BELAIR.G. de .1997. The Guerbes-Sanhadja wetlands. Part I Overview. Ecologie, vol. 28, N° 3, Pages. 232-250.

77. SAMRAOUI .B., BOUDOT .J.P., RISERVATO E., FERREIRA S., JOVIĆ M., KALKMAN V.J., SCHNEIDER W. 2010 . The status and distribution of dragonflies. In : The status and distribution of freshwater biodiversity in northern Africa, A. CUTTELOD et N. GARCIA édit., Édit. IUCN, Gland [Suisse], Cambridge [Royaume Uni] et Malaga [Espagne], Pages : 51-70.

78. SAMRAOUI .B., MENAÏ .R. 1999 . A contribution to the study of the Algerian Odonata. International Journal of Odonatology, Vol. 2, N° 2, Pages : 145-165.

79. SAMRAOUI. B., SAMRAOUI .F., BENSLIMANE. N., ALFARHAN .A.H. et AL-RASHEID K.A.S. 2012. A precipitous decline of the algerian newt Pleurodeles poireti Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, north-eastern Algeria. Revue d'Écologie [La Terre et la Vie], Vol. 67, N° 1, Pages : 71-81.

80. SARRI .D.2017. Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc national El-Kala et des sites d'intérêts biologiques et écologiques de la région d'El Tarf. Thèse de doctorat en science, Université Ferhat Abbas Sétif, Département de biologie et écologie.182 Pages.

81. SECRETARIAT DE LACONVENTION DE RAMSAR. 2010. Gestion des zones humides : Cadres pour la gestion des zones humides d'importance internationale et autres zones humides. Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides, 4e édition, vol. 18. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.10 Pages.

82. SECRETARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR. 2013 . Le Manuel de la Convention de Ramsar Guide de la Convention sur les zones humides [Ramsar, Iran, 1971] 6eme édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.120 Pages.

83. THOMAS .1975. Ecologie et dynamiques de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El-Kala (Est Algérien). Thèse de spécialité en écologie végétales .Montpellier .113pages**.**

84. TOUBAL O., BOUSSEHABA .A., TOUBAL. A., SAMRAOUI B. 2014. Biodiversité méditerranéenne et changements globaux: cas du complexe de zones humides Guerbes-Sanhadja [Algérie]. Physio-Géo. Vol. 8, Pages : 273-295.

85. UNESCO .2003. L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie, Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau, UNESCO/Division des sciences de l'eau, Paris, France

86. Union internationale pour la conservation de la nature [UICN].WWW.IUCN .org /Fr Documents de consultation pour la protection de la nature.

87. VENKATESWARANA. S., S SATHEESHKUMAR. S., AYYANDURAI. R, 2015. Suitability of groundwater resources for irrigation in the Upper Gadilam River Basin Villupuram District, Tamil Nadu, India, ISSN 0974-5904, Volume 08, No. 02 , Pages: 292-300.

88. **VILA, J. M. 1969**. Relation paléogéographique et structurale entre le flysch de Penthièvre et les unités externes de la dorsale Kabyle dans la région de Jemmapes (Nord constantinois, Algérie). Bull, Serv, Géol, Fr., 7eme série, Tome XI.

89. **Vila J.M. 1980.** La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algero- Tunisiens. Thèse de Doctorat Es Science. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 665 pages.

90. **WILCOX L.V. 1948.** The quality of water for agricultural use. US Dept Agriculture Tech. Bull. 1962, Washington DC. 8 Pages.

91. **YOUBI .A .2009.** Politiques publiques et aires protégées paysage - patrimoine, outils de gestion du parc national d'El Kala ? .Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Département d'Architecture. 260 Pages.

92. **ZOUINI .D . 2013**. Vers une gestion concertée des ressources en eau dans le parc national d'El Kala. Séminaire GESTE, ENGEES de Strasbourg, France.

Annexe .01: ***QUESTIONNAIRE***

Dans le cadre de l'élaboration d'une thèse de doctorat concernant le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ; votre collaboration nous aidera à mener à bien cette recherche en acceptant de répondre à ces questions et merci **d'avance**

1. Résidence d'origine : Commune……Wilaya ……

2. Résidence actuelle…….....

3. Changer lieu de résidence ? Oui ☐ Non ☐

4. Age …… Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐

5. Niveau d'instruction : Primaire ☐ Moyen ☐ Secondaire ☐ Universitaire ☐

6. Profession actuelle ……

7. Situation familial en milieu rural : Célibataire ☐ Marié ☐

- Nombre d'enfants :……
- Nombre de personne vivant dans le foyer :……dont de sexe masculin……
- Nombre d'enfant en cycle : Primaire : M….F …..Secondaire : M…..F… Universitaire : M….F……
- Nombre de personne exerçant dans une activité ……..……..
- Activité(s) des hommes…….
- Activité (s) des femmes ……..

8. Localisation de l'habitation riveraine**:** En zone urbaine ☐ À proximité de la forêt ☐

En zone rurale ☐ À proximité des zones marécageuses ☐

9. Exercice de l'activité à agricole **:** Propriétaire agricole privé ☐ Locataire agricole ☐

Concessionnaire agricole ☐ Amodiateur ☐

- Superficies des terres exploitées ……..……ha
- La superficie totale équipée pour l'irrigation……ha
- La superficie réellement irriguée au cours des dernières 12 mois …….ha
- Activité agricole principale pratiquée……

10. Quelle est l'origine de l'eau que vous utilisez pour l'irrigation?

- Puits ☐
- Forage ☐
- Retenue collinaire ☐
- Zones marécageuses ☐

11. Quel (s) type (s) de technique d'irrigation utilisez-vous ? ……. ……

- Gravitaire ou de surface (à la raie, gaines, submersion..) : Oui ☐ Non ☐
- Aspersion : Oui ☐ Non ☐
- Goutte à Goutte : Oui ☐ Non ☐

12. Avez-vous une idée de la qualité de l'eau que vous utilisez pour l'irrigation: Oui ☐ Non ☐

13. Localisation de terres exploitées par rapport au complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Hors complexe ☐ En périphérie du complexe ☐ À l'intérieur du complexe ☐

14. Pratique de l'élevage animal : Bovin ☐ Ovin ☐ Caprin ☐ Apiculture ☐

- Technique d'élevage : Etable ☐ Dans la nature ☐
- Mode d'élevage pour l'apiculture

Traditionnel ☐ Nombres ruches….....Volume récolté……

Moderne ☐ Nombres ruches….....Volume récolté……

Vente de miel : en gros ☐ Client (s) privé (s) ☐ Client (s) privé (s) ☐

15. Pratiquez-vous la chasse : Oui ☐ Non ☐ Si Oui gibier d'eau ☐

Gibier terrestre ☐

16. Êtes-vous locataire d'une parcelle agricole à régime forestier : Oui ☐ Non ☐

- Si Oui localisation de la parcelle : commune……Lieu dit ……

Superficie…….hectares. Durée de la location……..ans

Activité pratiqué : Agriculture ☐ Élevage ☐ Apiculture ☐ Autre ☐

17. Utilisez-vous les produits forestiers : Oui ☐ Non ☐

- Si Oui : Oui

Bois de chauffage ☐ Charbonnage ☐ Autres ☐

Bois morts ☐ Bois morts ☐ Quantité/jour……..kg

Espèce de bois : Chêne liège ☐ Chêne kermès ☐ Eucalyptus ☐

Pins ☐ Autres ☐

- Plantes fourragères : Citez les noms…….. ……

.....

- Plantes médicinales : Citez les noms……

……

- Plantes d'extraction (huiles essentielles) :

Lentisque ☐ Romarin ☐ Oléastres : Extraction d'huile d'olive ☐

18. Que signifie pour vous la biodiversité ?

- Diversité de la flore et de la faune ☐
- Originalité des ressources naturelles animales et végétales ☐
- Importance biologique et écologique ☐

19. Savez-vous ce qui est une aire protégée et un complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Oui ☐ Non ☐

- Si Oui donnez quelques précisions ……

……

20. Quelle est la place du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja dans son contexte actuel selon vous ?

Indispensable ☐ Importante ☐ Peu importante ☐ Non importante ☐

21. Avez-vous une idée des Garâates Classées dans la convention de RAMSAR ?

Oui ☐ Non ☐

- Si Oui citez quelque une ……...

……..

Nb. CADRE RESERVE AUX GESTIONNAIRES REGIONAUX OU LOCAUX

1. Cadre :……..

- Fonction :……..
- Diplôme :……
- Wilaya ☐ ▪ Daïra ☐ ▪ Commune ☐
- Secteur : Ressources en eau ☐

Direction des services Agricoles ☐

Conservation des forêts ☐

Environnement ☐

Urbanisme ☐

Travaux publique ☐

Administration régionale (Secrétaire général daïra, Commune, Wilaya ☐

2. Quelle sens prend le développement durable selon vous ?

- Protection des ressources en eau ☐
- Solidarité dans l'utilisation des ressources en eau ☐
- Responsabilité à assumer pour une meilleure utilisation des ressources en eau ☐
- Exploitation rationnelle des ressources en eau ☐
- Assurer une bonne gestion des ressources en eau vous ? ☐
- Autres sens : à préciser……...

3. Selon vous il est nécessaire de consulter la population riveraine pour le classement d'une zone à protéger selon la convention RAMSAR ?

Oui ☐ Non ☐

- Dans les deux cas : Donnez quelques explications : …….
  ……

4. Vous êtes Chercheur/Universitaire ce que vous pensez du classement d'une zone protégée

- Quelle a été votre réaction ? Favorable ☐ Défavorable ☐
  Encourageante ☐ Hésitante ☐

5. La préservation est mise en œuvre ? ☐ Non ☐ Partiellement ☐

6. Citez quelques avantages du complexe ? Création d'emploi ☐ Loisirs ☐

Protéger et restaurer les espèces phares ☐

La pérennité des zones marécageuses ☐

Recherches scientifique ☐

7. Selon votre connaissance qui gère le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

……

8. Quel est votre avis sur cette gestion sectorielle actuelle ? Bonne ☐ Mauvaise ☐

- Si mauvaise expliquez ……..

  ……

9. Pensez-vous que votre direction accorde de l'importance à la protection du complexe de Sanhadja lors de l'exercice de sa mission ? .....

……

- Comment ?……

  ……..

10. Existe-il des chevauchements de prérogatives entre les gestionnaires de l'espace, à savoir les services des secteurs des resources en eaux, de l'agriculture, et des forêts, qui est chargé d'une mission de conservation ?

Oui ☐ Non ☐

- Classez par ordre d'importance les secteurs ayant des prérogatives qui chevauchent avec celle de la forêt.…….
  …….

11. Quelles sont les principales causes de chevauchement ?.....

……..

12. Le chevauchement prérogative constitue-il une contrainte majeure de la gestion du complexe de Guerbes-Sanhadja ?

Oui ☐ Non ☐

13. Quelle sont les activités qui dégradent les zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

Les rejets des eaux usées des agglomérations ☐ L'agriculture ☐

L'extraction du sable ☐ Défrichement ☐

Autres précisez :……

……

14. Les menaces qui pèsent sur le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja

Au manque d'une stratégie de gestion mieux réfléchie ☐

Au non implication des populations riveraines dans la gestion ☐

À l'insécurité du terrain ☐

Au manque des moyens ☐

À un manque de cadre spécialisé ☐

À une insuffisance des prérogatives ☐

A d'autres raisons à préciser : Organisme précis de gestion tel qu'administration, zone naturelle, parc régional …….

……...

15. Dans le complexe, est-il possible de concilier entre la protection des ressources en eaux et leur exploitation rationnelle ?

Oui ☐ Non ☐

- Si Oui précisez comment :……

  …….

16. Pensez-vous que la réalisation d'un plan de gestion protège et restaure le patrimoine naturel du complexe [eau et biodiversité] ?

Quelle est votre avis …….

……

17. Souhaitez-vous être impliqué dans la gestion du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja ?

Oui ☐ Non ☐

18. L'approbation de nouveaux instruments de gestion et l'intégration de tous les acteurs dans l'élaboration de ce plan de gestion

Oui ☐ Non ☐

- Si non qu'elle serait votre proposition……...

  ……

19. Serait-il avantageux pour que le complexe permette une ou plusieurs activités durables ?

Oui ☐ Non ☐

20. Après le classement du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, continuez-vous exploiter rationnellement le patrimoine naturel [eau et biodiversité] ?

Oui ☐ Non ☐

- Si Oui précisez comment ?

  Exploitation durable ☐ Exploitation comme le passé ☐

Annexe 02 : La Convention de RAMSAR

L'homme, dans son action multiforme, agit sans cesse dans la perspective du succès. Il gagne souvent. Et, agissant pour gagner, il peut faire perdre ceux qui, comme lui, ont pour perspective de gagner face à lui. C'est là une règle universelle et un comportement communs et ordinaires depuis la nuit des temps.

Mais depuis que le progrès technologique et l'émancipation matérielle de l'humanité régissent les conduites humaines en les inscrivant en permanence dans la recherche du gain et la rentabilité économique-ils les régissent aujourd'hui à l'échelle des états comme à celle des citoyens-, un grand perdant est venu s'installer dans ce registre immatériel où figurent les pièces comptables faisant office de bilan de l'activité de l'homme.

Ce grand perdant c'est la nature. Ce sont les patrimoines culturels et physiques qu'elle a façonnés au gré des âges, ce sont les espèces faunistiques et floristiques qui en sont la trame et la substance, ce sont les espaces et les étendues terrestres et lacustres, ces parures qui ne sont pas qu'ornements mais aussi pièces essentielles d'un équilibre écologique devenant chaque jour plus incertain.

Une réponse est toutefois venue aux dégradations incessantes, celle de la nécessité d'aller vers une protection de ces espaces.

Cette action vise la sauvegarde de la faune et de la flore de ces territoires écologiquement fragiles.

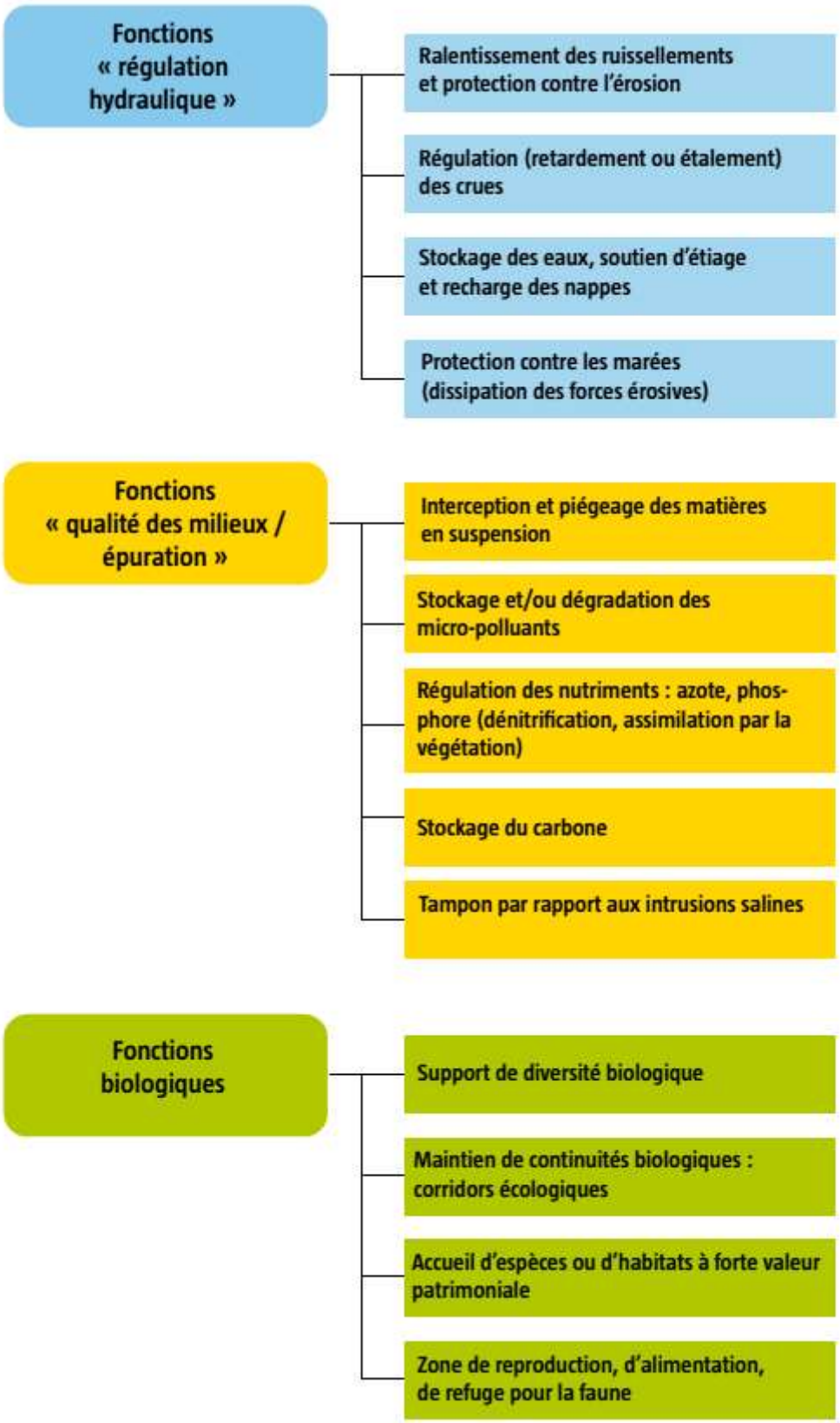
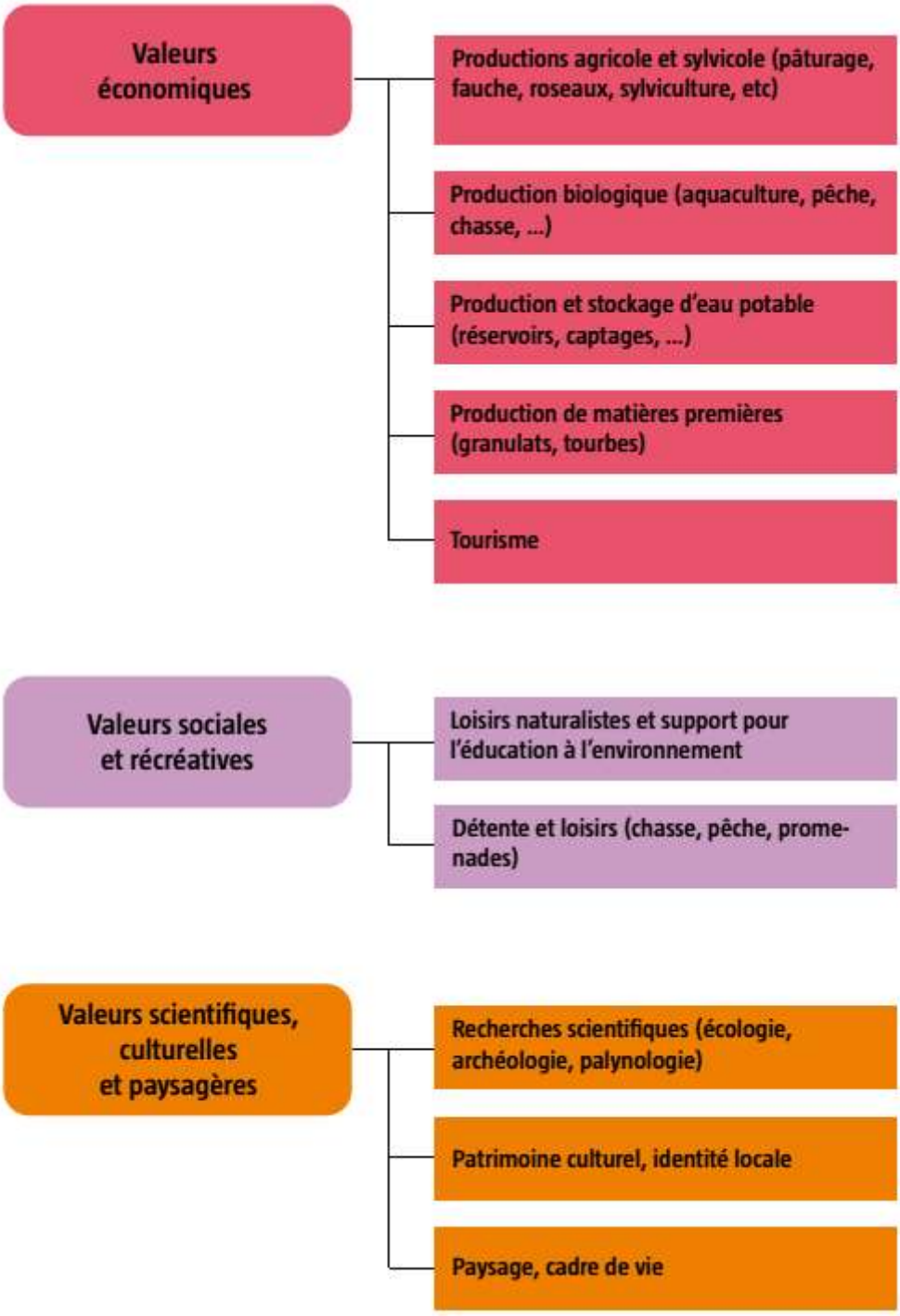
Dès l'année 2000, le gouvernement a mis en œuvre une politique de protection des aires protégées, menant à leur classement dans le cadre de conventions internationales ***[RAMSAR, Biodiversité].***

Chérif Rahmani Ministre de l'Aménagement
du Territoire et de l'Environnement

Annexe. 03 : *LEXIQUE LOCAL DES ZONES HUMIDES*

- **Chaabat:** ravin.
- **Djebel**: montage.
- **Demnet:** Groupement végétal envasé ou enfoui dans la vase.
- **Garâat :** Marais ou marécage.
- **Fedj** : col, défilé, passage entre deux montagnes.
- **Kef** : roc, roche à pic, escarpement, talus, falaise.
- **Aulnaie** : Prairie humide constituée d'une petite quantité d'eau.
- **Koudia ou Koudiat** : Petite colline, colline, hauteur, tas, tertre.

Annexe. 04 : ***LES GRANDES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES***



Annexe. 05 : ***LES PRINCIPALES VALEURS DES ZONES HUMIDES***