

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY

NIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار- عنابة

Année 2014

Faculté des Sciences de la Terre
Département de géologie

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

Option: Ressources en eau

THEME

**Ressources en eau et environnement du complexe
De zones humides de Sanhadja Wilaya. Skikda
(Nord Est Algérien)**

Présenté par : HEDJAL Sihem

Directeur de mémoire: M^r ZOUINI Derradji

Pr. Université Badji Mokhtar-Annaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENT:	KHERICI Nacer	Pr. U.B.M. Annaba
EXAMINATEURS :	KHERICI-BOUSNOUBRA Houria	Pr. U.B.M. Annaba
	DERRADJI El Fadel	Pr U.B.M. Annaba

RÉSUMÉ

Le Complexe de zones humides de Sanhadja du Nord-est algérien est situé à l'aval du bassin d'oued El-Kébir Ouest. Cette partie du bassin couvre ainsi l'essentiel des zones humides soit une surface d'environ 42 000 hectares le long du littoral méditerranéen. Toute la lame d'eau de surface drainée forme un chapelet de zones marécageuses occupant les basses vallées d'oued El Kébir et ses affluents. Ces marécages constituent un potentiel indéniable de zones humides à préserver. Ces eaux de surface de marécages sont celles qui sont en communication directe avec la gestion de l'environnement d'où leur vulnérabilité extrême.

Les rejets indirects des eaux domestiques effectués par les agglomérations rurales le long du cours d'eau principal sans aucun traitement dans les ruisseaux et les affluents constituent une menace évidente de la dégradation du milieu naturel. Ils participent à la détérioration de la qualité chimique des eaux du milieu, rejoignant les marais lors des inondations et atteignent ainsi les unités du complexe des zones humides.

Devant cette situation alarmante, accentuée par les changements climatiques, les défrichements illicites, la dynamique éolienne et l'ensablement compromettent le futur du complexe, ses écosystèmes et sa durabilité. Pour cela nous recommandons l'application des textes en vigueur pour une préservation durable et vers une exploitation rationnelle.

Mots clés : Complexe de zones humides, Sanhadja, Oued El-Kébir Ouest, écosystème, vulnérabilité, Nord-est algérien.

ABSTRACT

The North east Algerian complex of humid zones of Sanhadja is located at the dawn stream pool of Wadi El kebir West .This part of pool cover the essential humid zones of a surface about 42 000 hectares along the Mediterranean coast.

All the water waves of a drained surface from a chaplet of swampy zones which inmate the low valleys of Wadi El Kébir and its tributaries. Its swamps constitute and undeniable of humid zones to be protected.

The surface water of swamps are those which are in direct communication with the conduct of the environment where their vulnerability extreme.

The indirect throwing out of domestic waters are affected or carried out by rural agglomeration along of the main waters stream without airy treatment in the brooks and the swamps in which it constitutes an obvious threat of the damage of natural atmosphere .They participate at the deterioration of waters chemical qualities of the circle, regaining the marches since the floods and damage, thus the unites of the complex humid zones.

In front of this alarming situation accentuated by the climatic change, the illicit reclaims and silting endanger the future of the complex, its ecosystems and its durability.

For this we recommend and advise the application of strength tests for a durable protect towards a rational exploitation.

Keywords: Complex of humid zones, Sanhadja, wadi El Kebir West, ecosystem, vulnerability, North East Algeria.

ملخص

يقع مركب المناطق الرطبة -صنهاجة - شمال شرق الجزائر, أسفل حوض الوادي الكبير الغربي , هذا الجزء من الحوض يغطي معظم الأراضي الرطبة و التي تقدر مساحتها حوالي 42 000 هكتار على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط . نظرا للاستواء الشديد للسطح و الطبيعة الجيولوجية للأراضي فان كمية المياه السطحية التي تتجمع تشكل سلسلة من المستنقعات [قرعات] و مناطق غمر تتمركز خاصة في الأماكن المنخفضة من حوض الوادي الكبير الغربي وروافده .هذه القرعات لها قيمة كبيرة و أكيدة للمناطق الرطبة و هي علي علاقة مباشرة بالتسيير البيئي كما أنها ضعيفة و مهددة.

إن مياه الصرف الصحي الغير مباشرة الناتجة عن البلديات و الساكنات الريفية القاطنة بالمركب والتي تصب بدون معالجة في الوادي الكبير الغربي و روافده تشكل تهديدا واضحا للتدهور البيئي من جهة و تغير الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للمياه خاصة أثناء الفيضانات وبالتالي الوصول إلى وحدات مجمع للأراضي الرطبة[القرعات].

وأمام هذه الوضعية المزرية و المقلقة، و التي تفاقمت بسبب العديد من العوامل من بينها تغير العوامل المناخية , قلع الأشجار و النباتات بطريقة عشوائية و غير شرعية ، وحرقة الرياح وانجراف التربة يهدد مستقبل مركب المناطق الرطبة ، والنظم الإيكولوجية والاستدامة .

إن من أجل حماية الموارد المائية لهذه المناطق الطبيعية المحمية و المحافظة علي استمراريتها يجب تطبيق قوانين سارية المفعول تنص على الاستغلال العقلاني للمركب .

الكلمات الرئيسية :مركب المناطق الرطبة -صنهاجة ، حوض الوادي الكبير الغربي، البيئية، شمال شرق الجزائر.

REMERCIEMENTS

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

La réalisation de ce travail n'aurait pu être menée à terme sans le support continu de mon encadreur monsieur ZOUINI Derradji. Je désire lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui m'ont grandement aidée tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de ce mémoire.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de Jury qui ont accepté de lire et juger mon travail.

Monsieur KHERICI Nacer, professeur à l'université d'Annaba qui m'a fait l'honneur de présider le jury de mémoire.

Madame KHERICI-BOUSNOUBRA Houria et Monsieur DERRADJI EL Fadel, professeurs à l'université d'Annaba, qui ont bien voulu examiner ce travail.

Je tiens aussi à remercier Monsieur BELOULOU Laroussi MC. A et le chef de PG de ressources en eau du département de géologie pour ces orientations et ses conseils

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 BOUCHEBCEB ce dernier a toujours exprimé sa disponibilité quand il s'agit de l'acquisition des données de base.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Monsieur BOUDIAF Mohamed ingénieur d'état en informatique pour l'aide et les conseils prodigués.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à Messieurs MESSAI Djamel et Nabila (District des forêts de Ben Azzouz) pour nous avoir guides sur le terrain.

Je ne peux jamais oublier de remercier mes amis avec lesquels j'ai partagé des merveilleux moments durant le cycle de formation, notamment: Moncef, Brahim, Zahira, Asma, Meriem, Zineb.

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

Remerciement spécial à tous ceux qui ont contribués de loin où de près à l'élaboration de ce travail.

ABRÉVIATIONS ET SIGLES

- **AEA** Alimentation en eau agricole
- **AEI** Alimentation en eau industriel
- **AEP** Alimentation en eau potable
- **ANRH** Agence nationale des ressources hydrauliques
- **APC** Assemblée populaire communale
- **CF** Conservation des forêts
- **DAS** Domaine agricole sociale
- **DGF** Direction générale des forêts
- **DRE** Direction des ressources en eau
- **OMS** Organisation Mondiale de la Santé
- **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

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES	2
I. SITUATION GEOGRAPHIQUE	2
II. IDENTIFICATION ADMINISTRATIVE ET APERÇU SOCIO-ECONOMIQUE....	3
III. LE COUVERT VEGETAL ET L'OCCUPATION DU SOL.....	4
1. Données sur les sols du complexe	4
1.1. Classification des sols	4
1.1.1. Classe des sols peu évolués	4
1.1.2. Classe des sols vertisols.....	5
1.1.3. Classe des sols Calcimagnésiques	5
1.1.4. Classe des sols Fersialitique	6
1.1.5. Classe des sols Hydromorphes	6
2. L'occupation du sol	6
2.1. Le domaine forestier	7
2.2. Le domaine agricole.....	8
2.2.1. La superficie agricole utile [SAU]	8
3. L'élevage	11
4. Aperçu topographique du complexe de zones humides de Sanhadja.....	11
4.1. Montagnes.....	12
4.2. Collines	12
4.3. Dunes	12
4.4. Dépressions	13
4.5. Terrasses	13
CHAPITRE II : CADRE GEOLOGIQUE	14
I. LA LITHOSTRATIGRAPHIE DU COMPLEXE	14
1. Paléozoïque.....	14

1.1. Les formations cristallophylliennes	14
2. Mésozoïque.....	15
1.1. Les formations sédimentaires	15
3. Cénozoïque... ..	16
3.1. Flysch-oligocène	16
3.2. Flysch – numidien.....	16
4. Le quaternaire	16
4.1. Quaternaire Ancien ou Pléistocène	16
Le travertin.....	16
Les grés de dunes	16
4.2. Quaternaire récent ou Holocène.....	17
Les colluvions	17
Le sable rougeâtre d’âge holocène.....	17
Le sable blanc des dunes	17
Les alluvions	17
II.TECTONIQUE	19
1. Structure autochtone	19
2. Structure para-autochtone.....	20
3. Structure allochtone	20
La nappe de charriage métamorphique kabyle du Paléozoïque inférieur.....	20
Nappe de flysch argilo-gréseux	21
Nappe de charriage numidienne	21
 CHAPITRE III : LES CARACTERISTIQUES HYDRO-CLIMATIQUES	23
I. LES STATIONS METEOROLOGIQUES	23
II. LES PRECIPITATIONS.....	24
1. Analyse statistique des données pluviométriques	24
1.1. Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss	24
2. Précipitations moyennes mensuelles	26
2.1. Régime mensuel.....	28

3. Répartition saisonnière des précipitations	29
4. Précipitations annuelles	31
5. Calcul de la lame d'eau moyenne précipitée	33
5.1. La méthode arithmétique	33
III. LA TEMPERATURE.....	33
1. Relation Température-Précipitation.....	34
IV. PARAMETRES METEOROLOGIQUES SECONDAIRES	36
1. L'Humidité	36
2. Les vents	36
3. L'évaporation.....	37
4. L'ensoleillement	37
V. BILAN D'EAU.....	37
1. L'évapotranspiration.....	38
1.1. Calcul de l'évapotranspiration	38
L'évapotranspiration potentielle [ETP]	38
L'évapotranspiration réelle [ETR].....	40
Formule de TURC	40
Formule de COUTAGNE	40
Méthode du bilan d'eau de C.W.Thornthwaite.....	41
1.2. Discussion des résultats	45
2. Estimation du ruissellement.....	45
3. Estimation de l'infiltration.....	46
 CHAPITRE IV : RESSOURCES EN EAUX ET QUALITE.....	 48
I. RESSOURCES EN EAU DE SURFACE	48
1. Le bassin versant de l'oued El –Kébir Ouest.....	48
Le bassin versant d'oued El-Kébir Ouest / Hammam	48
Le bassin versant d'oued El-Kébir Ouest/Magroun	48
2. Les eaux de surface.....	48
2.1. Le réseau hydrographique.....	48

2.2. Barrage de Zit Emba	49
2.3. Les retenues collinaires	50
2.4. Les Bassins d'accumulations	50
2.5. Les marécages du complexe de Sanhadja	51
Garâat Béni M'Hamed	51
Garâat de Greaat	51
Garâat Sidi Fritis	52
Garâat Hadj Tahar	52
Garâat Sidi Makhoulf	53
Garâat El Guelb	53
Garâat Chychaya	54
Garâat Dissia	54
Garâat Aïn Nechma	55
Garâat Zaouia	55
Garâat Messaoussa	56
II. RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE.....	58
1. Identification des systèmes aquifères	58
1.1. Interprétation des profils hydrogéologiques schématiques.....	58
2. Ressources en eau souterraine	61
2.1. Les forages.....	61
2.2. Les puits.....	62
2.3. Les sources.....	63
III. QUALITE DES EAUX.....	63
I. LES EAUX DE SURFACE	64
1. Faciès chimiques.....	64
2. Les Paramètres physico-chimiques.....	66
2.1. Les paramètres physiques	66
Le potentiel d'Hydrogène [pH].....	66
La conductivité électrique [CE].....	66
Matières en suspension [MES]	67

Résidu sec	67
2.2. Les paramètres chimiques.....	67
La dureté totale [TH]	67
Les ions majeurs	68
Calcium [Ca ²⁺].....	68
Magnésium [Mg ²⁺].....	69
Sodium [Na ⁺]	69
Le potassium [K ⁺].....	69
Bicarbonates [HCO ₃ ⁻]	70
Sulfates [SO ₄ ²⁻].....	70
Chlorures [Cl ⁻]	70
3. Aptitude des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation	71
3.1. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides se Sanhadja	
d'après Wilcox	71
II. LES EAUX SOUTERRAINES	73
1. Faciès chimiques des eaux souterraines	73
2. Normes de potabilité et qualité des eaux souterraines.....	75
3. Aptitude des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation	77
3.1. Classification des eaux souterraines du complexe de zones humides se Sanhadja	
d'après Wilcox	77
CHAPITRE V : EVALUATION ET MESURES DE PRESERVATION DU	
COMPLEXE DE ZONES HUMIDES DE SANHADJA	80
I. LES POTENTIALITES NATURELLES.....	80
II. LE POTENTIEL VEGETAL ET FAUNE A VALEUR ECOLOGIQUE.....	81
1. Le couvert végétal.....	81
2. La faune	83
III. EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE LOCALE	83
IV. MENACES ET PRESSIONS.....	84
1. Menaces sur les ressources hydriques	84

1.1. L'expansion de l'agriculture	84
1.2. Les rejets urbains et industriels.....	85
1.3. Les sablières.....	87
2. Menaces sur la couverture végétale du complexe	87
V. VERS UNE GESTION DURABLE DU COMPLEXE DE SANHADJA.....	91
1. Mesures d'urgence pour une gestion durables de l'eau et de l'environnement dans le complexe de Sanhadja.....	91
2. Approche participative de gestion	92
3. Discussion et mise en place des mesures d'urgences	93
CONCLUSION GENERALE	96
RECOMMANDATIONS.....	98
BIBLIOGRAPHIE	99
ANNEXES	102

LISTE DES FIGURES

Fig.01. Situation géographique du Complexe de zones humides de Sanhadja.....	2
Fig.02. La population dans les différentes communes de complexe de zones humides de Sanhadja.....	3
Fig.03. Proportions relatives des unités paysagères.....	7
Fig.04. Répartition de la SAU dans le complexe de zones humides de Sanhadja.....	9
Fig.05. Carte de l'occupation du sol du complexe des zones humides de Sanhadja.....	10
Fig. 06. Carte géologique de la région de Sanhadja / Extrait de la carte Géologique de l'extrême Nord-est Algérien [D'après J.M.VILA. 1980].....	18
Fig. 07. Schéma structural du complexe de zones humides de Sanhadja.....	19
Fig.08 .Carte de situation des stations Pluviométriques.....	24
Fig. 09. Ajustement graphique à une loi de Gauss des précipitations Annuelles St de Skikda [1980/81-2010/2011] ONM.....	25
Fig. 10. Ajustement graphique à une loi de Gauss des précipitations annuelles St de Berrahal [1980/81-2010/2011] ONM.....	25
Fig.11 .Variations mensuelles du coefficient de variation.....	27
Fig. 12.Répartitions mensuelles moyennes des précipitations à travers les différentes Stations.....	28
Fig.13. Régime pluvial mensuel des différentes stations.....	29
Fig.14. Répartition saisonnière des pluies.....	30
Fig.15. Evolution moyenne annuelle des précipitations à travers les quatre saisons.....	31
Fig.16. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord [moyennes annuelles ramenées à la période de [1922/1960- 1969 /1989] ANRH.....	32
Fig.17. Températures mensuelles moyennes.....	34
Fig. 18.Diagramme Ombro-thermique de la station de Skikda [1980/81-2011/11].....	35
Fig. 19.Diagramme Ombro-thermique de la station d'Azzaba [1980/81-2011/11].....	35
Fig. 20. Carte de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne de l'Est	

Algérien [D'après Mebarki. A. 2005. Source : étude A.N.R.H., 2002].....	39
Fig. 21. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station de Skikda [1980/81-2011/11].....	42
Fig. 22. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station d'Azzaba [1980/81-2011/11]	43
Fig. 23. Bilan d'eau de CW Thornthwaite à la station de Berrahal [1980/81-2011/11]	44
Fig. 24. Les principaux affluents de l'oued El Kébir Ouest dans le complexe de Sanhadja	49
Fig. 25. Vue du Garâat Béni M'Hamed	51
Fig. 26. Vue du Garâat Greaat	51
Fig. 27. Vue du Garâat Sidi Freitis	52
Fig. 28. Vue du Garâat Hadj Tahar	52
Fig. 29. Vue du Garâat Sidi Makhlouf	53
Fig. 30. Vue du Garâat El Guelb	53
Fig. 31. Vue du Garâat Chychaya	54
Fig. 32. Vue du Garâat Dissia	54
Fig. 33. Vue du Garâat Aïn Nechma	55
Fig. 34. Vue du Garâat Zaouia en Eté	55
Fig. 35. Le réseau hydrographique du complexe de zones humides de Sanhadja	57
Fig. 36. Profils hydrogéologiques schématiques à travers le complexe de zones humides de Sanhadja	60
Fig. 37. Répartition de volume d'eau souterraine exploitée selon les principaux types d'usages dans le complexe de zones humides de Sanhadja.....	62
Fig. 38. Diagramme de Piper des eaux de surface du complexe de zones Humides de Sanhadja	64
Fig. 39. Diagramme de Schöller- Berkaloff des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja	65
Fig. 40. Concentration des cations dans les eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja	69
Fig. 41. Concentration des anions dans les eaux de surface du complexe	

de zones humides de Sanhadja	70
Fig.42. Aptitude des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox	72
Fig.43. Diagramme de Piper des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja.....	73
Fig.44. Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja	74
Fig.45. Aptitude des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox	78
Fig.46. Vue de Garâat Ouaja	81
Fig.47. Exemples de menaces des activités agricoles portant sur les ressources en eau du complexe de Sanhadja	85
Fig.48. Les rejets des eaux usées de la région de Zaouia à ciel ouvert	87
Fig.49. Prélèvement illicite de sables à Lakhlalba [Commune de Ben Azzouz]	87
Fig.50. Exemples de menaces portant sur la couverture végétale du complexe de Sanhadja	89

LISTE DES TABLEAUX

Tab.01. Répartition spatiale de la population communale dans le complexe de zones humides de Sanhadja.....	4
Tab .02. Couverture forestière et statut juridique.....	7
Tab.0 3. La population active à l'agriculture dans le complexe de zones humides de Sanhadja	8
Tab.0 4. Répartition de la surface agricole totale [SAT] dans le complexe de zones humides de Sanhadja	8
Tab.05. Répartition de la SAU dans le complexe de zones humides de Sanhadja	9
Tab.06. Répartition de l'élevage dans le complexe zones humides de Sanhadja	11
Tab.07. Les produits d'élevages dans le complexe de zones humides de Sanhadja.....	11
Tab.08. Les Coordonnées géographiques des stations météorologiques	23
Tab.09. Variabilité spatiale et temporelle des pluies dans le complexe de zones humides de Sanhadja.....	26
Tab.10 .Coefficient pluviométrique relatif mensuel d'après méthode d'Angot / 1895	28
Tab. 11. Répartitions saisonnières des précipitations	29
Tab. 12. Valeur des précipitations annuelles [mm] selon la méthode arithmétique [1980 /81-2010/11].....	33
Tab. 13. Température moyenne mensuelle en C°	33
Tab.14. Humidité relative en (%) moyenne mensuelle [1980 /81-2011/12].....	36
Tab .15. La vitesse moyenne mensuelle des vents de la station de Skikda [1976/77-2005/06].....	36
Tab.16. Evaporation mensuelle à la station de Skikda [1992/93-2011/12]	37
Tab.17.Insolation moyenne mensuelle en heure à la station de Skikda [1992-93/2010-11] ...	37
Tab.18. Calcul de l'E.T.P selon la méthode C.W .Thorntwaite [1980-81/2010-11]	39
Tab.19. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de TURC [1980-81/2010-11].....	40
Tab.20. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de COUTAGNE [1980-81/2010-11]	40

Tab.21. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda [1980-81/2010-11].....	42
Tab.22. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station d'Azzaba [1980-81/2010-11]	43
Tab.23. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station de Berrahal [1980-81/2010-11]	44
Tab.24. Récapitulatif des ETR calculé par les différentes méthodes.....	45
Tab.25. Estimation de ruissellement selon la formule de <i>Romantchok</i> . [1974].....	46
Tab.26. Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan d'eau.....	46
Tab.27. Les caractéristiques du cours d'eau d'oued El-Kébir Ouest.....	49
Tab.28. Caractéristiques du barrage de Zit Emba dans la commune de Bekkouche Lakhdar .Daïra Ben Azzouz, wilaya de Skikda	49
Tab.29. Les différentes retenues collinaires dans le complexe de zones humides de Sanhadja	50
Tab.30. Les différents Bassins d'accumulations dans le complexe de Sanhadja.....	50
Tab.31. Le chapelet de zones humides de Sanhadja	56
Tab.32 .Ressources en eau souterraine [m^3/j] destinées aux différents usages quotidiens dans le complexe de zones humides de Sanhadja.....	62
Tab. 33. Le volume annuel exploité des ressources en eau souterraine dans le Complexe de zones humides de Sanhadja.....	63
Tab.34. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides De Sanhadja d'après leur pH	66
Tab.35.Relation conductivités - minéralisations des eaux de surface du Complexe de zones humides de Sanhadja.....	66
Tab. 36. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides De Sanhadja d'après leur MES	67
Tab.37. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja d'après leur TH	68
Tab.38. Paramètres statistiques des ions majeurs des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja	68

Tab.39. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja par degrés d'aptitude à l'irrigation [méthode du SAR]	71
Tab.40. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du calcium	75
Tab.41. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du magnésium ..	75
Tab.42. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du sodium	75
Tab.43. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du potassium.....	75
Tab.44. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du chlorure.....	76
Tab. 45. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du sulfate	76
Tab.46. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité de la conductivité	76
Tab.47. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du nitrate.....	76
Tab.48 .Classement des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja	77
Tab.49. Principales espèces végétales	82
Tab.50 .Principales espèces animales	83
Tab.51. Principales unités agro-industrielles dans le complexe de Sanhadja	85
Tab.52. Etat de réseau d'assainissement dans les trois communes du Complexe de Sanhadja	86
Tab.53. Nombres des délits et les superficies défrichées dans le complexe de Sanhadja période [1998-2004]	88
Tab.54. Nombres des délits et les superficies incendiées dans le complexe de Sanhadja période [1998-2004]	88
Tab. 55. Les principales menaces et impacts sur le patrimoine naturel du complexe de Sanhadja	90

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie connaît, aujourd'hui, de graves problèmes d'altération de ses sites naturels. Cette dégradation est due à divers facteurs socio-économiques et politiques au nombre desquels il faut compter la destruction des forêts, des zones humides, les pratiques culturelles inappropriées...

Ces conditions naturelles défavorables et notamment l'étendue et la sensibilité des zones côtière, dunaire, montagneuse, steppique et saharienne, la fragilité naturelle des sols ainsi que l'agressivité du climat ont accentué ce phénomène.

Avec l'accroissement des pressions humaines, les écosystèmes telles que les zones humides du complexe de Sanhadja, se modifient et se morcellent rapidement, des espèces animales et végétales sont en voie de disparition et les réservoirs génétiques s'amenuisent.

La zone côtière comprend de nombreux sites d'intérêt stratégique, au point de vue écologique : espèces rares et tracé des «fly-ways» Europe-Afrique.

Le complexe de zones humides de Sanhadja présente 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 macroule...etc.

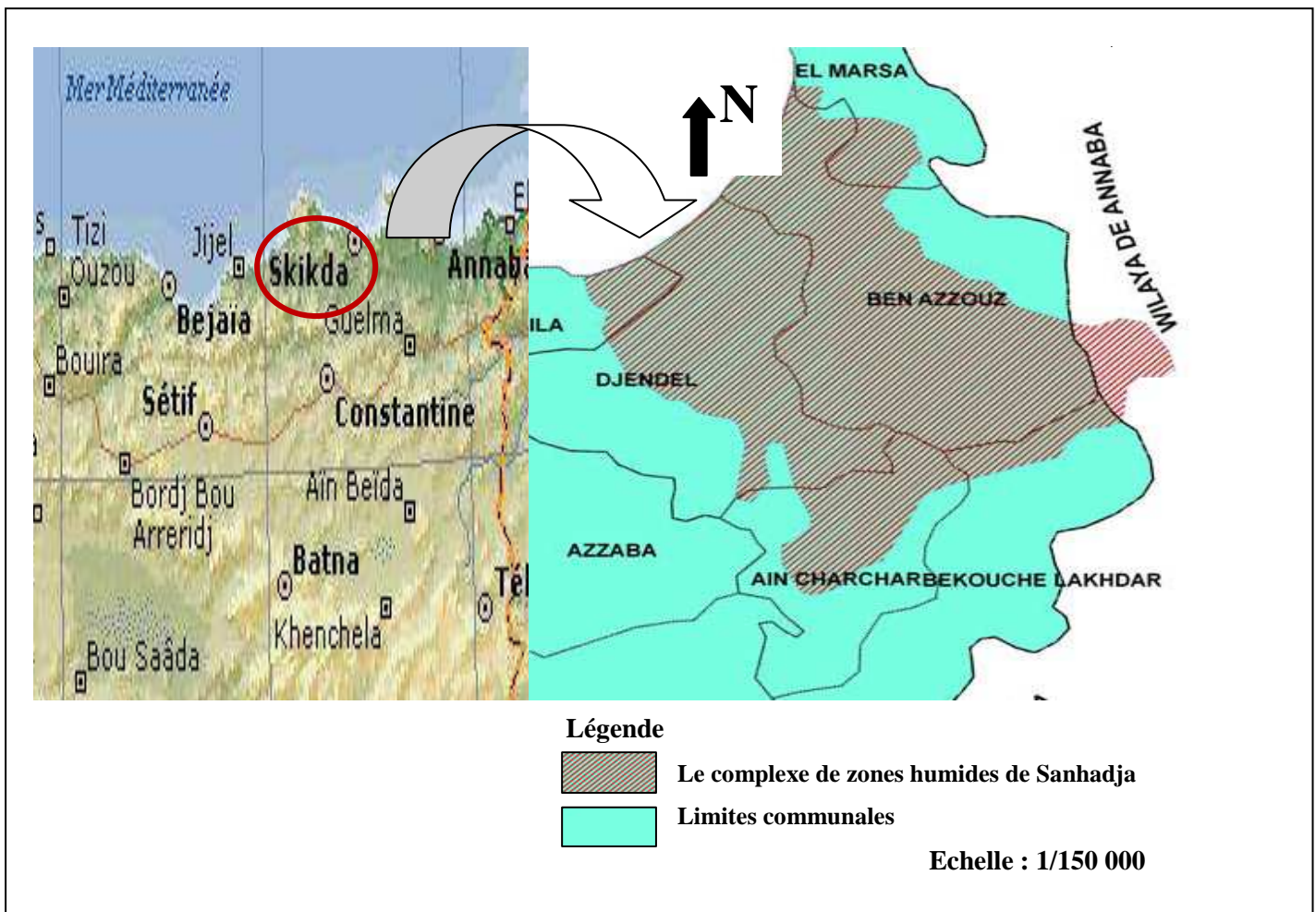
Ces nombreux sites de zones humides comme celui de Sanhadja, à caractère exceptionnel sont parfois affectés par la proximité urbaine et l'activité humaine nocive. Les perspectives qui s'annoncent en matière de développement touristique menacent ces écosystèmes. Dans les zones humides du complexe de Sanhadja, les modes d'irrigation et les pompages incontrôlés assèchent les plans d'eau en période d'étiage à cela s'ajoute les défrichements illicites les décharges sauvages....

CHAPITRE I

LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Complexe de zones humides de Sanhadja couvre la partie littorale Est de la wilaya de Skikda. Cet ensemble est situé à l'aval du bassin d'oued El-Kebir 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. 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.



Source : CF/DGF de Skikda

Fig. 01. Situation géographique du Complexe de zones humides de Sanhadja

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 Sanhadja est un territoire relativement peu urbanisé et peu industrialisé, qui compte environ 37 067 habitants 2008, [Fig.02]. La commune la plus peuplée est Ben Azzouz avec un total 29 581 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.

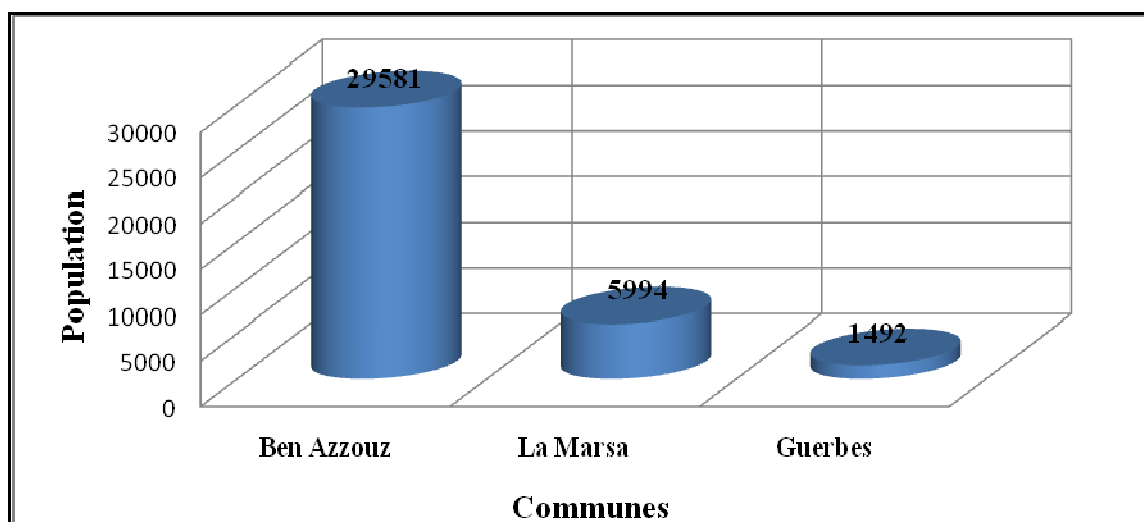


Fig.02. La population dans les différentes communes du complexe de zones humides de Sanhadja

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

Communes	Agglomérations	Population	Taux d'accroissement
Ben Azzouz	Ben Azzouz	4495	2.01
	Boumaiza	4867	1.98
	Zaouia	3952	2.10
	Ain Nechma	2450	1.99
	El-Hamma	2278	2.09
	Zone éparse	11539	1.05
La Marsa	La Marsa	3133	1.60
	Zone éparse	2861	1.60
Djendel	Guerbes	1492	2.02

Source : APC Ben Azzouz, Azzaba

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

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 vertical 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 couvrant une superficie de l'ordre de 1183 hectares, ils sont localisés, donc, sur des pentes et offrent ainsi un certain drainage externe, ils sont formés sur des colluvions peu ou non calcaires 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 glaciaire 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.A]. La surface agricole utile représente 47,52% de la superficie totale de la zone répartie entre terres labourables, arboricultures et autres cultures notamment la tomate, le 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.05], le complexe présente une grande diversité thématique, ainsi les classes les plus dominantes sont :

- Pelouses et prairies (9501 ha)
- Cultures maraichères (6793 ha)
- Sol nu (5288 ha)
- Zones inondables cultivées (2323 ha)

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 près de 2415 hectares.

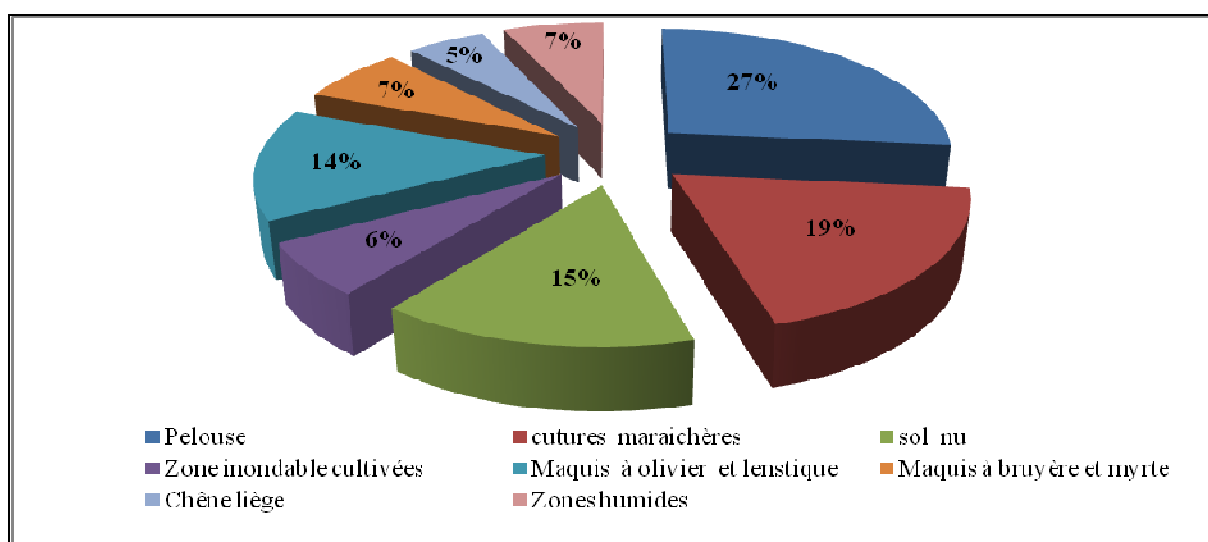


Fig. 03. Proportions relatives des principales unités paysagères du complexe de Sanhadja

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]

Communes	Superficie [ha]	Statut juridique		Etat physique	Essence dominante
		Domanial [%]	Privé [%]		
Ben Azzouz	2532.81	97	3	Dégradé	Maquis à olivier et lentisque
La Marsa	4196	95	5	Bon	Maquis à bruyère et myrte
Guerbes	2631.19	88	12	Moyen	Chêne liège

Source : CF/ DGF de Skikda

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

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.

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

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

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.

Communes	Terres Labourables		Productions permanents			S.A.U	Parcours et Pacages	Terres Improductives	S.A.T
	Cultures herbacées	Terre au repos	Prairies Naturelles	Vignobles	Arbres fruitiers				
Ben Azzouz	7331	3419	0	24	627	11401	3354	380	15135
La Marsa	1099	652.31	0	0	45	1796.3	641	662	3099.31
Guerbes	3734	97.79	21	206.5	593.25	4652.5	1769	635	7056.54

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

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

2.2.1. La superficie agricole utile [SAU]

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

		Superficie [ha]		
		Ben Azzouz	La Marsa	Guerbes
La surface agricole utile S.A.U [ha]		11401	1796	7056.54
Cultures annuelles	Céréale d'hiver	1750	200	934
	Légumes sec	150	25	240
	Fourrages	360	90	250
	Culture industrielle	4370	650	3980
	Culture maraichère	3280	537	453
S / Total		9910	1502	5857
Cultures permanentes	Plantation	397 dont 262,5 irrigués	56 dont 10 irrigués	150 dont 150 irrigués
	S / Total	397	56	150
Occupation		10307	1558	6007
Taux (%)		90	87	92

Source : Service agricole de Ben Azzouz et Azzaba 2013

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

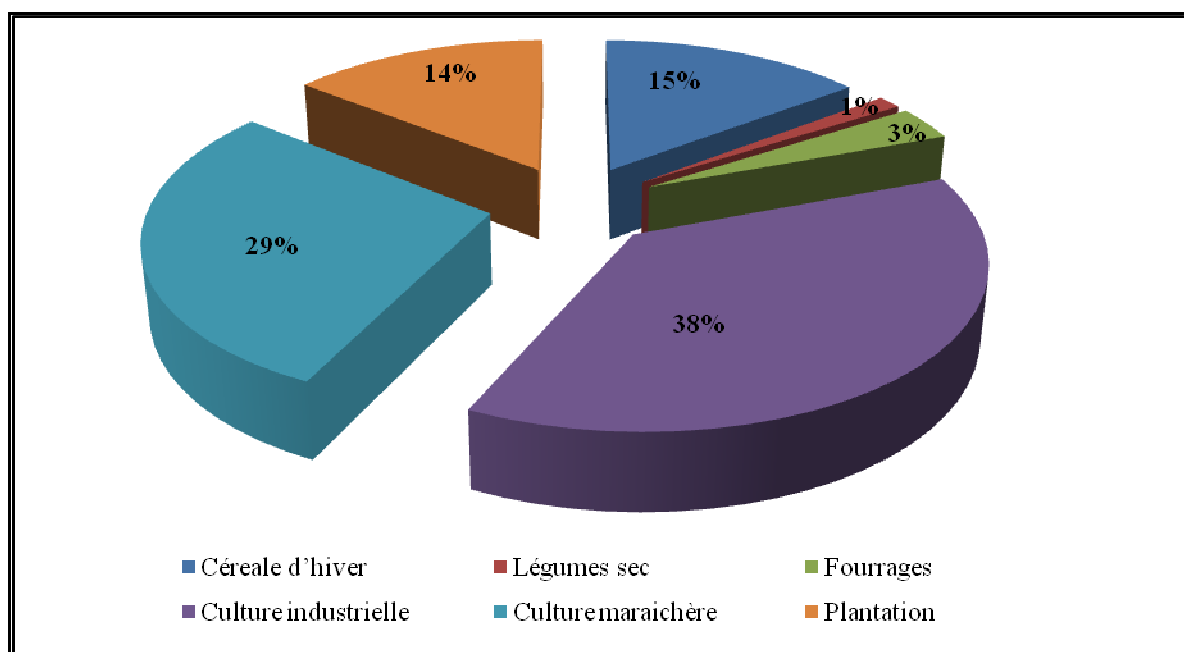


Fig. 04. Répartition de la SAU dans le complexe de zones humides de Sanhadja

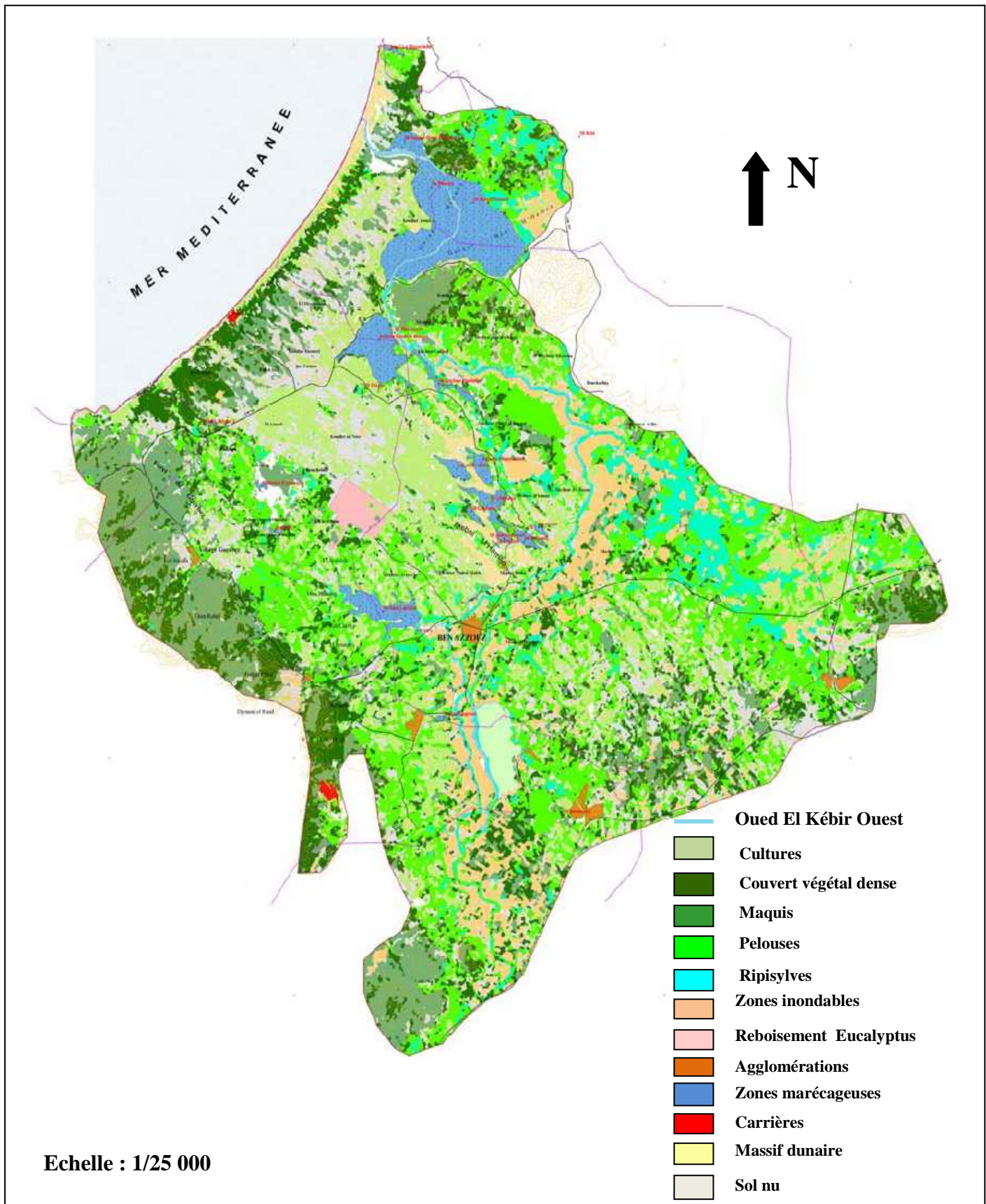


Fig. 05. Carte d'occupation du sol du complexe de zones humides de Sanhadja

3. L'élevage

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.

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

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 [2013]

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

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.

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 [2013]

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

4. Aperçu topographique du complexe des zones humides de 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) et Bazri

(1999)]. 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.

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.

CHAPITRE II

CADRE GEOLOGIQUE

Le complexe des zones humides de Sanhadja fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas tellien, zone plissée 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 à 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 [C. 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'Aquitainien ;
 - Et enfin, les sédiments plio-quadernaires 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 [J.HILLY, 1962].

Le massif de Boumaiza est l'extrémité occidentale de la série cristallophyllienne à métamorphisme moindre. Cette série autochtone présumée du précambrien est située 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 inférieur de cette unité.

La sédimentation de la chaîne 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 flyschoides 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 – Kimmeridgien 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-Kébir 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

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.

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

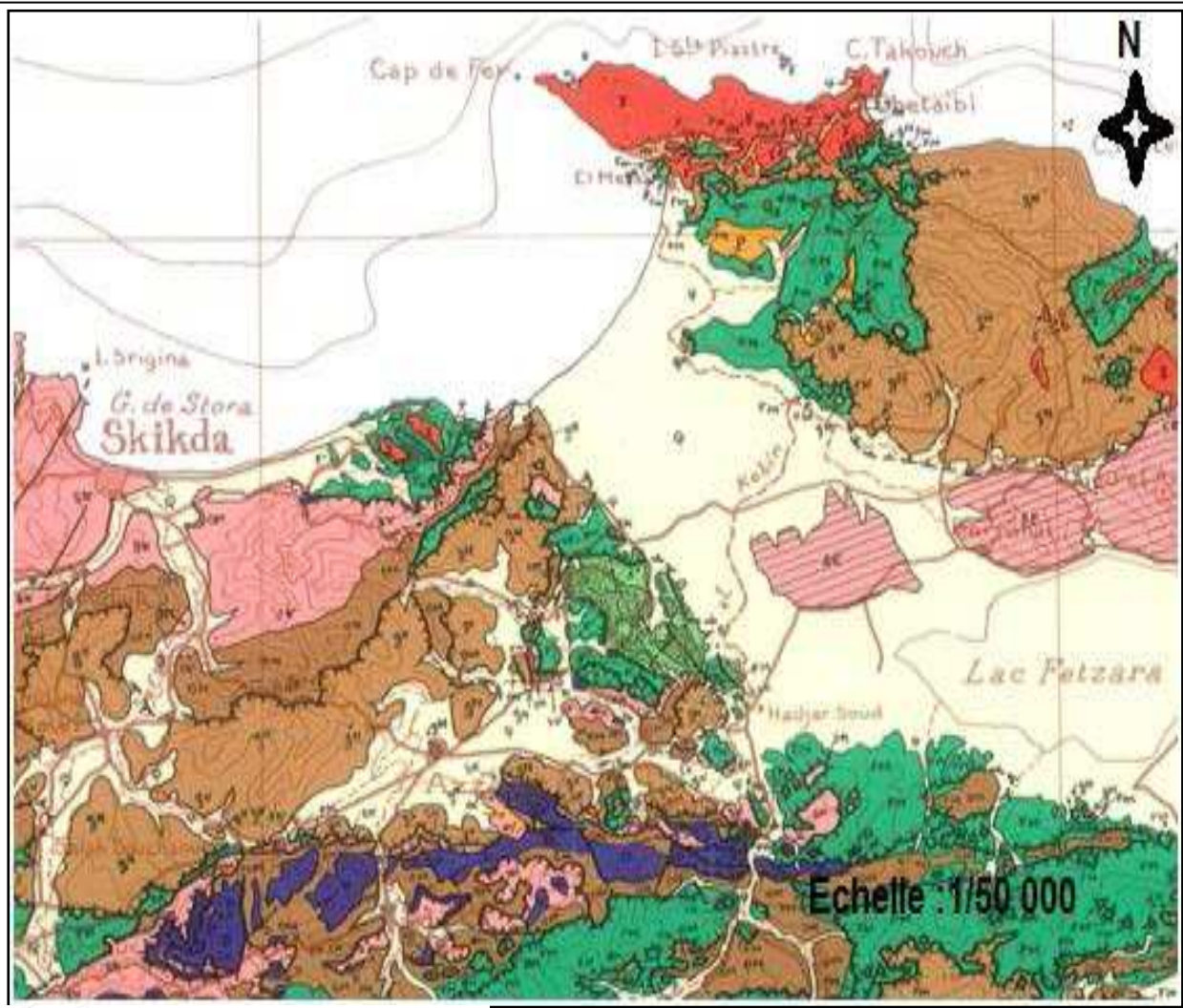
Les colluvions sont constituées de sable, d'argile et d'éboulis de pente, elles se sont formées au pléistocène et pendant l'holocène. Elles se localisent tout le long du contrefort ouest de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest selon un alignement Sud-Est, Nord-ouest.

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.

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 [1966].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.

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.



Légende :

ROCHES ERUPTIVES RECENTES
 Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.

NAPPE ULTRA-TELLIENNE
 SERIE INFERIEURE DU DJEBEL SAFIA ET FORMATIONS DU DJEBEL EDOUGH
 Série typiques (Néocomien à Lutétien supérieur) marneuse et marno-calcaire à crétacé clair.
 SE-Socle du Djebel Edough

SOCLE KABYLE, CHAÎNE CALCAIRE
 Oligo-Miocène Kabyle, olistostromes à flyschs resédimentés (y compris le Numédien) et flyschs en position nord-kabyle (F').
 CHAÎNE CALCAIRE : Paléozoïque à Lutétien supérieur des zones internes, médiane et externe.
 SK-Socle métamorphique de petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes, porphyroïdes, gneiss et marbres).

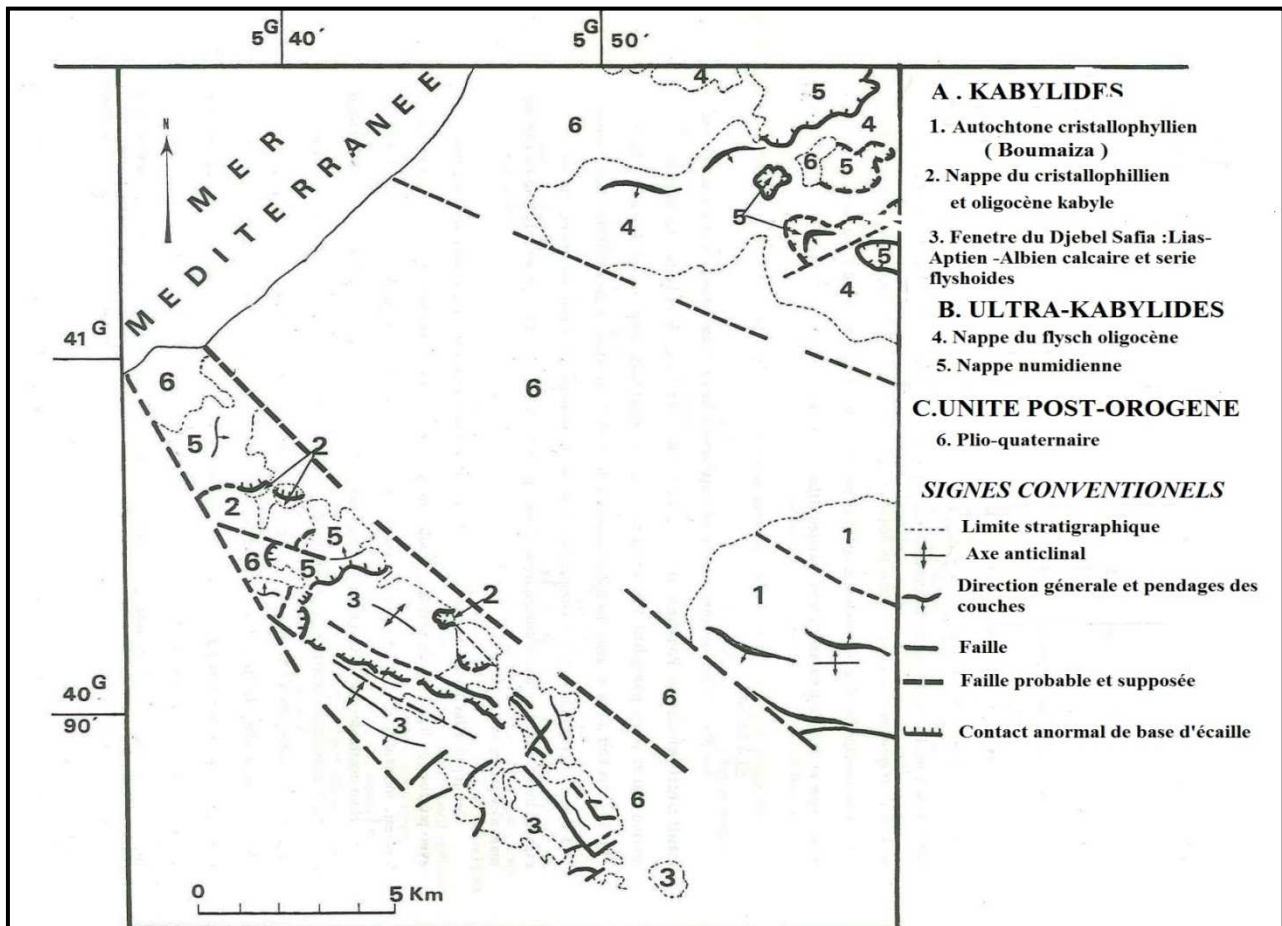
NAPPE NUMIDIENNE
 Grès numédiens et séries mixtes.
ROCHES RECENTES ET CYCLES POSTERIEURS AU BURDIGALIEN INFERIEUR.
 Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).
 Pliocène marin des zones côtières.

NAPPES DE FLYSCHS KABYLIES, FLYSCHS MAURETANIENS
 Séries internes d'Aïn Naceur, de Sidi Rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taleb, de la Robertseu (Souk es Sebt) et de la Marsa, Séries médianes de Guerrouch, d'El Kam, de Khordchef, de Ghezala et du Sud d'Aïn Berda (Penthièvre) Séries externes (ex-"Medjan") et séries atypiques de Tamalous, du Kef Mezzouch et de Ziane.

Fig. 06. Carte géologique de la région de Sanhadja / Extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-est Algérien [D'après J.M.VILA. 1980].

II. TECTONIQUE

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



Source : KHAMMAR.C. 1981

Fig. 07. Schéma structural du complexe de zones humides de 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 effet, des auteurs inédits 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 chaîne 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 inférieur dont le pendage varie de 20-70°. Le cœur de l'anticlinal laisse apparaître des dolomies ou calcaires massifs du Lias. Les assises argilo-gréseuses du Crétacé inférieur déformées en plis disharmoniques. Ces assises ont été soumises à un métamorphisme dynamique qui leur confère une ressemblance avec les schistes métamorphiques du Paléozoïque inférieur. J.M.Villa propose comme socle immédiat de cet ensemble paraautochtone 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

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 chaîne 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 flyschoides Oligocène kabyle dans le cadre géologique régional sépare les bombements anticlinaux du Djebel Safia et de ceux du Djebel Filfila.

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 essentiels de cette unité flyschoides.

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 chaîne calcaire. Dans cette structure interne la nappe numidienne comprend une assise de grès quartzitique souvent subhorizontal discordant sur une assise inférieure d'argiles dont le développement est sporadique dans la région. Ces grès 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 simples, elles se distinguent par le glissement doux souvent subhorizontal de l'assise gréseuse supérieure.

En conclusion l'analyse géologique a mis en évidence une structure complexe constituée par un empilement de nappes 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-quadernaire 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 III

LES CARACTERISTIQUES HYDRO-CLIMATIQUES

Dans le but de compléter les caractéristiques physiques de la région de 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.

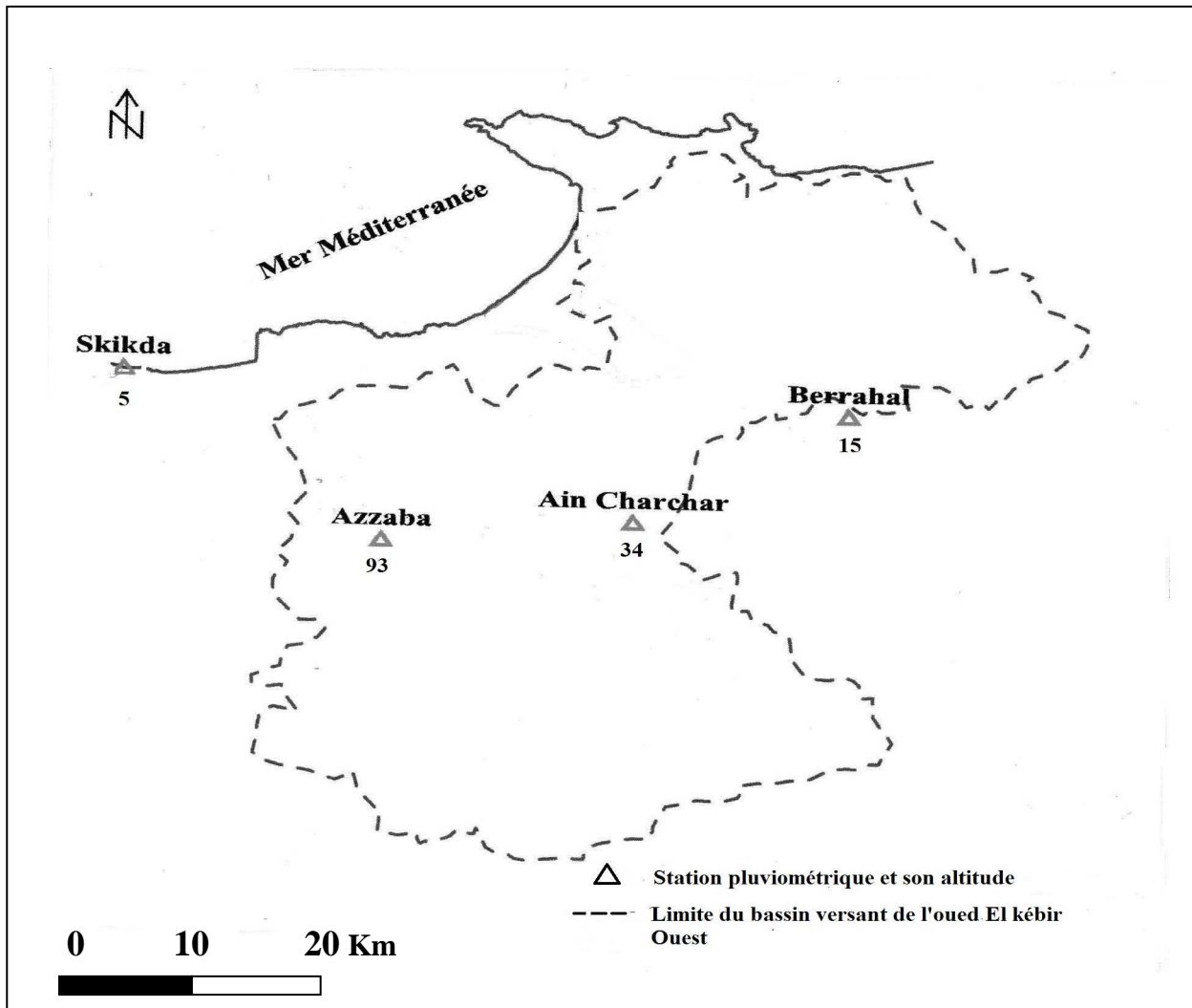
Pour atteindre les objectifs de ce chapitre un effort considérable a été fourni notamment dans la collecte des données sur les précipitations, la température, l'humidité, le vent, au niveau des services gestionnaires en particulier l'agence nationale des ressources hydrauliques [ANRH] et l'office national de météorologie [ONM]. Nous tenterons à partir des données disponibles, de faire ressortir les caractères généraux du climat de la région de 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.08].

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

Tab.08. Les Coordonnées géographiques des stations météorologiques



Source : HADJ-SAID. S. 2007

Fig.08 .Carte de situation des stations Pluviométriques

II. LES PRECIPITATIONS

1. Analyse statistique des données pluviométriques

En vue d'une utilisation effective des données pluviométriques, l'analyse primaire de ces séries semble primordiale. Elle permet de contrôler.

- La vraisemblance de l'information.
- L'homogénéité spatiale et temporelle des données.
- La représentativité de mesures.

1.1. Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss

Avant de pouvoir exploiter les données pluviométriques dans le complexe de Sanhadja ; 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 deux stations Skikda et Berrahal.

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

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

Le report des points figuratifs des précipitations annuelles des deux stations pluviométriques [Fig.09, Fig.10] montre un alignement des points selon une droite théorique qui traduit la bonne adéquation de la loi normale.

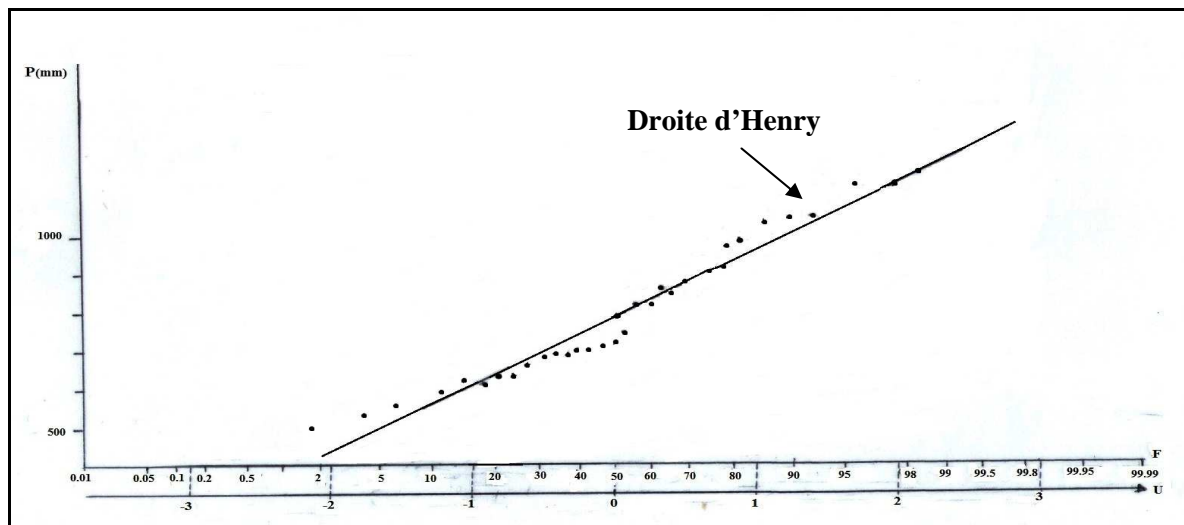


Fig.09 .Ajustement graphique à une loi de Gauss des précipitations annuelles St de Skikda [1980/81-2010/2011] .ONM

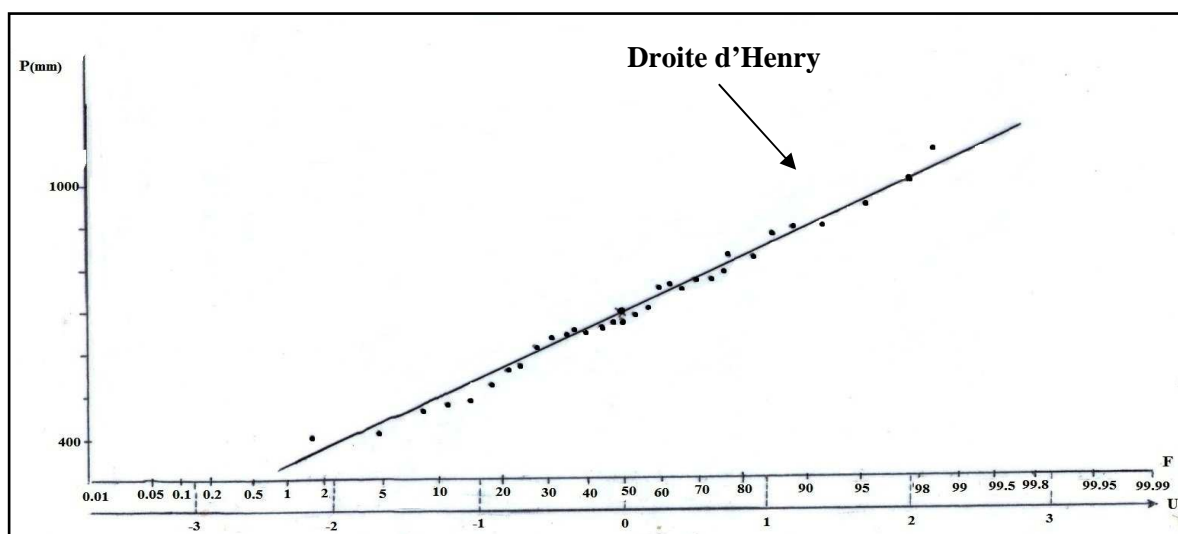


Fig.10.Ajustement graphique à une loi de Gauss des précipitations annuelles St de Berrahal [1980/81-2010/2011] .ANRH

2. Précipitations moyennes mensuelles

A partir des données pluviométriques observées aux stations énumérées dans le [Tab.08]. 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.09].

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Skikda [série 1980/81-2010/2011]													
moy	47.7	69.8	102.5	150.2	115.2	96.4	68.6	62.7	38.5	15.5	2.8	10.1	780
max	203	190	248	284	343	276	246	172	148	129.2	87	22.1	64
min	0	2	6	6	30	21	1	0	13	2	0	0	0
CV%	81	65	66	51	56	60	59	65	84	114	174	152	23
Azzaba [série 1980/81-2010/2011]													
moy	30.4	51.03	93.75	125.9	102.8 3	86.32	65.18	42.06	22.94	6.22	0.44	8.45	635.6
max	146	148.1	343.7	302.6	269.4	264.8	199.4	156.3	100.4	40.5	4.3	169	1021.6
min	0	0	3.6	1.3	15.9	0	6.3	5.9	0	0	0	0	282.8
CV%	110	89	89	56	55	77	67	71	104	156	219	358	31
Ain Charchar [série 1980/81-2010/2011]													
moy	42.9	74.8	111.9	151.9	126.2	99.3	85.6	66.5	48.9	13.4	2.5	6.2	830.2
max	173	273	307.2	348.1	333.5	333.1	311.1	217.1	152.5	69	26	30.7	1549.5
min	2	00	14.1	15.5	20.5	0.5	1.2	3.2	0	0	0	0	346.2
CV%	83	82	72	57	64	80	77	83	85	144	194	137	37
Berrahal [série 1980/81-2010/2011]													
moy	32	62.8	93.3	131.4	105.3	79.3	63.8	57.6	40.7	11.4	3.1	6	686.8
max	136.4	199	258.9	292.6	206.8	210	160.2	146.8	205.6	46.8	21.8	35.9	1060.6
min	1.4	2.2	10	15	5.8	6	10.6	11.9	2.6	0	0	0	400.1
CV%	86	69	64	47	49	68	59	64	99	121	171	146	23

Tab.09. Variabilité spatiale et temporelle des pluies dans le complexe zones humides de Sanhadja

La variabilité temporelle, traduite par le coefficient de variation [CV], qui sont représentées dans la Fig.11 et le Tab.09.

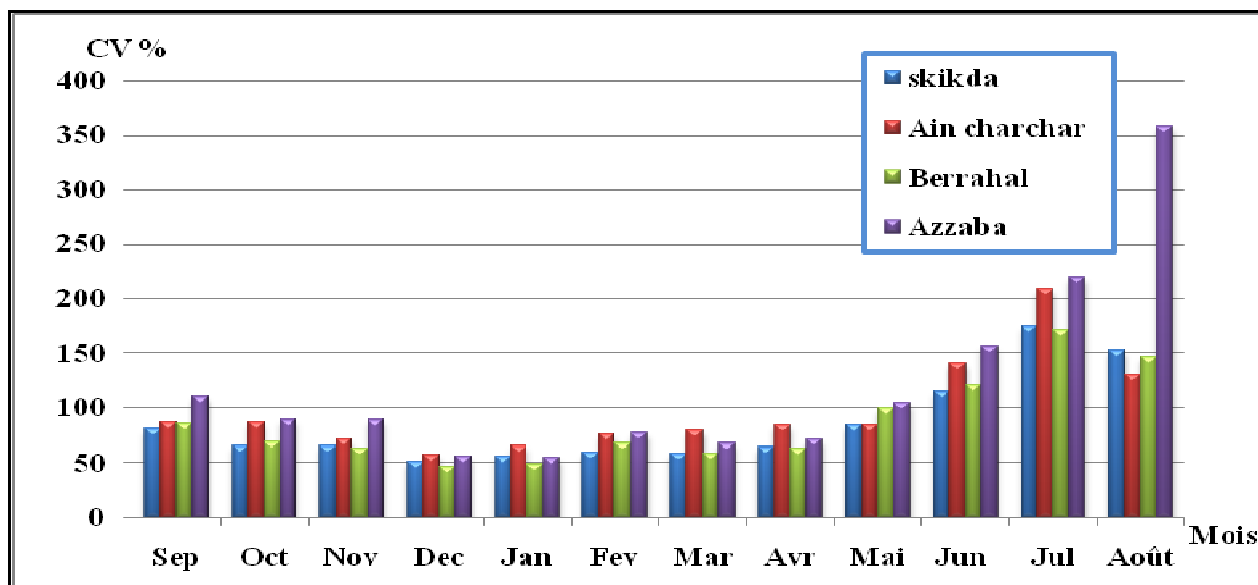


Fig.11 .Variations mensuelles du coefficient de variation

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 358 % 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 23 et 37 % ce qui traduit par une certaine régularité de la distribution des précipitations moyennes annuelles [Tab.09].

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations sont traduites dans les histogrammes de la figure douze [Fig.12], 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 150 mm enregistrée à la station d'Ain Charchar et celle de Skikda, 131 mm à Berrahal et 126 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.

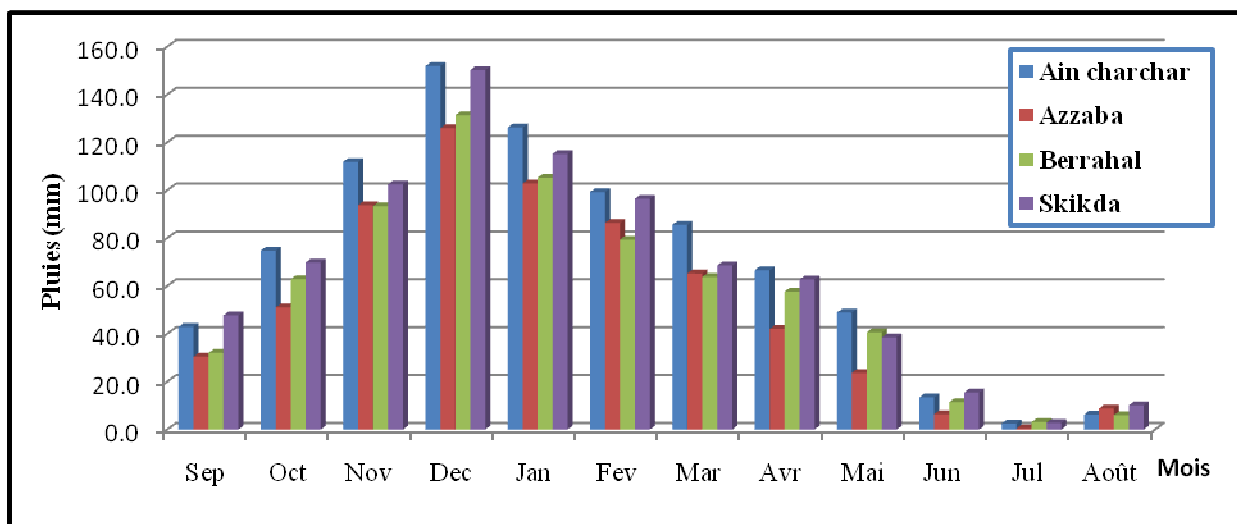


Fig.12. Répartitions mensuelles moyennes des précipitations à travers les différentes stations

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 :

$$C_p = 365 \frac{P_i/n_i}{p} \quad \text{avec } C_p : \text{coefficient pluviométrique relatif mensuel}$$

p_i : Précipitation du mois en mm

p : Précipitation moyenne annuelle en mm

n_i : nombre de jours dans le mois

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août
St. Skikda												
Cp	0.74	1.05	1.60	2.27	1.74	1.56	1.03	0.98	0.58	0.24	0.04	0.15
St. Azzaba												
Cp	0.59	0.96	1.83	2.37	1.94	1.74	1.23	0.82	0.45	0.13	0.01	0.16
St. Ain Charchar												
Cp	0.64	1.08	1.67	2.20	1.83	1.54	1.24	0.99	0.71	0.20	0.04	0.09
St. Berrahal												
Cp	0.57	1.08	1.66	2.27	1.82	1.46	1.10	1.03	0.70	0.20	0.05	0.10

Tab. 10 .Coefficient pluviométrique relatif mensuel d'après méthode d'Angot / 1895

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.10] une saison pluvieuse de cinq mois pour la station d’Azzaba contre une saison sèche de sept mois, et sept mois de saison pluvieuse contre cinq mois de saison sèche pour la station de Berrahal. Les deux stations Ain Charchar et Skikda sont caractérisées par deux saisons qui sont pratiquement égales.

D’après le graphe [Fig.13], il est apparait clairement que le mois de décembre est le mois le plus pluvieux ou le coefficient pluviométrique dépasse 2.30 et que la pluviométrie minimale enregistrée au mois de juillet se situe entre 0.01 et 0.05 pour les quatre stations.

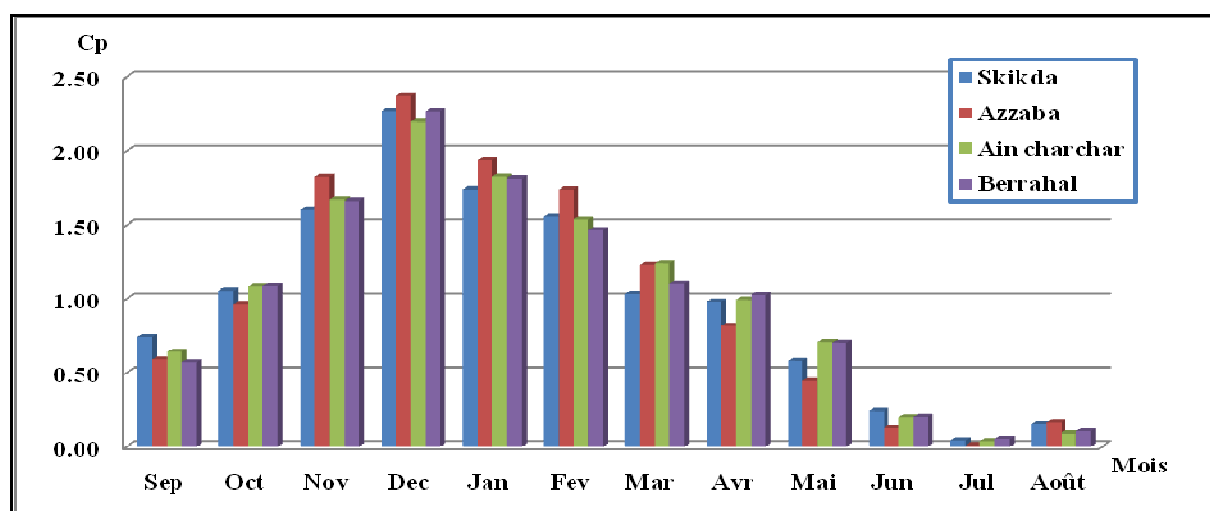


Fig.13. Régime pluvial mensuel des différentes stations

3. Répartition saisonnière des précipitations

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

Stations	Saisons							
	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Skikda	220	28	362	46	170	22	28	04
Ain charchar	230	28	377	45	201	24	22	03
Azzaba	175	27	315	49	131	21	16	03
Berrahal	188	27	316	46	162	24	21	03
Moyenne	203.5	27.5	342.5	46.5	166	23	22	3.25

Tab. 11. Répartitions saisonnières des précipitations

On remarque d’après le tableau ci-dessus [Tab.11] 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 342.5 mm soit 46.5 % des pluies totales annuelles.

L’automne et le printemps sont les saisons où la lame d’eau tombée en automne, équivalent à peu près à la quantité de pluie printanière environ de 27.5 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.14.] traduit la répartition saisonnière des pluies dans la zone de Sanhadja.

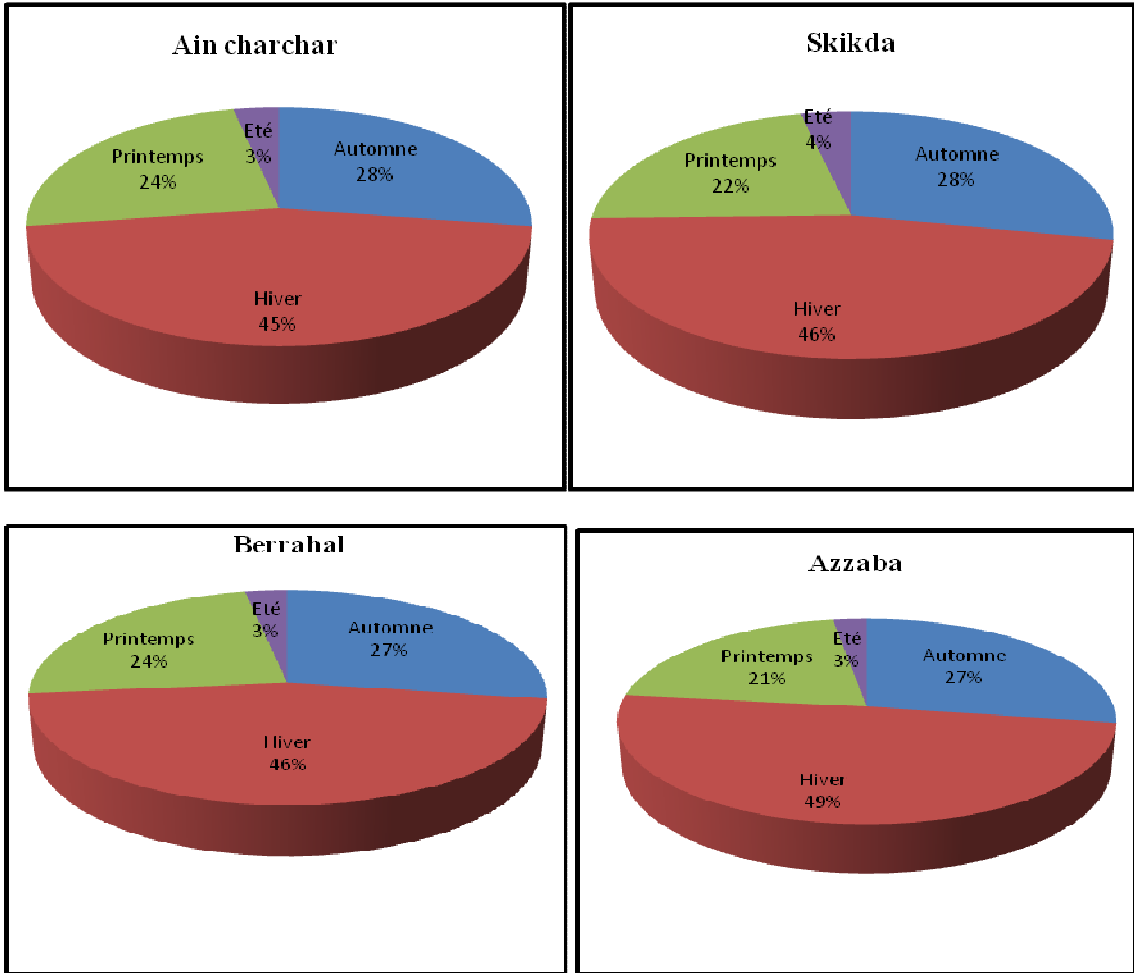


Fig.14. Répartition saisonnière des pluies

4. Précipitations annuelles

La figure quinze [Fig.15] illustre bien l'évolution des hauteurs annuelles des pluies [séries d'observations de 31 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 814 mm. Les hauteurs maximales des précipitations atteignent 1549.5 mm au niveau de la station d'Ain Charchar au cours de l'année [2010 /2011] tandis que la pluviométrie minimale est de l'ordre de 282.8 mm/an à la station d'Azzaba en [1996/1997].

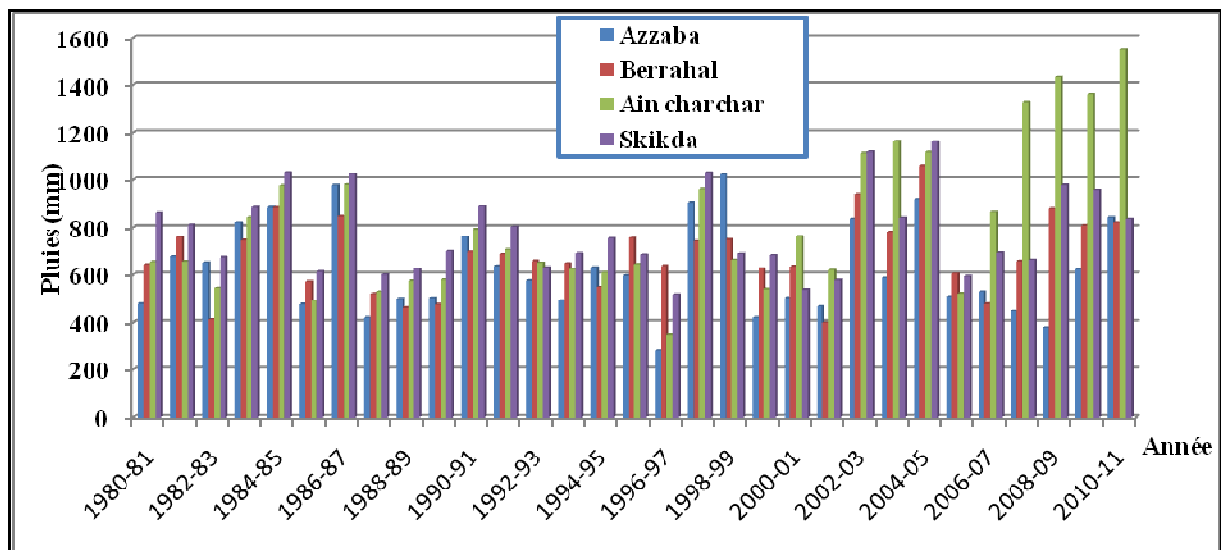
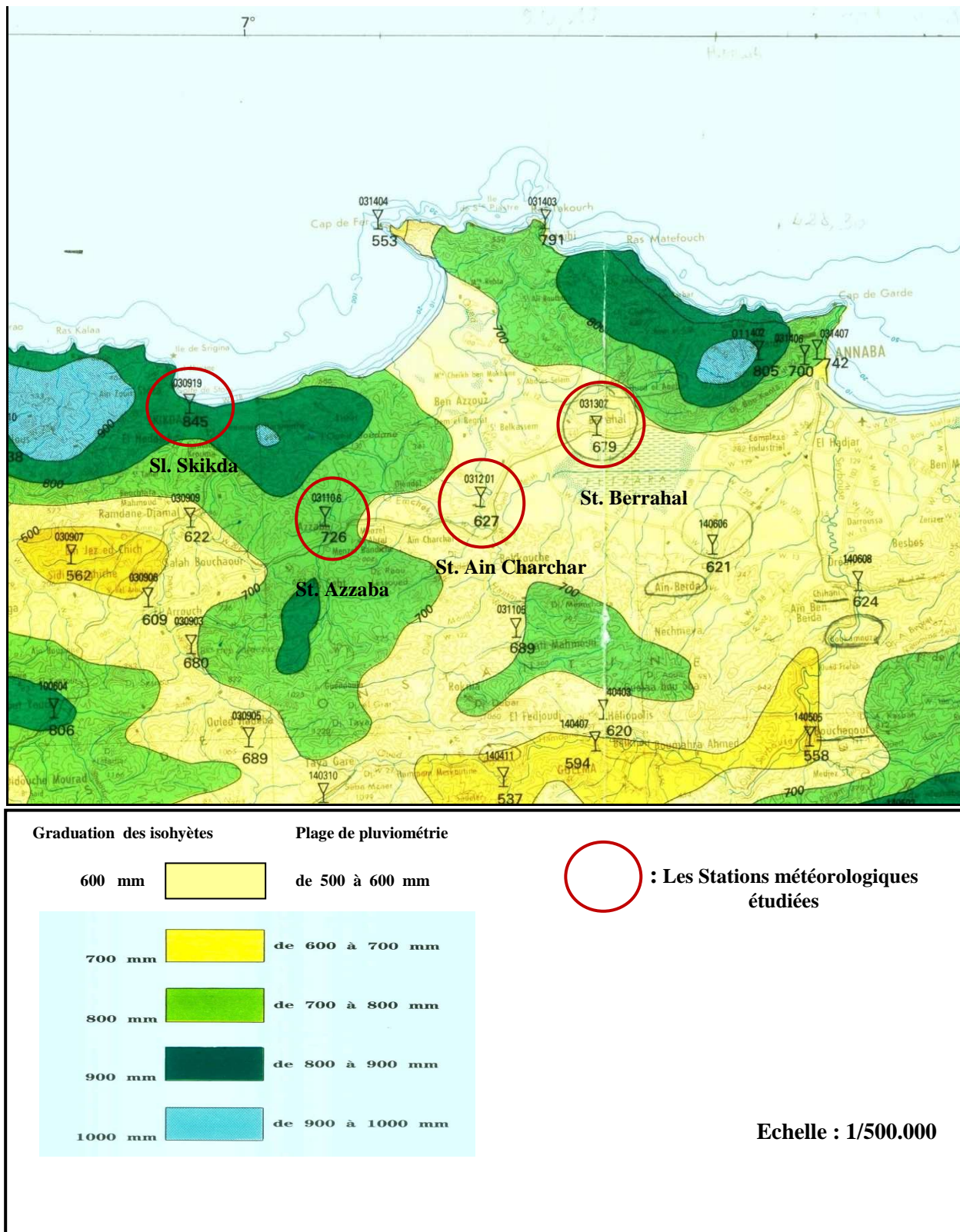


Fig.15. Evolution moyenne annuelle des précipitations à travers les quatre saisons

En comparant les valeurs des précipitations moyennes annuelles avec la carte pluviométrique du Nord Algérien [Fig.16] 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 .



Source : ANRH

Fig.16. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord [moyennes annuelles ramenées à la période de [1922/1960 -1969/1989]

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.12, résume les résultats obtenus .

Stations	Skikda	Azzaba	Ain charchar	Berrahal	Total [mm]	Moyenne
Hauteur [mm]	780.0	625	814	682.36	2901.26	725.32

**Tab. 12. Valeur des précipitations annuelles [mm] selon la méthode arithmétique
[1980 /81-2010/11]**

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 2011. Les séries d'observations sont consignées au tableau ci-dessous [Tab.13].

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Skikda [série 1980-1981/2010-2011]													
Moy	23.9	20.9	16.7	13.8	12.5	12.6	14.1	16.0	18.7	22.2	25.2	25.9	18.5
Max	25.7	23.3	18.1	16.1	15.2	14.8	17.9	18.3	21	25.5	28.1	29.2	21.1
Min	22.1	18.2	15.1	10.5	9.9	10.1	12.5	11	13.5	20.3	22	23.6	15.7
Azzaba [série 1980-1981/2010-2011]													
Moy	25.2	21.0	14.6	13.9	9.2	9.9	12.4	15.3	18.3	22.1	25.9	27.2	17.91
Max	33.1	26.3	20.0	19.3	13.6	15.1	18.1	21.5	26	29.6	31.6	36.9	24.25
Min	17.2	15.7	9.1	8.5	4.7	4.6	6.7	9.0	10.5	14.5	17.1	17.5	11.25

Tab. 13. Température moyenne mensuelle en C°.

Les graphes ci-dessous [Fig.17] 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 °C à Skikda et 27°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 chaîne 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.

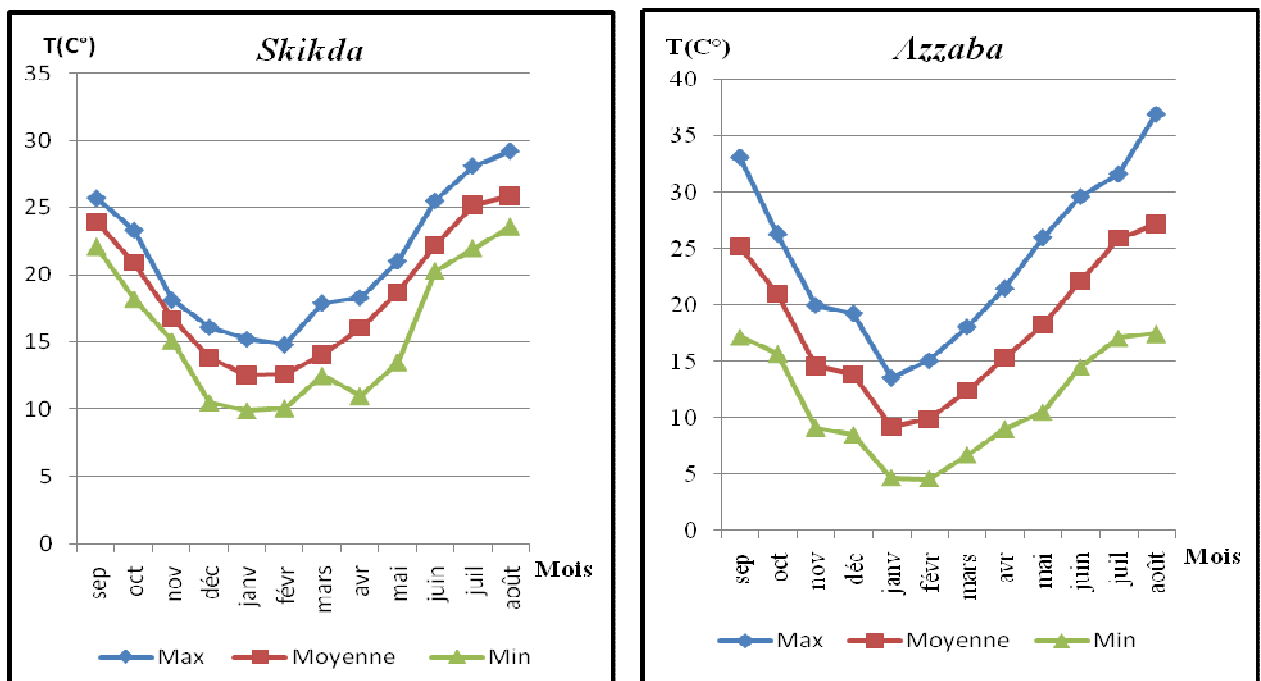


Fig.17. Températures mensuelles moyennes

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

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

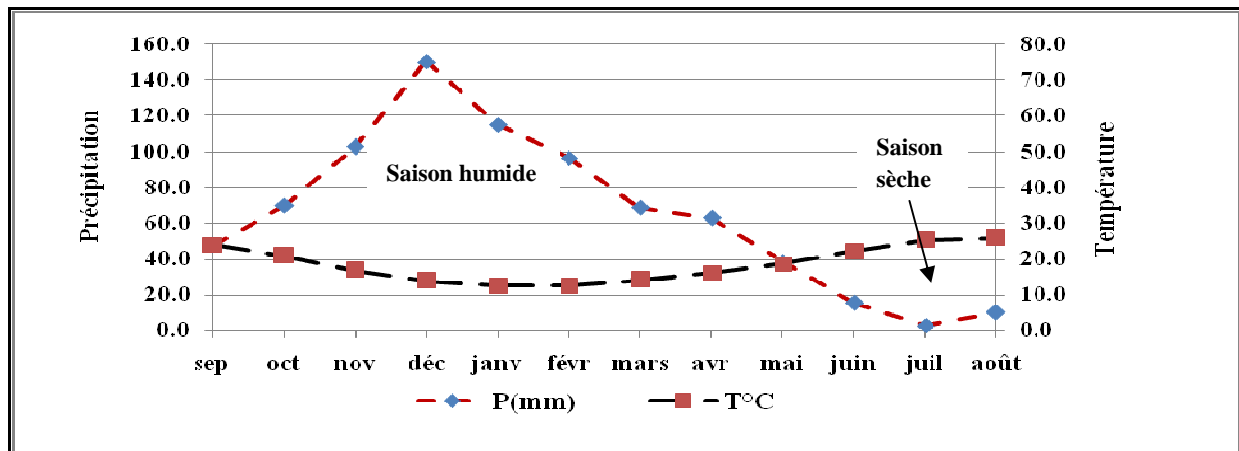


Fig.18 .Diagramme Ombro-thermique de la station de Skikda [1980/81-2010/2011]

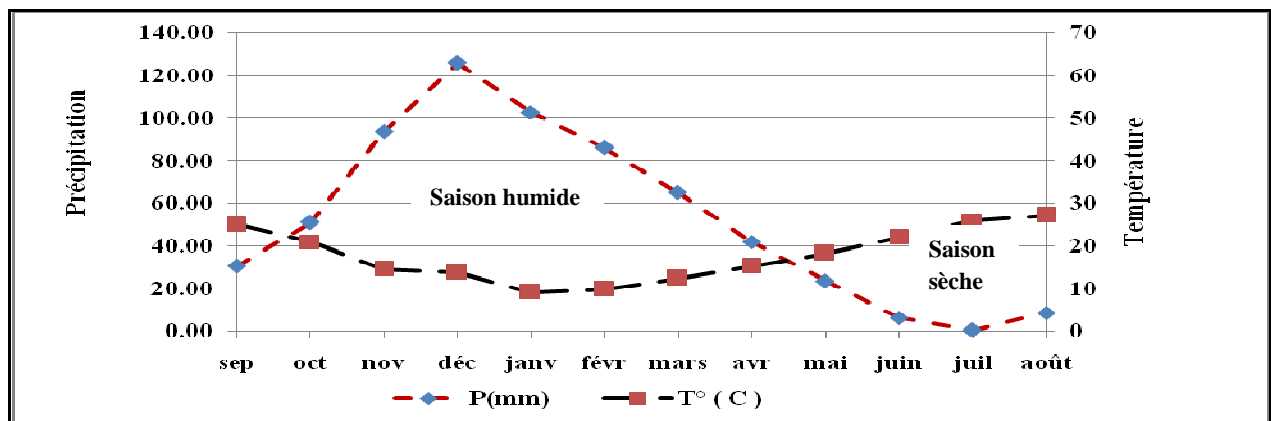


Fig. 19 .Diagramme Ombro-thermique de la station d'Azzaba [1980/81-2010/2011]

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.18]. 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.19].

IV. 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 .14.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Humidité (%)	74	72	73	73	75	74	74	74	75	74	72	73	73

Tab.14. Humidité relative en (%) moyenne mensuelle [1980 /81-2011/12]

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 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 en janvier et mai [75%] et en minimum en juillet et octobre [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 dominant des vents de direction Nord-ouest dont la force est assez constante, au cours de l'année et oscillent entre 2,64 et 3,45 m/s.

Le Sirocco se manifeste particulièrement aux mois de juillet et août mais de manière épisodiques. Le tableau.15, représente la vitesse moyenne mensuelle des vents.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Vitesse (m /s)	2.74	2.88	3.47	3.68	3.45	3.22	3.07	3.04	2.64	2.70	2.67	2.69	3.02

Tab .15 . La vitesse moyenne mensuelle des vents de la station de Skikda [1976/77-2005/06]

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.16.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Skikda	105.6	116.6	119.1	75.9	68.5	86.6	107.9	87.0	89.8	108.8	113.9	134.6	1214.3

Tab. 16. Evaporation mensuelle à la station de Skikda [1992/93-2011/12]

Il ressort de l'observation du tableau précédent [Tab.16], que la moyenne maximale de l'évaporation a lieu au mois d'août et la moyenne minimale en janvier.

4. L'ensoleillement

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

Tab. 17. Insolation moyenne mensuelle en heure à la station de Skikda [1992/93-2010/11]

Le complexe de zones humides de Sanhadja s'inscrit dans une région à la fois humide et ensoleillée [Tab.17]. 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.

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 1214 mm. Elle atteint son maximum durant la période chaude et à fort ensoleillement, allant de juin à novembre [110 à 135 mm/mois] ; le maximum étant observé au mois d'août [135 mm]. Le pouvoir évaporant de l'atmosphère marque son minimum au mois de janvier [68 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].

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.

$$ETP = 16 \left(\frac{10 T}{I} \right)^a * K$$

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

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.18].

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
L'évapotranspiration potentielle en [mm]													
Skikda	113	75.7	41	26.4	22.9	24.7	45.2	58	89	124.5	158.4	155.3	934.7
Azzaba	126.9	78.3	32.8	28	13.5	16.6	33.	55	88	125.9	169.1	172.7	734.9
Berrahal	108.5	70.2	36.8	25.5	21.6	24.6	37.8	54.5	88	126.7	159.9	153.5	729.5

Tab.18. Calcul de l'E.T.P selon la méthode C.W. Thornthwaite [1980/81-2010/2011]

La carte des valeurs de l'ETP moyennes annuelles de l'Est Algérien [Fig.20], 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 au niveau de la station de Skikda sont plus proches et de même ordre de grandeur avec celles qui mesurées par évaporomètre.

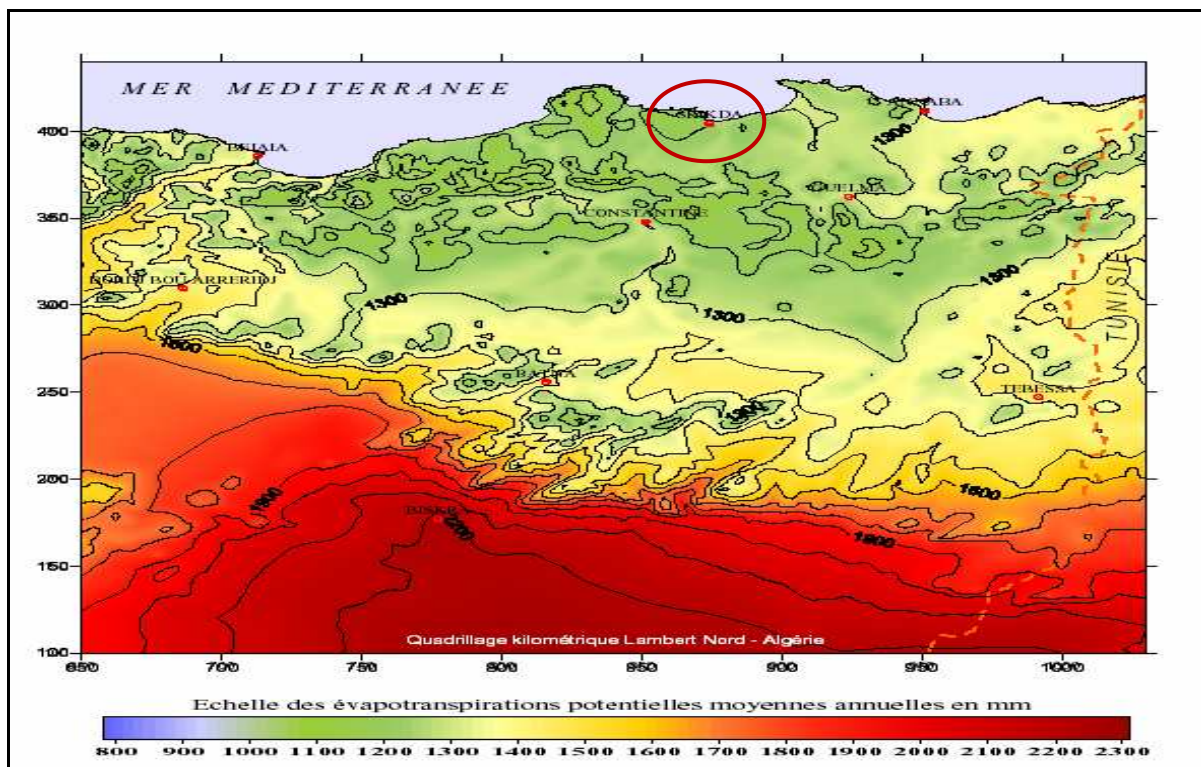


Fig. 20 .Carte de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne de l'Est Algérien [D'après Mebarki. A. 2005. Source : étude A.N.R.H., 2002]

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.

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

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.19]

Paramètres	P [mm]	T [°C]	L	ETR [mm]
Skikda	780	18.50	1079	654.36
Azzaba	625	17.91	1035	556.04
Berrahal	682.36	17.80	1027	589.25

Tab. 19. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de TURC [1980/81-2010/2011]

- **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 : $1/8\lambda < P < 1/2\lambda$

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

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.20]

Paramètres	P [m]	T [°C]	λ	$1/8\lambda$	$1/2\lambda$	ETR [mm]
Skikda	0.780	18.50	0.294	0.425	1.700	601
Azzaba	0.625	17.91	0.302	0.414	1.655	507
Berrahal	0.682	17.80	0.303	0.412	1.650	541

Tab. 20. Estimation de l'E.T.R selon la méthode de COUTAGNE [1980/81-2010/2011]

- **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'excédent [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.

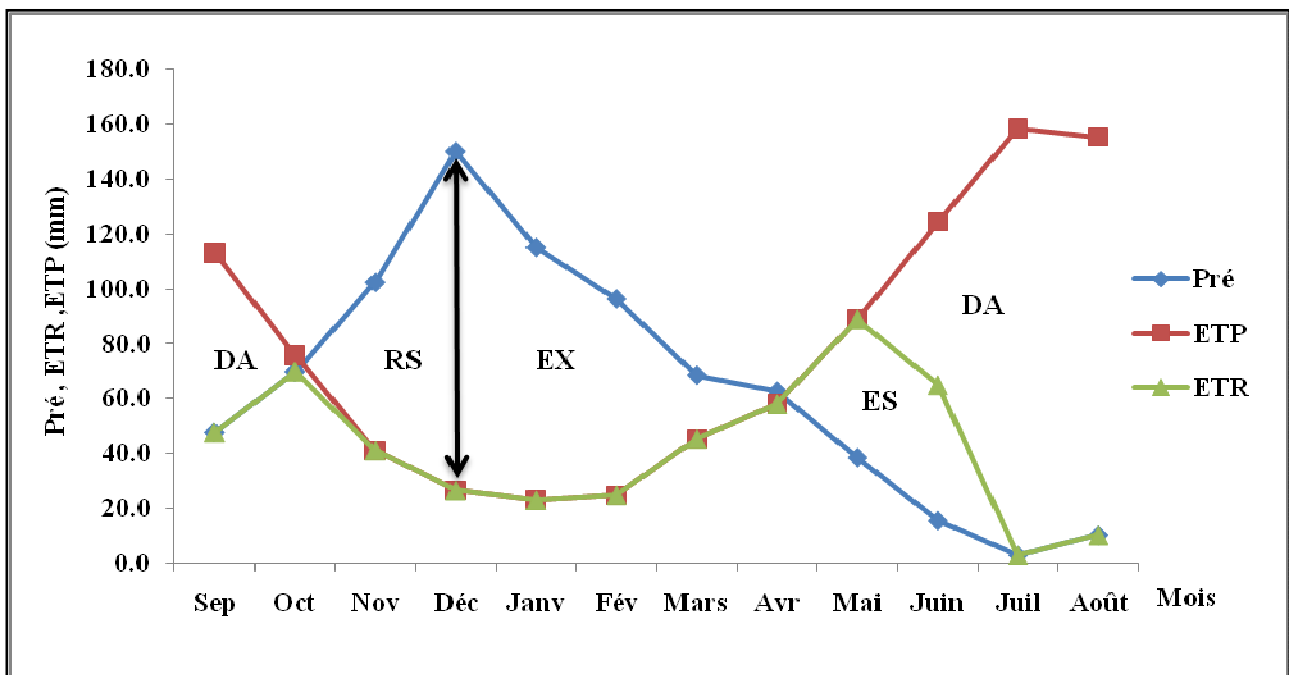
Cas : $P < ETP$

- 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 souffrent pas de la sécheresse.

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

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P	47.7	69.8	102.5	150.2	115.2	96.4	68.6	62.7	38.5	15.5	2.8	10.1	780.0
T	23.9	20.9	16.7	13.8	12.5	12.6	14.1	16.0	18.7	22.2	25.2	25.9	18.5
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	10.44	8.52	6.12	4.58	3.96	3.99	4.72	5.74	7.22	9.35	11.31	11.76	87.71
ETP	113.09	75.77	41.03	26.48	22.96	24.75	45.24	58.00	89.03	124.56	158.48	155.33	934.71
RFU	0	0	61.4	100	100	100	100	100	49.47	0	0	0	0
ETR	47.7	69.8	41.03	26.48	22.96	24.75	45.24	58.00	89.03	65.0	2.8	10.1	502.9
EX	0	0	0	85.12	92.2	71.7	23.3	4.7	0	0	0	0	277.1
DA	65.41	5.96	0	0	0	0	0	0	0	59.61	155.67	145.20	431.9

Tab. 21. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite de la station de Skikda [1980/81-2010/2011]

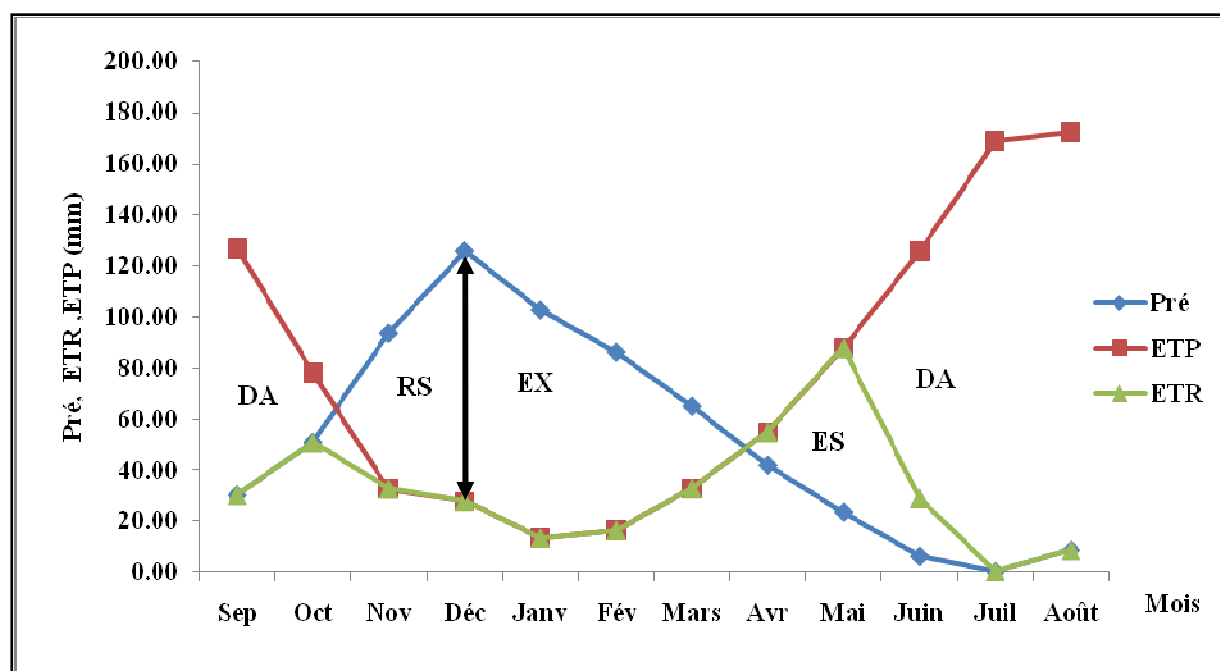


DA : Déficit agricole, RS : recharge du stock, EX. : excédent, ES : épuisement du stock.

Fig. 21. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station de Skikda [1980/81-2010/2011]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P	30.40	51.03	93.75	125.95	102.83	86.32	65.18	42.06	23.70	6.43	0.46	8.74	636.58
T	25.2	21	14.6	13.9	9.2	9.9	12.4	15.3	18.3	22.1	25.9	27.2	25.2
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	11.31	8.61	4.99	4.64	2.50	2.79	3.91	5.35	7.0	9.29	11.79	12.69	84.86
ETP	126.9	78.38	32.88	28.01	13.57	16.62	33.02	55.00	88.05	125.96	169.14	172.71	734.96
RFU	0	0	60.87	100	100	100	100	87.06	22.71	0	0	0	0
ETR	30.40	51.03	32.88	28.01	13.57	16.62	33.02	55	88.05	29.14	0.46	8.74	386.92
EX	0	0	0	58.81	89.26	69.71	32.16	0	0	0	0	0	249.66
DA	96.50	27.36	0	0	0	0	0	0	0	96.81	168.68	163.97	553.31

Tab. 22. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station d'Azzaba [1980/81-2010/2011]

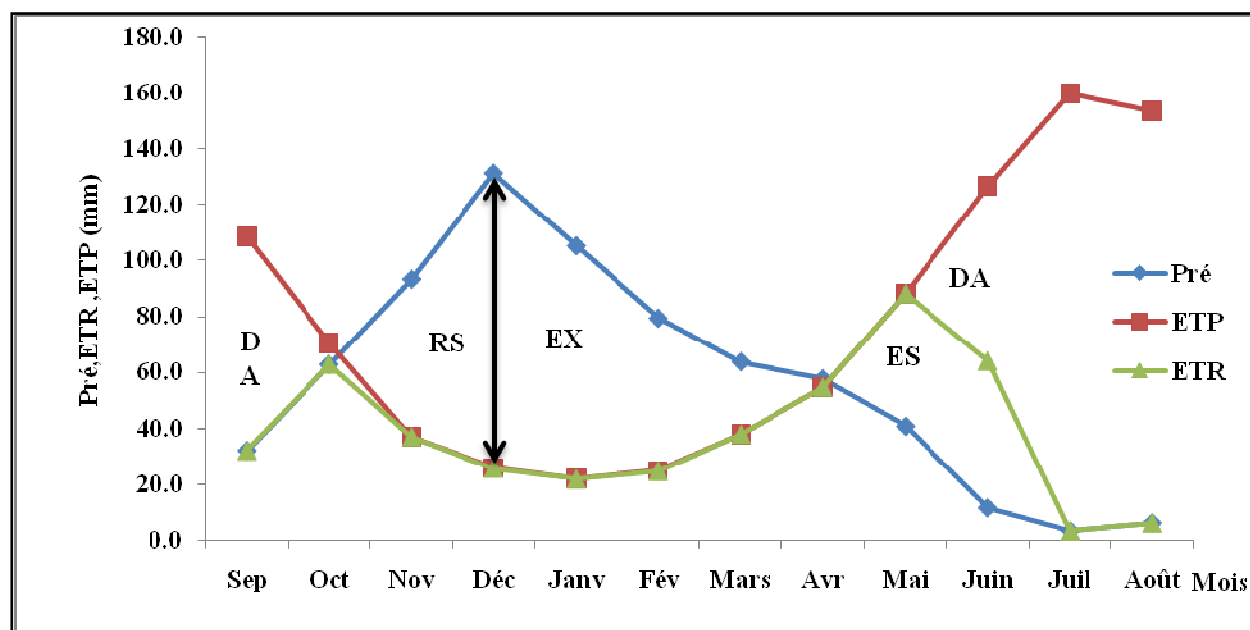


DA : Déficit agricole, RS : recharge du stock, EX. : excédent, ES : épuisement du stock.

Fig. 22. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station d'Azzaba [1980/81-2010/2011]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P	32	62.8	93.3	131.4	105.3	79.3	63.8	57.6	40.7	11.4	3.1	6.0	686.83
T	23	19.6	15.3	13	11.6	12	13.1	15	18.1	22	25	25.4	23
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	9.8	7.76	5.35	4.19	3.53	3.72	4.24	5.20	6.89	9.23	11.18	11.45	82.61
ETP	108.5	70.26	36.88	25.58	21.68	24.64	37.80	54.55	88.16	126.75	159.98	153.53	729.55
RFU	0	0	56.46	100	100	100	100	100	52.54	0	0	0	0
ETR	32	62.80	36.88	25.58	21.68	24.64	37.80	54.55	88.05	63.98	3.13	5.99	457.08
EX	0	0	0	62.28	83.60	54.71	25.97	3.10	0	0	0	0	229.64
DA	76.5	7.46	0	0	0	0	0	0	0	62.76	156.85	147.54	451.12

Tab. 23. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station de Berrahal [1980/81-2010/2011]



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

Fig. 23. Bilan d'eau de C.W.Thornthwaite à la station de Berrahal [1980/81-2010/2011]

L'examen des tableaux 21,22 et 23, 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 mai. 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.

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.24].

Méthode	Skikda	Azzaba	Berrahal
C.W.THORNTHWAITE	502.9	386.92	457.08
TURC	654.36	566.04	589.25
COUTAGNE	601	507	541

Tab. 24. Récapitulatif des ETR calculé par les différentes méthodes

D'après les résultats obtenus [Tab.24], 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.

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

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

$$R = \frac{P^3}{3} \quad \text{Si : } P > 600$$

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.25]

Stations	Skikda	Azzaba	Berrahal
R [mm]	158.18	81.38	106

Tab. 25. Estimation de ruissellement selon la formule de *Romantchok*. [1974]

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

$$P = ETR + R + I \Rightarrow I = P - (ETR + R)$$

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.26]

Stations	P	ETR	R	I
Skikda	780.0	502.9	158.18	118.92
Azzaba	625	386.92	81.38	156.70
Berrahal	682.36	457.08	106	119.28

Tab. 26. Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan d'eau

Cette étude montre que le complexe de 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 31 ans au niveau des quatre stations climatiques prises en compte est de 725.34 mm. Une grande partie de ces pluies participent au phénomène de l'évapotranspiration soit une lame d'eau de 450 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 132 mm soit 18 % des précipitations. Ceci nous permet de dire que le système aquifère de la région est bien alimenté.

CHAPITRE. IV

RESSOURCES EN EAUX ET QUALITÉ

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 Km². 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.

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 Km² en amont de celui du Kébir Ouest Magroun. Le bassin versant de l'Oued l'Hammam couvrant une superficie de près de 523 Km² 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 Km² dont les principaux affluents sont ; Oued Fendek et Oued Hamamine dans la partie Sud-Ouest et Oued Zeer.

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. Les eaux de surface

2.1. Le réseau hydrographique

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.

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

Source : D R E de Skikda 2013

Tab. 27. Les caractéristiques du cours d’eau d’oued El-Kébir Ouest

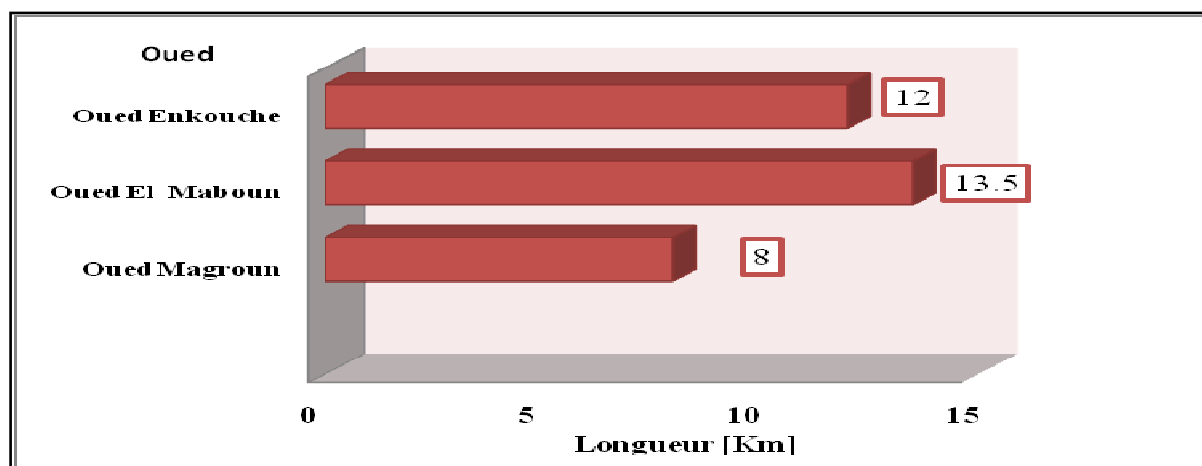


Fig.24. Les principaux affluents de l’oued El Kebir Ouest dans Le complexe de Sanhadja

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 Hm³, actuellement elle n’est que de 116.59 Hm³ [faute d’ensablement 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.28].

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

Tab. 28. Caractéristiques du barrage de Zit Emba dans la commune de Bekkouche Lakhdar Daïra Ben Azzouz, wilaya de Skikda

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 Mm³/an, l'évaporation au niveau du barrage est estimée à près de 10,56 Hm³/an [station de Zit Emba] et des fuites de 0,36 Hm³/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'abreuvement 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 m³/an pour un volume exploitable de 220 000 m³, 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]

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 2014

Tab.29. Les différentes retenues collinaires dans le complexe de zones humides de Sanhadja

2.4. Les Bassins d'accumulations

Ces ouvrages sont destinés à l'irrigation sauf la région de Guerbes qui utilise ce type de réservoir.

Commune	Dénomination	Nombre d'ouvrages	Capacité [m ³]	Volume exploité [m ³]	Surface irriguée [ha]	Etat de l'ouvrage
Guerbes	Guerbes	03	100	/	20	Bon état

Source : L'hydraulique Agricole d'Azzaba 2013

Tab.30. Les différents Bassins d'accumulations dans le complexe de Sanhadja

2.5. Les marécages du complexe de zones humides de Sanhadja

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.25.Vue du Garâat Béni M'Hamed

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 ruisseau qui coule dans la même direction .Trente cinq [35] espèces de plantes ont été enregistrées dans ce marais entouré par un pré humide.



Fig.26 .Vue du Garâat Greaat

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.27 .Vue du Garâat Sidi Fritis

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.28 .Vue du Garâat Hadj Tahar

Garâat Sidi Makhoulf [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. 29. Vue du Garâat Sidi Makhoulf

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. 30 .Vue du Garâat El Guelb

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, près 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. 31 .Vue du Garâat Chychaya

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

Actuellement, ce marais est situé près 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. 32 .Vue du Garâat Dissia

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 gypse colluvionnaire.



Fig. 33 .Vue du Garâat Aïn Nechma

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. 34 .Vue du Garâat Zaouïa en Été

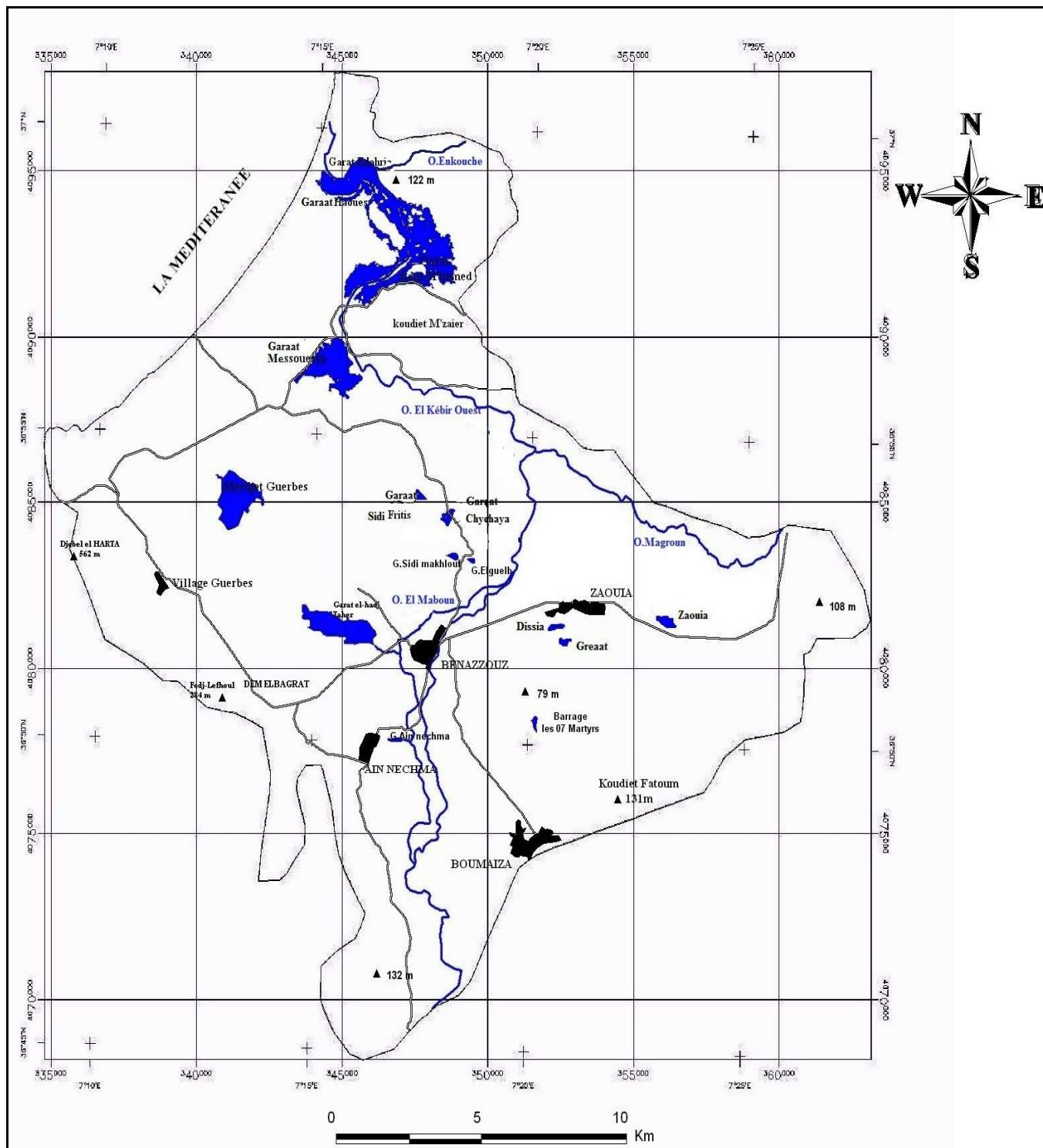
Garâat Messaoussa [36°55' N, 7°15' E] de superficie environ 322 hectares

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.

Le tableau récapitulatif des principales caractéristiques des zones humides de 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
Graat	36°51' N	7°21' E	08	22	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 tout l'année
Sidi Makhlouf	36°53' N	7°18' E	11	17	Lac d'eau douce généralement remplie tout 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	22	Petits bassins artificiels dans une dépression dunaire
Aïn Nechma	36°48' N	7°16' E	18		prairies humides alimentée par de nombreux ruisselets
Zaouia	36°51'979 N	7°23'587 E	0.5		Lac d'eau douce alimentée par un ruisseau, 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

Tab. 31. Le chapelet de zones humides de Sanhadja



- Légende**
- marécage du complexe de Sanhadja
 - Les agglomérations du complexe
 - L'oued El kebir Ouest et ses affluents

Source : CF/DGF de Skikda

Fig. 35. Le réseau hydrographique du complexe de zones humides de Sanhadja

II. RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE

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

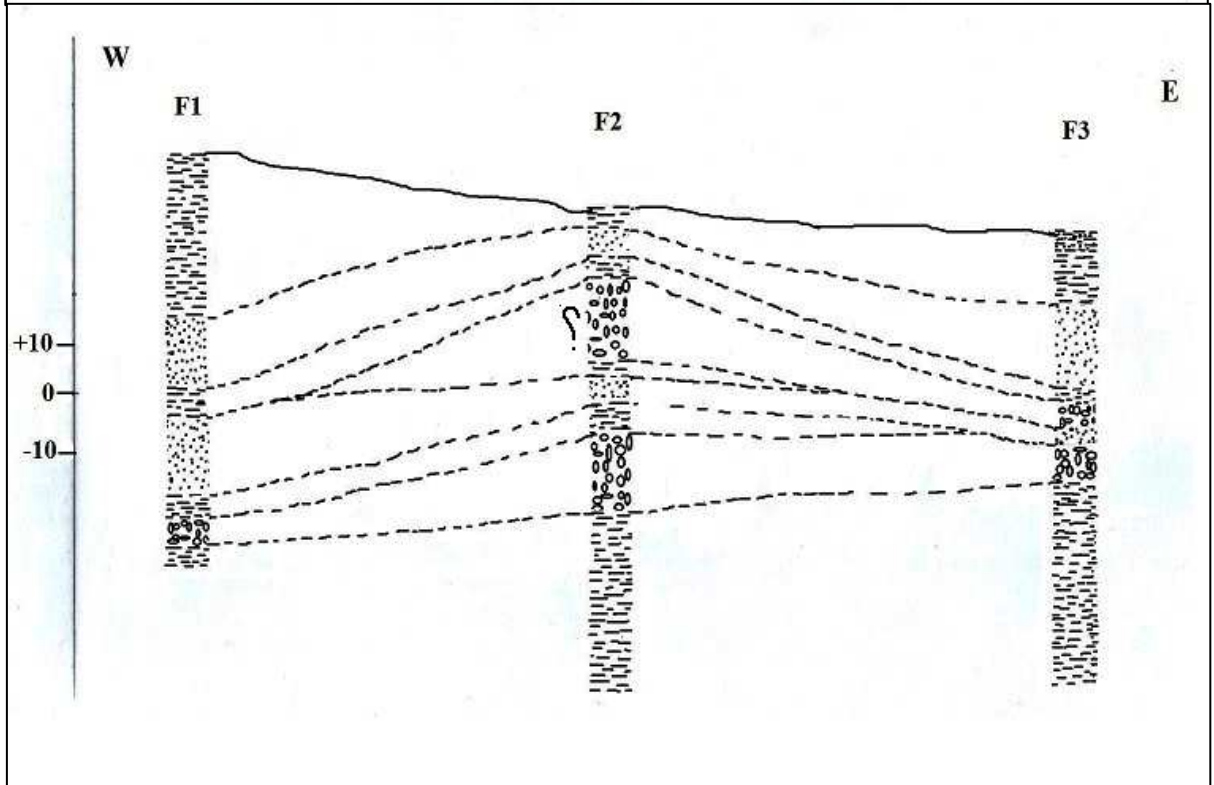
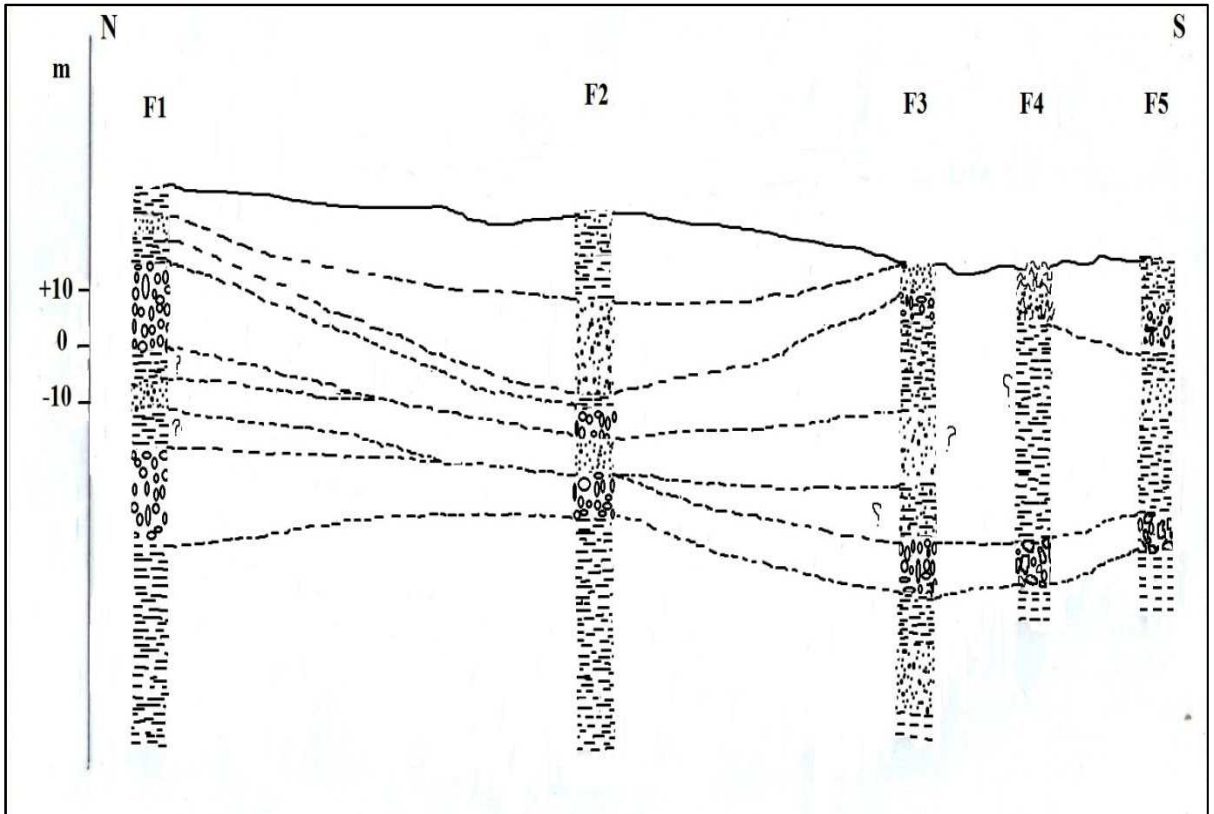
Les forages exécutés dans la zone ont traversés une alternance de sable, graviers et galets avant de percer dans le substratum d'un faciès argile numidien .

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 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] .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.

➤ 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-Ouest où elle remonte en surface, son épaisseur varie de 10 mètres à l'Est, elle peut aller jusqu'à 35 mètres au Ouest

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.



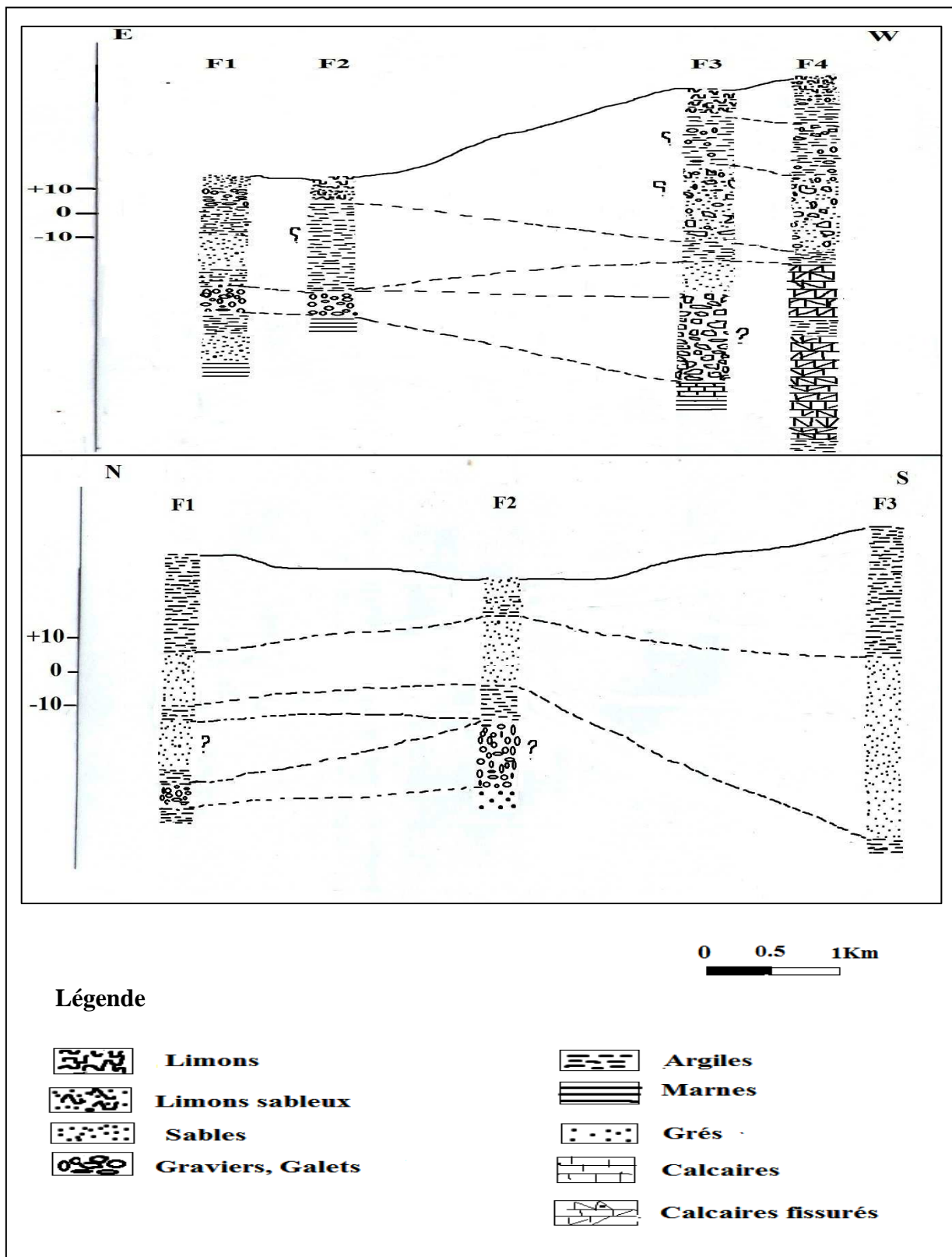


Fig.36. Profils hydrogéologiques schématiques à travers le complexe de zones humides de Sanhadja

2. Ressources en eau souterraine

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

D'après la Direction des ressources en eau de Skikda et les services techniques des communes concernées, on dénombre près de 86 forages en service d'état différent, dont deux forages sont abandonnés pour raison de colmatage et quatre forages au cours de réalisation. Ces forages repartis sur toute la surface de la zone d'étude, dont la distribution suivant par secteur :

- L'alimentation en eau potable utilise près de 15 ouvrages pour un débit maximal de 170 l/s dont 108 l/s sont exploités et distribués pour le secteur d'alimentation en eau potable ;
- Pour l'alimentation en eau agricole [AEA] sont affectés 60 ouvrages ;
- Les unités industrielles sont variées dans la région d'étude et leurs sont attribués seulement 05 ouvrages ;

Le tableau ci-dessous [Tab.32] récapitule le nombre de forages ainsi que le volume exploité destiné aux différents secteurs ;

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	08	78	05	88	57	407.3
La Marsa	06	26.5	-	-	02	18
Guerbes	01	4	-	-	01	1.20
Total	15	108.5	05	88	60	426.5

Tab. 32 .Ressources en eau souterraine [l/s] destinées aux différents usages quotidiens dans le complexe de zones humides de Sanhadja

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 70 ouvrages, le débit maximum est de l'ordre de 15 l/s dont le débit moyen exploité est de 10 l/s.

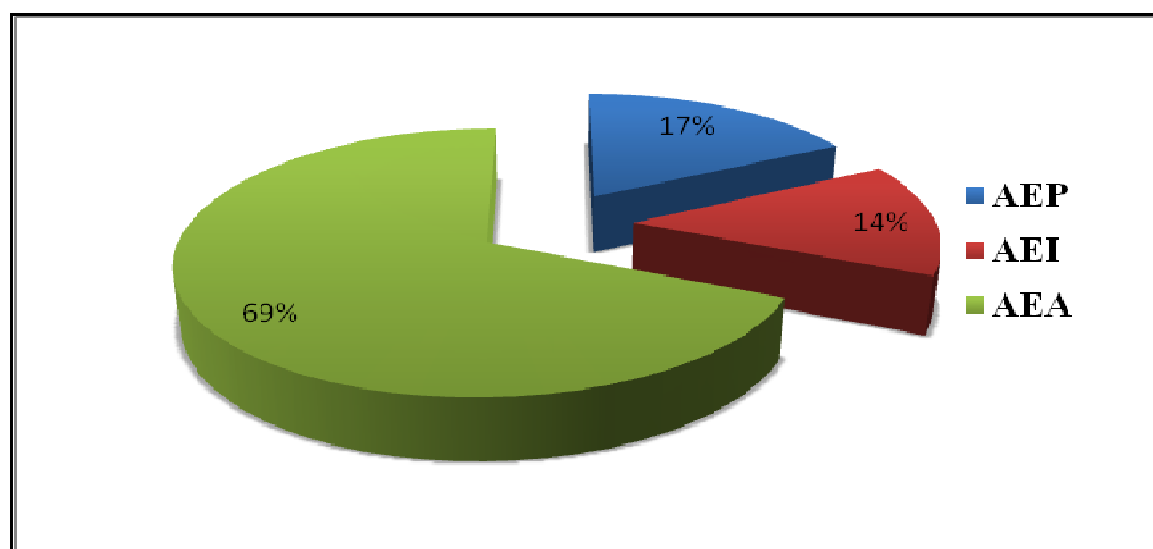


Fig. 37. Répartition de volume d'eau souterraine exploitée selon les principaux types d'usages dans le complexe de zones humides de Sanhadja

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 diverses utilisations [animale, bétail, irrigation des terres cultivées ...] partagés entre les puits individuels et d'autre collectifs, dont les profondeurs varient entre 3 à 5 m et une capacité moyenne de 5 m³. Ces puits contribués un volume annuel environ 0.237 Hm³.

2.3. Les sources

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

Le tableau suivant [Tab.33] récapitule le volume exploité des ressources souterraines dans le complexe de zones humides de Sanhadja.

Ouvrage	Nombre d'ouvrage	Volume exploité (Hm ³ /an)
Puits	150	0.237
Forage	80	5.35
sources	/	/
Total	230	5.88

Tab. 33. Le volume annuel exploité des ressources en eau souterraines dans le complexe de zones humides de Sanhadja

III. QUALITE DES EAUX

La région de Sanhadja est l'une des régions les plus arrosées et de ce fait les eaux de pluie quelque soit leur composition chimique peuvent influencer les eaux des cours d'eau et des nappes phréatiques. L'eau de pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en CO₂ dissous, ce qui facilite les échanges avec le milieu récepteur lors de son écoulement en surface et son infiltration dans le sol et le sous sol, sa minéralisation augmente et acquière des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme. Les eaux souterraines sont plus ou moins minéralisées en fonction :

- * De la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration ;
- * Du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol ;
- * Du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau d'infiltration ;

Au niveau de l'aquifère, il s'établit un équilibre entre la composition chimique de l'eau et celle des roches, l'eau prend une minéralisation qui permet :

- D'avoir une idée précise sur la qualité de l'eau.
- De déterminer la répartition quantitative et qualitative des éléments majeurs.

I. LES EAUX DE SURFACE

1. Faciès chimique

Dans le complexe de zones humides de Sanhadja, on compte un grand nombre de marécages dont l'alimentation est assurée par les nappes souterraines et le débordement de l'oued El-Kébir Ouest pendant la saison humide. Les analyses chimiques de ces eaux effectuées par Boudinar. A en 2009, et les résultats portées sur le diagramme de Piper [Fig.38], permettent de déterminer les tendances chimiques des eaux de surface de la région.

On remarque sur le diagramme que les eaux de surface appartiennent aux familles des eaux

- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.
- Bicarbonatée calcique et magnésienne.

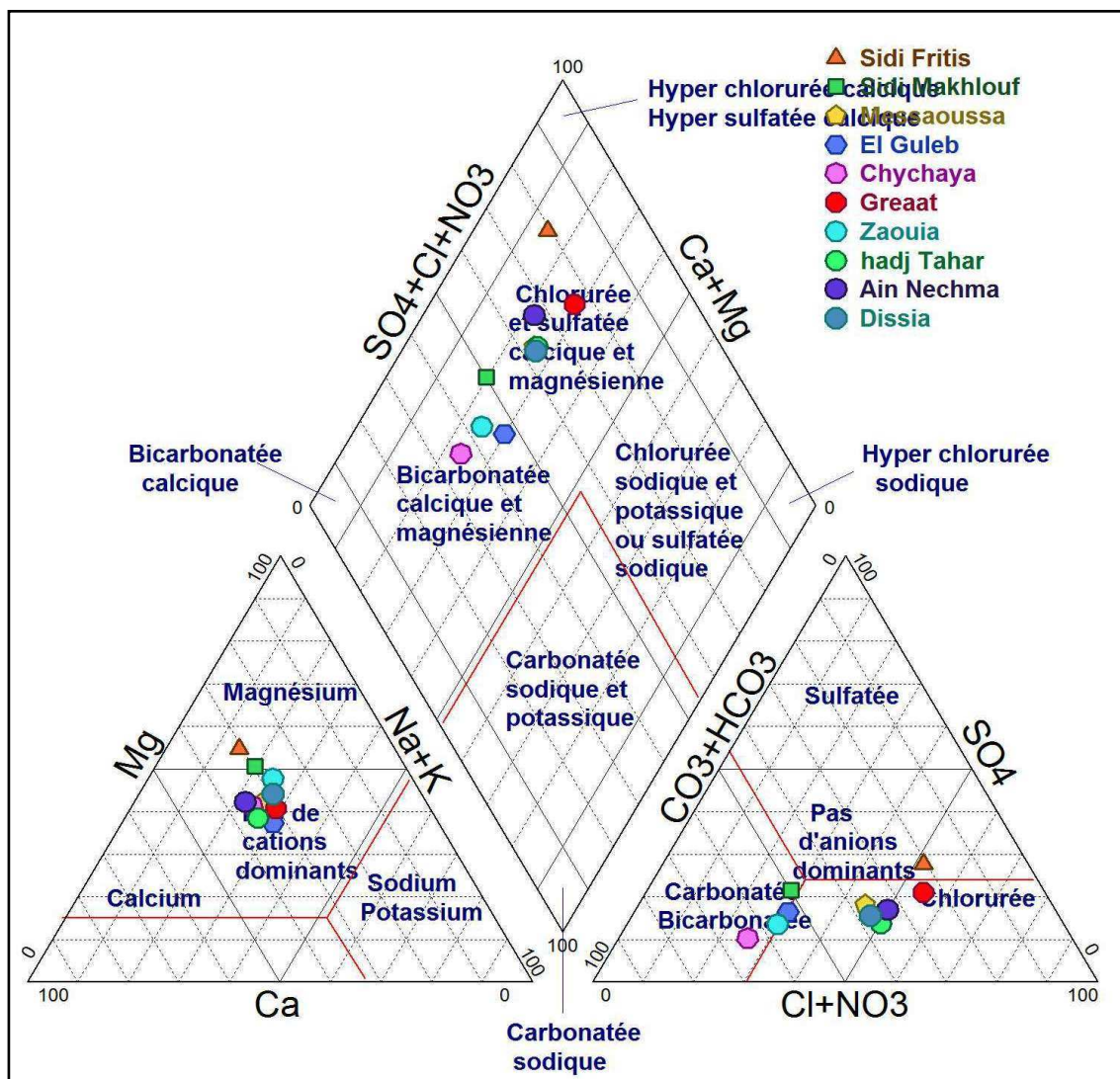


Fig.38. Diagramme de Piper des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja

De même, on a procédé au report des résultats d'analyses sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff [Fig.39], et on a révélé l'existence des faciès suivants :

- Bicarbonatée magnésien.
- Chloruré magnésien.

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.

Pour les eaux de surface, le faciès Bicarbonatée magnésien [40 % des échantillons] est à l'origine de lessivage des terrains calcaréo-dolomitiques du lias environnant de la plaine alluviale. La famille chlorurée magnésien représente [60 % 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.

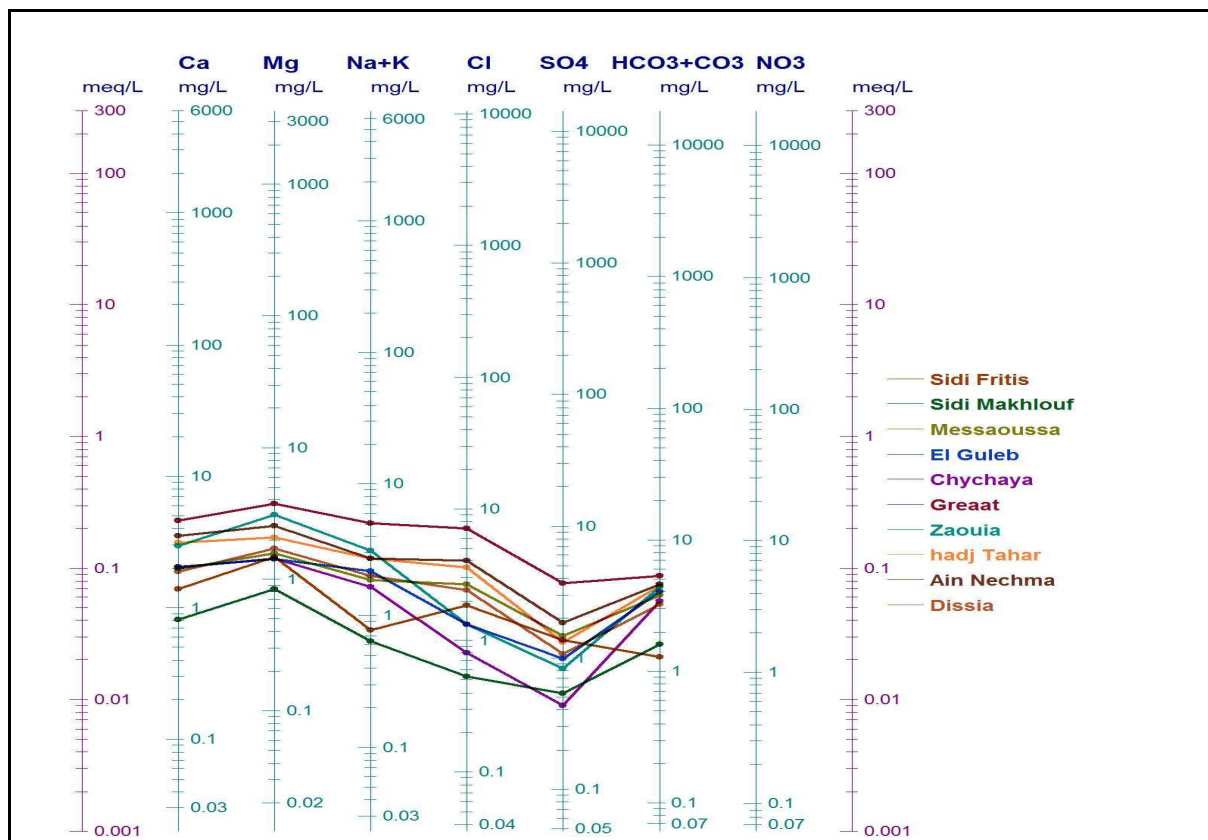


Fig.39. Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja

2. Les Paramètres physico-chimiques

2.1. Les paramètres physiques

Le potentiel d'Hydrogène [pH] mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé. D'une manière générale les eaux des zones marécageuses présentent un pH oscillant entre 6.64 et 7.33 proche de la neutralité [Tab.34].

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée, eaux de surface = 10 échantillons
5,5 < pH < 8	Les eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité, évaporation intense

Tab. 34. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja d'après leur pH

La conductivité électrique [CE] permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation, Les valeurs enregistrées dans les eaux de Garâtes sont variées de 100 à 1461 µS/cm. Les conductivités augmentent en hautes et basses eaux sous l'effet d'une minéralisation importante suite au lessivage des terrains évaporitiques en hautes eaux et à une évaporation importante en basses eaux. Les valeurs enregistrées témoignent d'une minéralisation moyenne à importante [Tab .RODIER J, L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition].

CE (µS/cm)	Appréciations	Garâtes correspondantes
CE < 100	Minéralisation très faible	
100 < CE < 200	Minéralisation faible	Sidi Fritis
200 < CE < 333	Minéralisation moyenne	Sidi Makhlouf
333 < CE < 666	Minéralisation moyenne accentuée	Messaoussa, El Guelb, Chychaya, Aïn Nechma, Dissia
666 < CE < 1000	Minéralisation importante	Zaouia, Hadj Tahar
CE > 1000	Minéralisation élevée	Graat

Tab.35 .Relation conductivités - minéralisations des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja

Matières en suspension [MES] Dans les eaux superficielles, les MES peuvent provenir soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite à de violentes précipitations, soit des rejets d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes [modification de la turbidité des eaux, réduction de la transparence, de la lumière donc de la photosynthèse...]. Ce paramètre à un certain degré est considéré comme limitant à la fluctuation et au développement de la faune et de la flore aquatiques. La teneur en MES est généralement liée aux séquences hydrologiques du fleuve [crues et étiages].

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale des eaux superficielles en France [Masson, 1988], les eaux des marécages sont classées dans le tableau suivant [Tab.36]

MES (mg/l)	Qualité	Garâtes correspondantes
MES < 30	Normale	Sidi Makhoulouf, Zaouïa
31 < MES < 70	Médiocre	Sidi Fritis, Messaoussa, El Guelb, Chychaya, Hadj Tahar. Ain Nechma
MES >70	Mauvaise	Greaat, Dissia

Tab. 36. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja d'après leur MES.

Les eaux du complexe de Sanhadja sont devenues de qualité médiocre qui pourrait être due aux eaux de pluie ruisselant sur des sols nus et aux divers rejets diffus.

Résidu sec 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 du résidu sec au niveau des plans d'eau ne dépassent pas les normes selon l'OMS [1000 mg /l] avec un maximum enregistré au Garâat Greaat [108mg/l].

2.2. Les paramètres chimiques

La dureté totale [TH] est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

La valeur moyenne de la dureté pour les eaux du complexe de Sanhadja oscille autour de 20 °F, ce qui laisse supposer que la majorité des plans d'eaux du complexe sont assez douces [Tab.37].

TH [°F]	Type d'eau	Qualité	Ouvrages correspondants
< 15	Eau douce	Excellente	Sidi Fritis, Sidi Makhoulouf
15 – 30	Eau assez douce	Bonne	Messaoussa, El Guelb, Chychaya, Hadj Tahar. Ain Nechma, Dissia, Zaouia
30-50	Eau dure	Passable	Graat
50-100	Eau très dure	Médiocre	

Tab. 37. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja d'après leur TH.

D'après la qualité des eaux utilisées en France [classification des cours d'eau], les eaux des marécages du complexe de zones humides de Sanhadja sont de bonne qualité.

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.38]. On remarque qu'au niveau des cations le calcium et le sodium indiquent presque les mêmes concentrations, tandis que pour les anions les bicarbonates dominent et sont suivis par les chlorures.

Libellé de la variable en [mg/l]	Ecart-type	Minimum	Moyenne	Maximum	Normes OMS
Ca	22.3	16.2	48.6	92.0	140
Mg	10.6	10.1	23.9	44.6	150
Na	27.8	13.3	48.4	110.9	150
K	5.1	1.6	6.6	19.1	12
Cl	69.5	18.8	90.9	252.1	250
HCO ₃	79.3	78.7	221.6	325.7	-
SO ₄	44.3	20.6	64.7	176.6	250

Tab.38. Paramètres statistiques des ions majeurs des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja

Le tableau ci-dessus [Tab.38] montre que l'ensemble des éléments présentent des moyennes inférieures aux normes admises.

Calcium [Ca²⁺] est liée, soit à la dissolution des formations gypseuses CaSO₄, soit à la dissolution des formations carbonatées CaCO₃. 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 Greaat [92 mg/l].

Magnésium [Mg²⁺] 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 restent faibles sauf pour Garâat Greaat [44 mg/l].

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 dans les eaux du complexe variant entre 13 et 110 mg/l.

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 [Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺]. Les valeurs les plus faibles sont observées au niveau des Garâates Sidi Fritis et Sidi Makhlouf avec des doses allant de 01et 02 mg/l. Le maximum est de 19 mg/l au Garâat Ain Nechma.

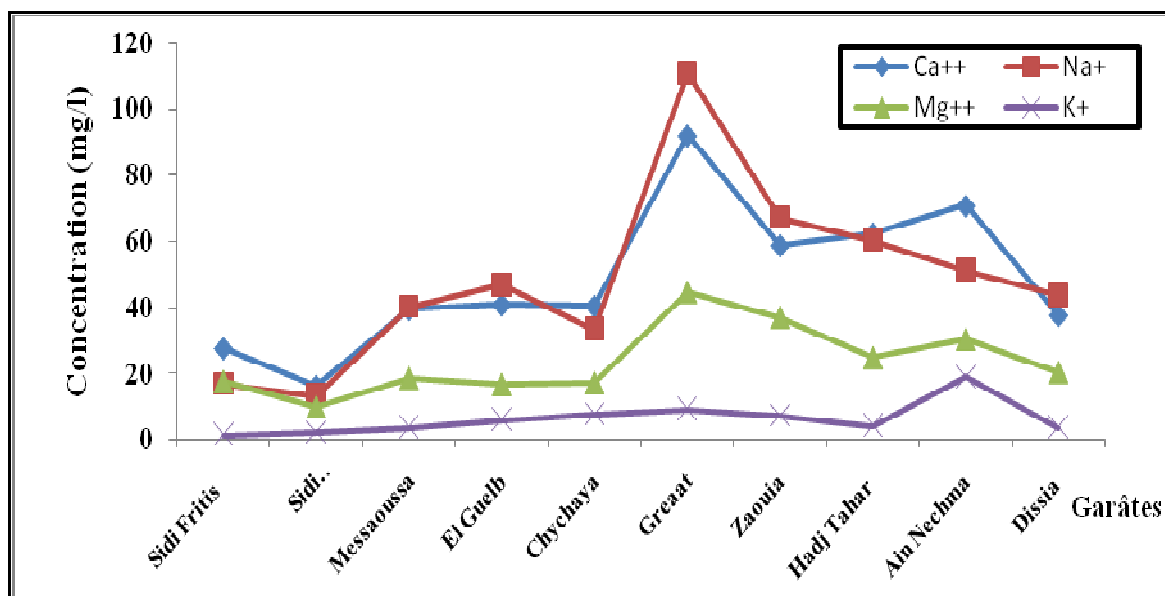


Fig. 40. Concentration des cations dans les eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja

Bicarbonates [HCO₃⁻]

D'une manière générale les concentrations du HCO₃ sont importantes par rapport aux autres anions au niveau de la majorité des eaux analysées. La plus forte concentration est de 325 mg/l, elle est observée au niveau du Garâat Greaat.

Sulfates [SO₄²⁻]

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 20 à 176 mg/l, la plus forte concentration est enregistrée au niveau du Garâat Greaat.

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. Les teneurs en chlorure sont généralement faibles, variant entre 18 et 252 mg/l.

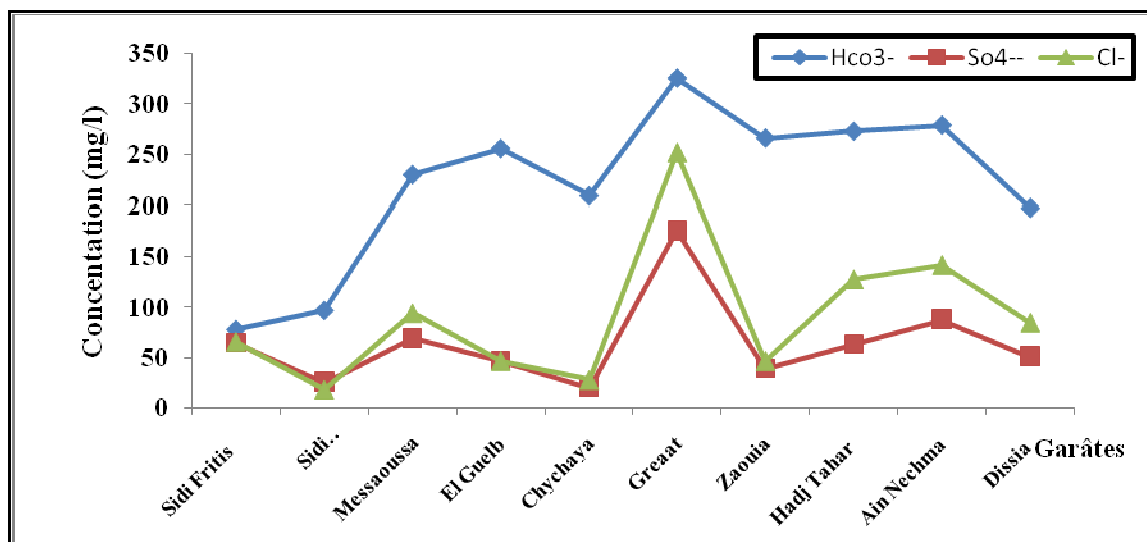


Fig.41. Concentration des anions dans les eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja

L'observation des [Fig.40 et Fig.41] montre que les teneurs des ions majeurs sont différentes d'un site à l'autre, ceci peut être expliqué par l'influence du substrat, de la saison hivernale ou d'action anthropique [pompage, décharge sauvages], où les plus fortes concentrations des ions majeurs sont enregistrées au Garâat Greaat.

Du point de vue qualité des eaux marécageuses de Sanhadja, on peut dire que globalement les eaux des zones marécageuses de Sanhadja présentent une bonne qualité bien protégée pour la vie aquatique.

Tous les paramètres physico-chimiques analysés sont aux normes admises, à l'exception les matières en suspension où elles perturbent la qualité des eaux dans certains marécages.

3. Aptitude des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation

La qualité chimique des eaux influe directement sur le rendement et les terres agricoles, l'accumulation des sels hydrosolubles en grande quantité dans le sol d'enracinement agit négativement sur ces derniers. En effet, ces sels causent des changements de la perméabilité et de l'aération du sol en provoquant des perturbations du métabolisme des plantes.

La présence du sodium [Na] exerce alors une action néfaste sur la végétation et le sol par :

- Un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes ;
- Une toxicité de certains ions pour les végétaux [Cl⁻, Na⁺, etc.];
- Une dégradation du sol [modifications de l'état structural, diminution de la perméabilité].

3.1. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C].

Les différentes valeurs ont été portées sur le diagramme de Wilcox [Fig.42] à partir de cette répartition, il en résulte les trois classes enregistrées dans le [Tab.39] .

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation	Ouvrages correspondants
1	Excellent	C ₁ -S ₁ C ₁ -S ₂	Utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols.	Sidi Fritis
2	Bonne	C ₂ -S ₁ C ₂ -S ₂	Eau pouvant être utilisé sans contrôle particulière pour l'irrigation des plantes moyennement tolérante aux sels,	Messaoussa, El Guelb, Dissia. Ain Nechma, Sidi Makhlouf, Chychaya
3	Admissible	C ₃ -S ₁ C ₂ -S ₃ C ₃ -S ₂	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainées.	Greaat, Hadj Tahar, Zaouia

Tab.39. Classification des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja par degrés d'aptitude à l'irrigation [méthode du SAR]

La représentation graphique du sodium absorbable [Sodium Absorption Ratio, S.A.R] en fonction de la conductivité [Fig. 42] permet de déduire la classe la plus abondante est C2-S1. En tenant compte de ces considérations chimiques on peut dire que la majorité des plans d'eau de Sanhadja sont de bonne qualité pour l'irrigation.

La faible dégradation au niveau de quelques lacs traduit l'effet de la lithologie d'une part et l'effet de l'évaporation d'autre part [augmentation des concentrations].

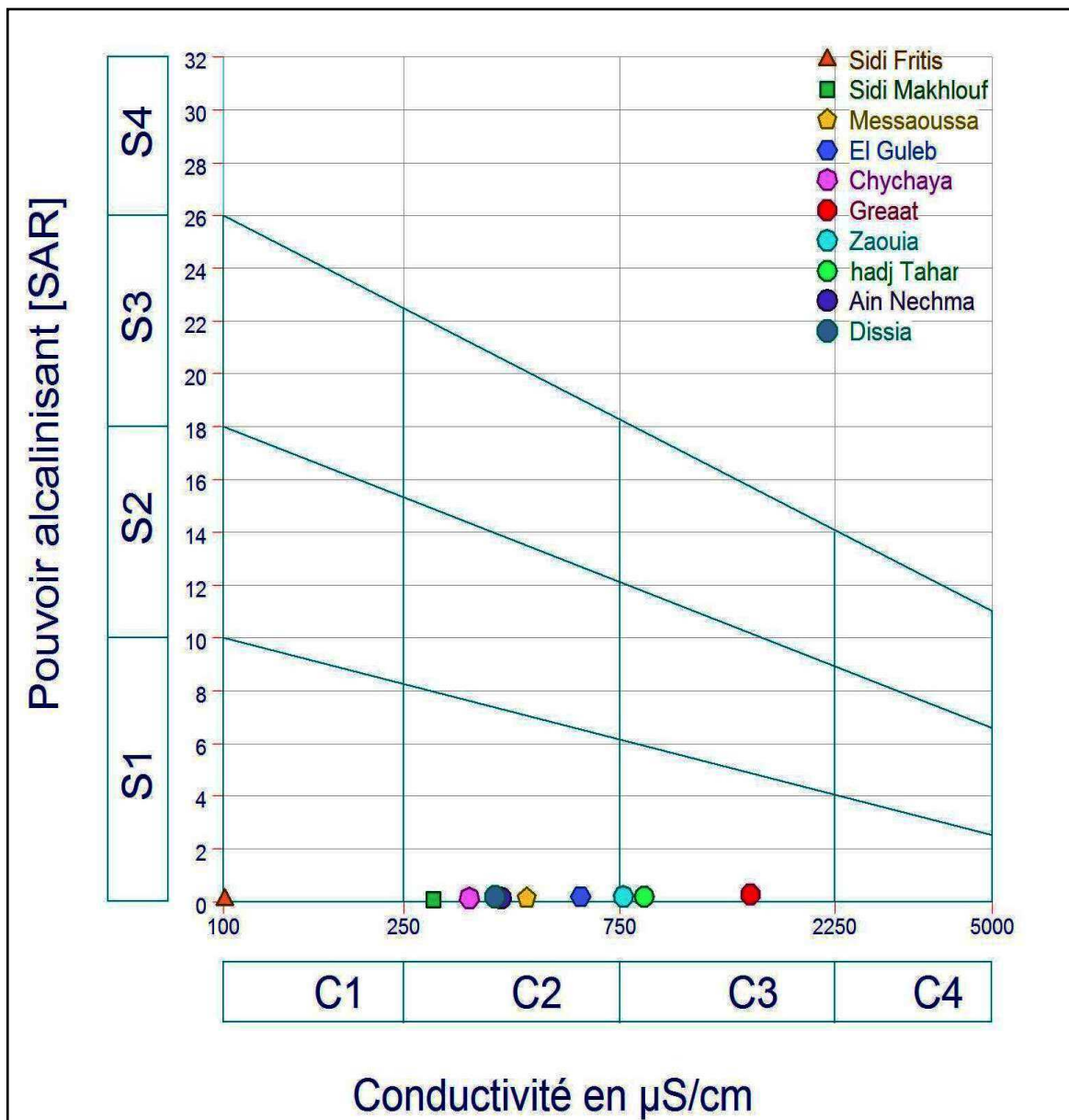


Fig.42 .Aptitude des eaux de surface du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox

II. 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.

1. Faciès chimiques des eaux souterraines

La classification des eaux souterraines du complexe de Sanhadja selon les analyses chimiques effectuées par Bourbia. H et Khaldi.H en 2003 sur 13 échantillons [puits et forages], (mémoire d'ingéniorats promotion 2009 - Etude hydrogéologique et évaluation des ressources en eau dans la région de Ben Azzouz. Université d'Annaba) montre suivant le diagramme de Piper que les eaux du complexe appartiennent essentiellement aux deux familles des eaux [Fig.43].

- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.
- Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique.
- Bicarbonate calcique et magnésienne.

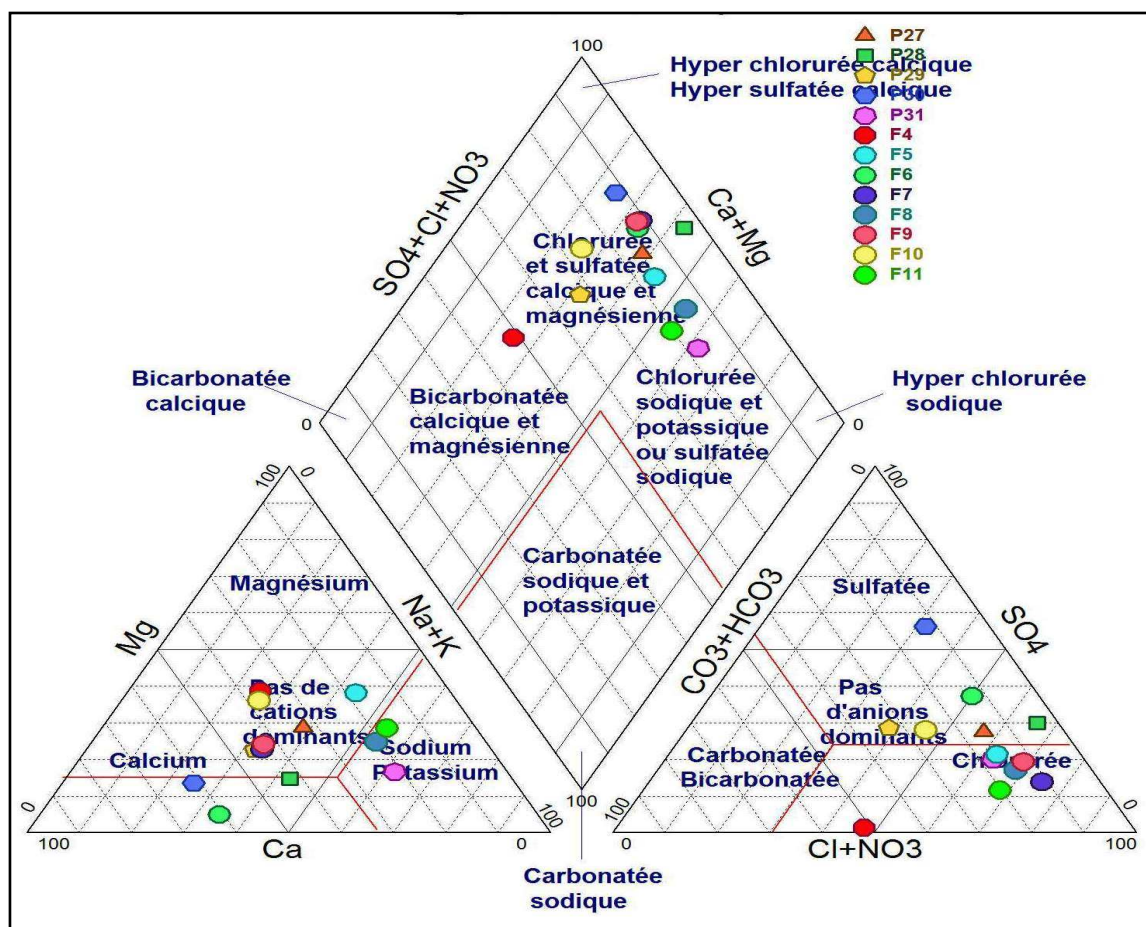


Fig.43. Diagramme de Piper des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja

La précédente interprétation montre la présence de treize faciès chimiques. Pour déterminer le faciès chimique de chaque échantillon nous allons utiliser le diagramme de Schoeller-Berkaloff [Fig.44]. Les résultats des analyses chimiques de ces eaux ont été reportés sur le diagramme ce qui nous a permis d'en déduire que les eaux souterraines présentent des faciès chimiques différents dont les faciès dominants sont 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 calcique a été mis en évidence et qui serait lié au lessivage des formations évaporitiques.

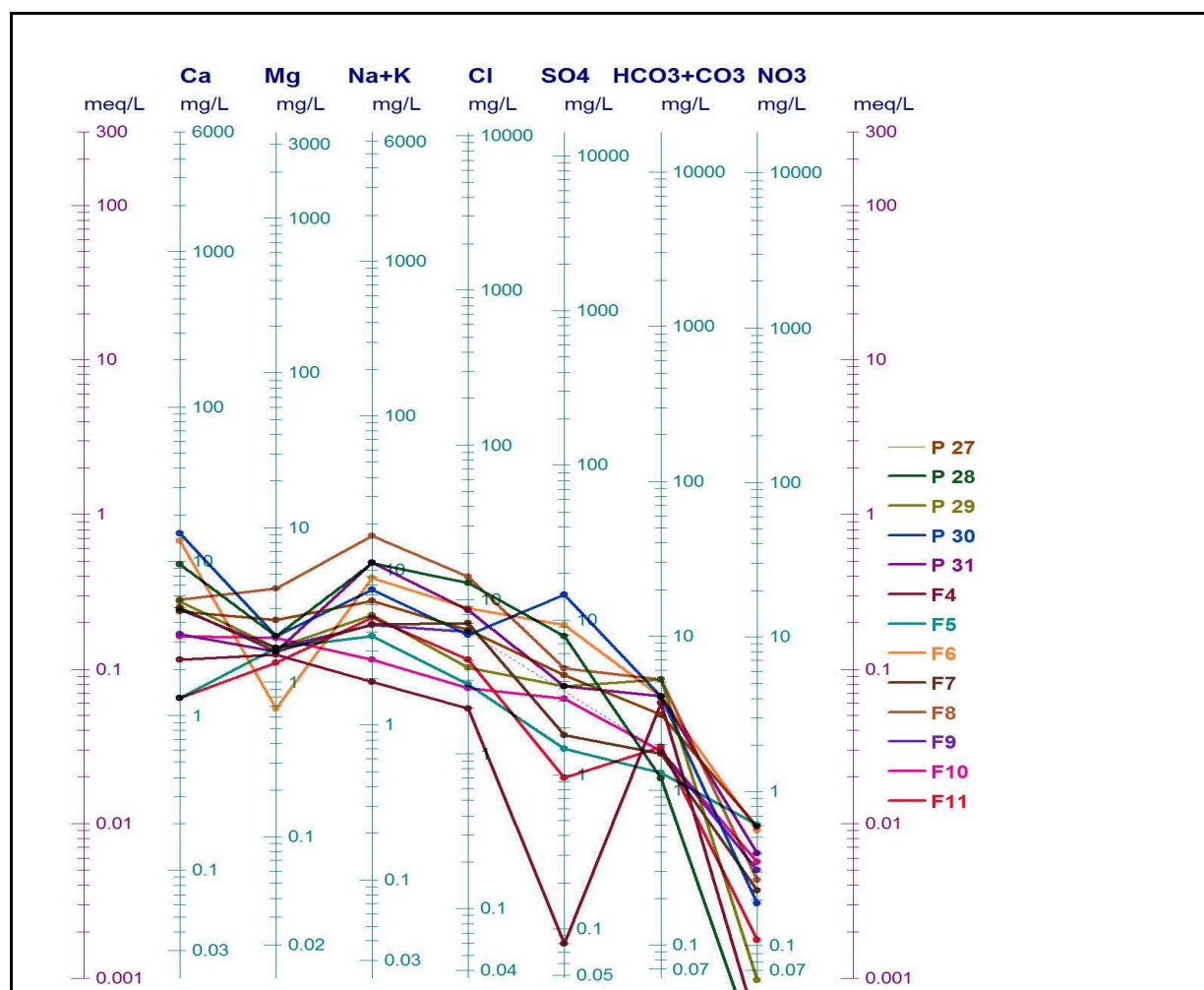


Fig. 44. Diagramme de Schöeller-Berkaloff des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja

2. Normes de potabilité et qualité des eaux souterraines

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses, on a procédé à des normes de classification pour chacun des paramètres.

Calcium n'a pas d'effet nocif sur la santé de l'individu, car la quantité susceptible d'être ingérée quotidiennement sous forme des besoins est inférieure à celle nécessaire pour l'organisme. En effet l'O.M.S impose 140 mg/l comme teneur maximal. Les eaux dépassant les 200 mg/l présentent un sérieux problème pour les usages domestiques.

Calcium [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants
0-140	Bonne	P27, P29, P31, F4, F5, F7, F8, F9, F10, F11
> 140	Médiocre	P28, P30, F6

Tab.40. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du calcium

Magnésium 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, l'O.M.S donne 150 mg/l comme concentration maximale admissible.

Magnésiums [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants
< 50	1 ^{ère} qualité	P27, P28, P29, P30, P31, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11
50-100	2 ^{ème} qualité	
> 150	3 ^{ème} qualité	

Tab.41. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du magnésium

Sodium 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.

Sodiums [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants
0-150	Bonne	P27, P29, P30, F4, F5, F7, F9, F10, F11
> 150	Médiocre	P28, P31, F6, F8

Tab.42. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du sodium

Potassium présente dans l'eau naturelle, ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l, donc il n'a pas de problèmes pour la santé.

Potassiums [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants
0-12	Bonne	P27, P28, P31, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11
> 12	Médiocre	P29, P30

Tab.43. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du potassium

Chlorure 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.

Chlorures [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants
0-250	Bonne	P27, P29, P30, F4, F5, F7, F9, F10, F11
> 250	Médiocre	P28, P31, F6, F8

Tab.44. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du chlorure

Sulfate provoque des troubles intestinaux, l'O.M.S fixe à 250 mg/l la teneur maximale admissible.

Sulfates [mg/l]	Qualité d'eau	Ouvrages correspondants
0-250	Bonne	P27, P29, P31, F4, F5, F7, F8, F9, F10, F11
> 250	Médiocre	P28, P30, F6,

Tab.45. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du sulfate

Bicarbonat ne provoque aucun effet nocif sur la santé. La recommandation pour la quantité de l'eau potable ne comporte pas de norme relative. Globalement ne dépasse pas les 350 mg/l dans tous les points d'eau.

Conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau ; un excès peut provoquer des inconvénients [altération gustative, laxative] et des maladies [maladies rénales,...].

Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Conductivité	µS/cm	> 180 et 400	400 et 2500	2500 et 4000	> 4000
Ouvrages correspondants		F4, F5	P27, P28, P29, P30, P31, F6, , F7, , F8, F9, F10, F11	-	-

Classes de qualité d'après [recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé de 1994]

Tab.46. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité de la conductivité

Nitrate

Les concentrations des nitrates sont pour l'ensemble des points ne dépassent pas la norme 45mg/l [OMS].

Classe de qualité	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Nitrates	mg/l	10	20	40	> 40
Ouvrages correspondants		P28, P29, P30, F4, F11	P27, , P31, F7, F8, F9, F10,	F5, F6,	-

Tab.47. Classification des eaux souterraines selon les normes de potabilité du nitrate

Le diagnostic de l'état de la qualité et de potabilité des eaux souterraines dans le complexe [Tab .48] montre que dans l'ensemble, forages et puits présentent un état de qualité bonne sur la totalité ou les majeurs ouvrages, à l'exception de quelques points où la qualité est médiocre elle serait due à la géologie ou à une origine anthropique [activités agricoles, eaux usées...].

Classe	Minéralisation (Conductivité, Cl ⁻ ,So ₄ ²⁻)	No ₃ ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Bonne	P27, P29, P31, F4, F5, F7, F8, F9,F10, F11	P27, P28,P29, P30, P31,F4, F5, F6,F7,F8, F9, F10, F11	P27, P28, P29, P30, P31, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11	P27, P29, P31,F4, F5, F7 , F8,F9, F10, F11	P27, P29, P30, F4, F5, F7, F9, F10, F11	P27, P28, P31,F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11
Médiocre	P28, P30, F6			P28, P30, F6	P28, P31, F6, F8	P29, P30

Tab. 48 .Classement des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja

3. Aptitude des eaux souterraines à l'irrigation

3.1. Classification des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja d'après Wilcox

L'observation du diagramme de Wilcox [Fig.45] fait ressortir les classes suivantes :

La classe [C₂S₁] : eau est bonne pour l'irrigation et pouvant être utilisée sans contrôle particulièrement pour l'irrigation des plantes moyennement tolérante au sel ;

La classe [C₃S₁] : eau admissible pour l'irrigation des cultures tolérantes au sel. Sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

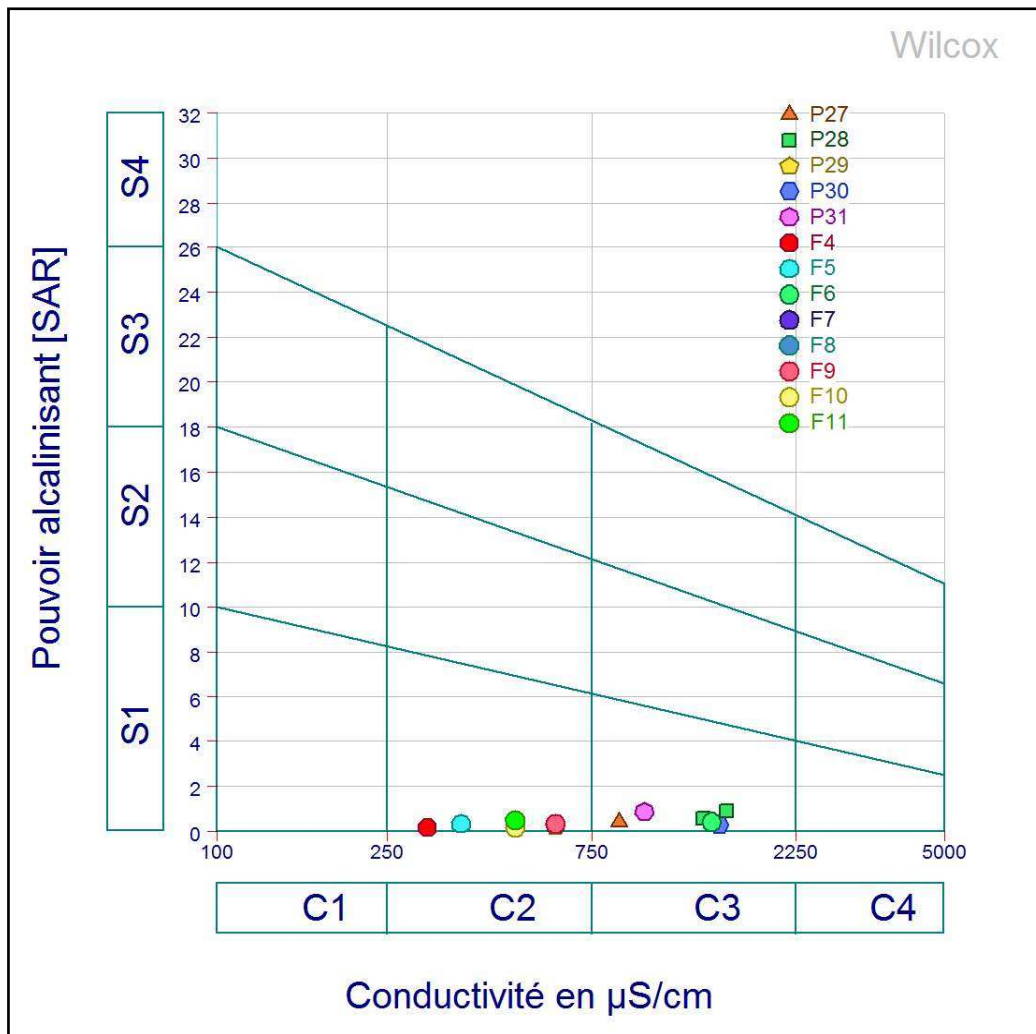


Fig. 45. Aptitude des eaux souterraines du complexe de zones humides de Sanhadja à l'irrigation selon la classification de Wilcox

En conclusion, le sous-sol du complexe 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 .

Le chimisme des eaux du complexe de zones humides de Sanhadja est influencé par la nature lithologique de l'aquifère et des conditions de recharge, lié au lessivage des formations rencontrées, leurs affectant un faciès dominant chloruré sodique et chloruré calcique pour les eaux souterraines, ainsi que le faciès Bicarbonatée magnésien et chloruré magnésien caractérisent les eaux de surface.

Du point de vue qualité, les eaux du complexe de zones humides de Sanhadja présentent un état de qualité bonne sur la totalité ou les majeurs ouvrages, bien préservées bonne la consommation humaine [les eaux souterraines] et pour la vie aquatique [les eaux de surface]. Le diagramme de Wilcox montre que dans l'ensemble, les eaux du complexe de zones humides de Sanhadja peuvent être utilisées en général, sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes, moyennement tolérantes au sel, sur sol ayant une bonne perméabilité. A l'exception au niveau de quelques endroits où la salinité des eaux doit être contrôlée.

CHAPITRE. V

EVALUATION ET MESURES DE PRESERVATION DU COMPLEXE DE ZONES HUMIDES DE SANHADJA

I. LES POTENTIALITES NATURELLES

Le complexe des zones humides de Sanhadja se caractérise comme l'une des zones à fort potentiel biologique naturel du Nord-Est algérien, notamment comme interface entre milieu côtier et terrestre. Il est le site d'accueil avec El-Kala d'espèces d'oiseaux mondialement menacées [Erismature à tête blanche, Fuligule myrica, Talée sultane].

Le complexe a conservé sa naturalité à travers l'ensemble de son territoire, notamment dans les zones humides. Ailleurs, excepté là où des sablières ont été érigées et là où les prairies de rives ont été labourées avec comme conséquence la disparition de la végétation naturelle, remplacée par des plantes cultivées, l'authenticité des milieux et leur naturalité est toujours évidente. Les écosystèmes présentant encore une naturalité forte sont les zones humides, les prairies humides, le maquis, les formations dunaires et le milieu marin encore épargné des pollutions.

La plaine côtière humide de Sanhadja désignée sous le vocable de complexe de zones humides, au titre de sa désignation sur la liste de la Convention internationale de Ramsar, est aujourd'hui mondialement reconnue. Elle constitue :

- Un véritable complexe de sites humides à fonctions multiples;
- Le deuxième grand complexe de zones humides en état de conservation satisfaisant après celui d'El Kala ;
- Un exemple rarissime de grande plaine humide parsemée de marécages et d'oueds qui s'ouvre sur un large front de mer par un vaste estuaire et une importante longueur du Nord-Est algérien encore épargné des pollutions ;

De par sa situation géographique [face à la Camargue et à mi chemin des voies migratoires classique de Gibraltar et du Détroit Sicilo-Tunisien], le territoire du complexe des zones humides de Sanhadja est un lieu de passage et d'hivernage très important pour les oiseaux migrateurs. L'intérêt particulier de la zone humide et côtière réside également dans sa dimension paysagère. Ce double intérêt biologique et paysager confèrent au site un potentiel

très important pour les visiteurs voulant étudier ou observer les oiseaux ou recherchant plus simplement à profiter des bienfaits touristiques diversifiés qu'offre la zone.

Le complexe de Sanhadja est complémentaire dans son rôle d'accueil de l'avifaune migratrice, avec les autres grands centres qui l'entoure, en premier lieu avec le complexe d'El Kala et Lac Fetzara.

La diversité paysagère, celle des unités écologiques et celles des habitats sont très importantes. La diversité floristique et faunistique est exceptionnelle. La diversité des plantes aquatique est hors du commun [234 espèces réparties en 145 taxons directement liés au facteur aquatique sur 28000 hectares. Celle des oiseaux n'est pas du reste avec un total de 186 espèces dont 82 sont inféodées aux milieux aquatiques et adjacents ainsi que celle des d'habitats [présence de milieu marin, zone humide, prairies, ripisylves, forêts, massif dunaire, maquis]. Le complexe renferme également une diversité entomologique non révélée, elle est déjà spectaculaire à travers les 27 espèces d'Odonates.



Fig. 46. Vue de Garâat Ouaja

II. LE POTENTIEL VEGETAL ET FAUNE A VALEUR ECOLOGIQUE

1. Le couvert végétal

Les principales unités écologiques, leur valeur patrimoniale et les enjeux de conservation à l'intérieur de chaque unité écologique, sont identifiés des sous unités écologiques qui peuvent être considérées comme des habitats, de part leur physionomie et leur structure végétale en particulier dans et autour des zones humides. Elles sont caractérisées par leur valeur patrimoniale, les enjeux de conservations, les menaces et les propositions pour une meilleure conservation.

Unités écologiques	Sous unité 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.
Milieux cultivés et pâturages	Surfaces cultivées	Peu d'espèces remarquables
	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	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 en destruction	Soumis le plus souvent à l'érosion éolienne, souvent après exploitation du sable [carrières], la biodiversité tend à s'amoinrir et les espèces ont quelques difficultés à s'installer.
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.
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	Habitat menacé en raison de la fréquentation printanière et estivale.

Source : CF/DGF de Skikda

Tab.49. Principales espèces végétales du complexe de Sanhadja

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.50].

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 Rapaces	Ce groupe d'oiseaux généralement en haut des chaînes 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 chaîne trophique. Les amphibiens de Sanhadja comptent des espèces rares et menacées tel que <i>Discoglossus pictus</i> et <i>Bufo bufo spinosus</i> ainsi que des espèces endémiques au Maghreb comme le triton de poiret [<i>Pleurodeles poireti</i>] et le crapaud de Mauritanie <i>Bufo mauritanicus</i>

Source : CF/DGF de Skikda

Tab.50 .Principales espèces animales du complexe de Sanhadja

III. EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE LOCALE

L'analyse de l'environnement socio économique dans le complexe de zones humides de Sanhadja montre qu'à l'heure actuelle, deux acteurs principaux sont derrière les menaces physiques qui sont les plus marquantes, il s'agit des agriculteurs et des extracteurs de sable. Parmi les agriculteurs, ceux qui pratiquent les cultures sur les dunes ont bien entendu plus d'impact sur le milieu et sont les plus récalcitrants au changement dans l'utilisation des terres. Ils agissent avec impunité et semblent disposer de largesses et même de complicité. La deuxième catégorie de « destructeurs » est composée des propriétaires de sablières qui ont agité pendant longtemps avec des autorisations des services des mines, ils ont créés des

excavations immenses, défiguré les dunes internes et déstabilisé tout le processus de protection des zones humides en accélérant l'érosion éolienne peut entraîner l'ensablement de toute la zone, y compris lacs et dépressions. A l'heure actuelle, les sablières sont à l'arrêt mais une demande pressante se profile à l'horizon en raison d'un probable arrêt de l'immense sablière de Filfila dont le fonctionnement menace le village des Platanes. La pression est exercée également par des habitants du complexe cherchant à vendre du sable d'une manière moins quantitative en exploitant des zones du cordon des dunes internes. Dans l'interaction société humaine-territoire du complexe de Sanhadja, le reste des parties prenantes pose beaucoup moins de menaces sur le milieu et ses composantes tout en développant des activités vivrières. La vision environnementale durable montre que l'investissement des efforts de corrections des activités doit s'orienter vers le renversement des situations : aller vers plus d'arboriculture, d'élevage bovin en intensif, l'apiculture etc. qui sont durables en limitant les cultures spéculatives et les prélèvements de sables. Ceux sont là les principales pistes du plan de gestion.

IV. MENACES ET PRESSIONS

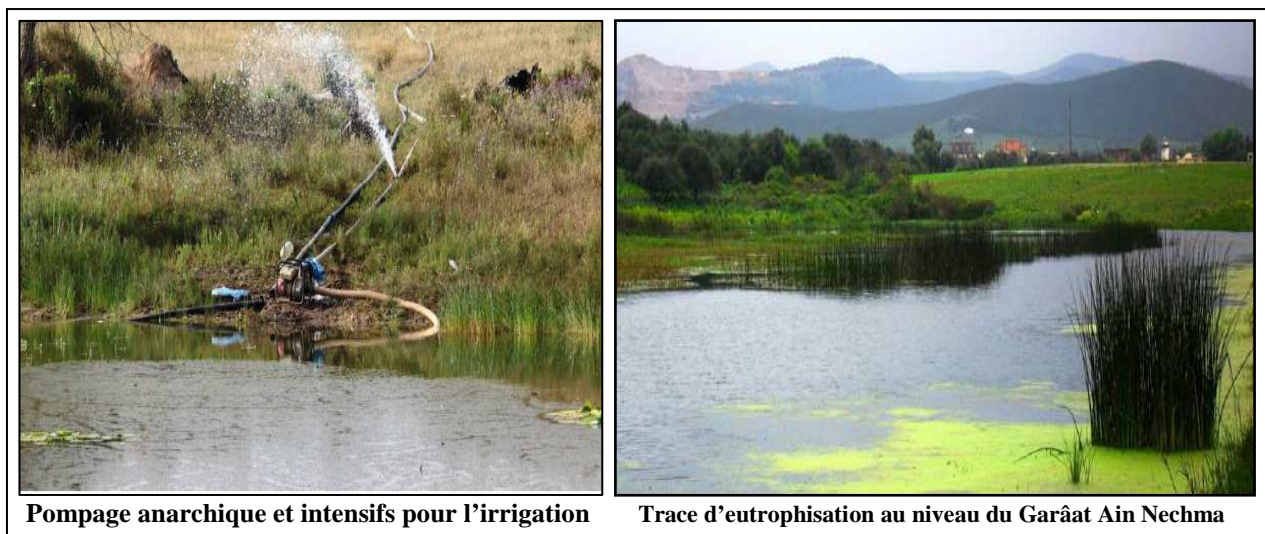
1. Menaces sur les ressources hydriques

1.1. L'expansion de l'agriculture

Le développement de l'agriculture au cours de ces dernières années peut altérer les unités du complexe de Sanhadja et détruire les écosystèmes. L'expansion de cette activité implique le défrichage de la végétation naturelle surtout sur les dunes pour la mise en culture des terres. Les effets de l'intensification des activités agricoles sur la fertilité des sols, ainsi que ceux de la réduction des engrais naturels animaliers et de l'introduction d'engrais chimiques, sont encore mal connus, mais sont susceptibles de poser des problèmes importants à l'avenir. Le manque de données ne permet pas de quantifier la pollution par les amendements agricoles et l'usage abusif des fertilisants naturels. Elle est cependant visible au niveau des marais dont certains présentent des signes avancés d'eutrophisation en surface.

La construction anarchique des petites retenues pour l'irrigation des cultures perturbe complètement la dynamique hydrologique: l'eau est déviée, ce qui empêche le remplissage de la zone marécageuse. L'expansion de l'agriculture de décrue par le captage de l'eau des zones humides a pour conséquence une capacité de stockage réduite et une diminution de la recharge souterraine. Il convient donc d'utiliser harmonieusement l'eau des zones humides à

des fins agricoles, tout en laissant suffisamment d'eau pour permettre à la biodiversité de continuer à se développer.



Pompage anarchique et intensifs pour l'irrigation

Trace d'eutrophisation au niveau du Garâat Ain Nechma

Fig.47.Exemples de menaces des activités agricoles portant sur les ressources en eau du complexe de Sanhadja

1.2. Les rejets urbains et industriels

Les sources polluantes sont essentiellement industrielles et urbaines. Leurs effets sur le milieu naturel sont accentués par les pratiques agricoles, les défrichages illicites qui vulnérabilisent le milieu et les sablières en participant à sa fragilisation. Nous apportons à titre d'information les différentes unités agro-alimentaires et industrielles dans la région de Sanhadja [Tab. 51].

Communes	Agglomérations	Activité
Ben Azzouz	Ben Azzouz	Unité d'élevage de volaille
	Ain Nechma	Unité d'élevage de volaille
		ONAB / alimentation bétail
		Conserverie IZDIHAR
	Boumaiza	Conserverie de tomates et fruits
		Briqueterie
		Unité d'élevage de volaille
	Zaouia	Unité de production de viandes et d'élevage bovin
Safia	ENG (Entreprise Nationale de production d'agrégats)	

Tab. 51. Principales unités agro-industrielles dans le complexe de Sanhadja

Les eaux de surfaces sont celles qui sont en communication directe avec la gestion de l'environnement d'où leur vulnérabilité extrême. Les rejets directs des eaux domestiques effectués par toutes les agglomérations situées dans la plaine de Sanhadja sans aucun traitement dans les Chabaat et les oueds constituent une menace évidente de la dégradation du milieu. En circulant dans les oueds et affluents, elles participent insidieusement à détériorer la qualité chimique du milieu de leur transfert, rejoignent les marais lors des inondations et atteignent ainsi les unités de la zone humide.

Environ 4386 m³/j d'eaux usées domestiques sont rejetées directement dans les oueds et même à ciel ouvert [Tab.52], qui à moyen terme causera des dégâts néfastes pour la faune, la flore allant jusqu'à menacer la santé humaine du moment qu'on irrigue toutes les cultures en été à partir des eaux de l'oued et les Garâates.

Communes	Agglomérations	Urbaine / Rural	Population	Volume rejeté m ³ /J	Nbre lieu de points de rejets	Milieu récepteur
Ben Azzouz	Ben Azzouz	U	4495	539.40	03	- Fosse septique vers Oued El-Kebir - Bassin de décantation vers Oued El-Kebir
	Boumaiza	R	4867	584.04	01	-Station de relevage vers Oued El-Kebir
	Zaouia	R	3952	474.24	02	-Chaabat vers Oued Magroun, -Station de relevage vers Oued Magroun
	Ain Nechma	R	2450	294	01	Fosse septique vers Oued El Maboun
	El-Hamma	R	2278	273.36	01	Fosse septique vers l'Oued El-Kebir
	Zone éparses		11539	1384.68		Chaabat vers l'Oued El-Kebir
La Marsa	La Marsa	U	3133	375.96	01	La mer
	Zone éparses		2861	343.32		Chaabat +Oued Enekouche
Guerbes	Guerbes	R	1492	179.04	01	Deux bassins de décantation vers la mer
Total			37067	4448.04	10	

Tab. 52. Etat de réseau d'assainissement dans les trois communes du complexe de Sanhadja



Fig.48. Les rejets des eaux usées de la région de Zaouia à ciel ouvert

1.3. 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, mais cette fois dégradation du massif dunaire, 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 débris divers surtout qu'ils sont localisés près des habitations. Pouvant servir comme dépotoir, elles constituent une vraie menace supplémentaire pour les eaux souterraines présentes dans les dunes.



Fig.49. Prélèvement illicite de sables à Lakhlalba [commune de Ben Azzouz]

2. Menaces sur la couverture végétale du complexe

Devant la nécessité impérieuse 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-épuration 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 épuration:

➤ Le défrichement de milieux boisés se pratique à grande échelle pour développer des activités agricoles sur des sols certes productifs pendant une ou deux années mais bien rapidement appauvris car insuffisamment structurés ;

Le tableau ci-dessous [Tab.53] représente l'évolution des superficies défrichées dans le complexe de Sanhadja durant la période [1998-2004] .

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Total
Nombre de délits	07	22	18	09	10	08	17	91
Les superficies défrichées en [ha]	07	55.6	76	24.5	25	20.5	48.5	293

Source : district des forêts de la Daïra de Ben Azzouz

**Tab. 53. Nombre des délits et les superficies défrichées dans le complexe de Sanhadja
Période [1998-2004]**

➤ Les incendies de forêts qui, en font, sont juste une manière différente de pratiquer le défrichement des milieux boisés. Parmi ces derniers, la subéraie est très touchée par les dégradations, pour augmenter les surfaces cultivables sur sols accueillants ;

Le tableau suivant [Tab.54] donne une idée sur les superficies incendiées dans la zone de Sanhadja.

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Total
Nombre de délits	03	07	09	05	03	11	2	40
Les superficies incendiées en (ha)	07	253	150.5	9.5	11	83.5	4	518.5

Source : district des forêts de la Daïra de Ben Azzouz

**Tab.54. Nombre des délits et les superficies incendiées dans le complexe de Sanhadja
Période [1998-2004]**

- Les labours du massif dunaire après leur défrichement sont augmentés d'une façon multiple où les prairies avec leur biodiversité et leur biomasse ont été remplacées par des monocultures ;
- L'exploitation de bois illégaux pour la fabrication de clôtures ;

Tous ces facteurs contribuent à la réduction des espaces forestiers dans le territoire du complexe de 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.

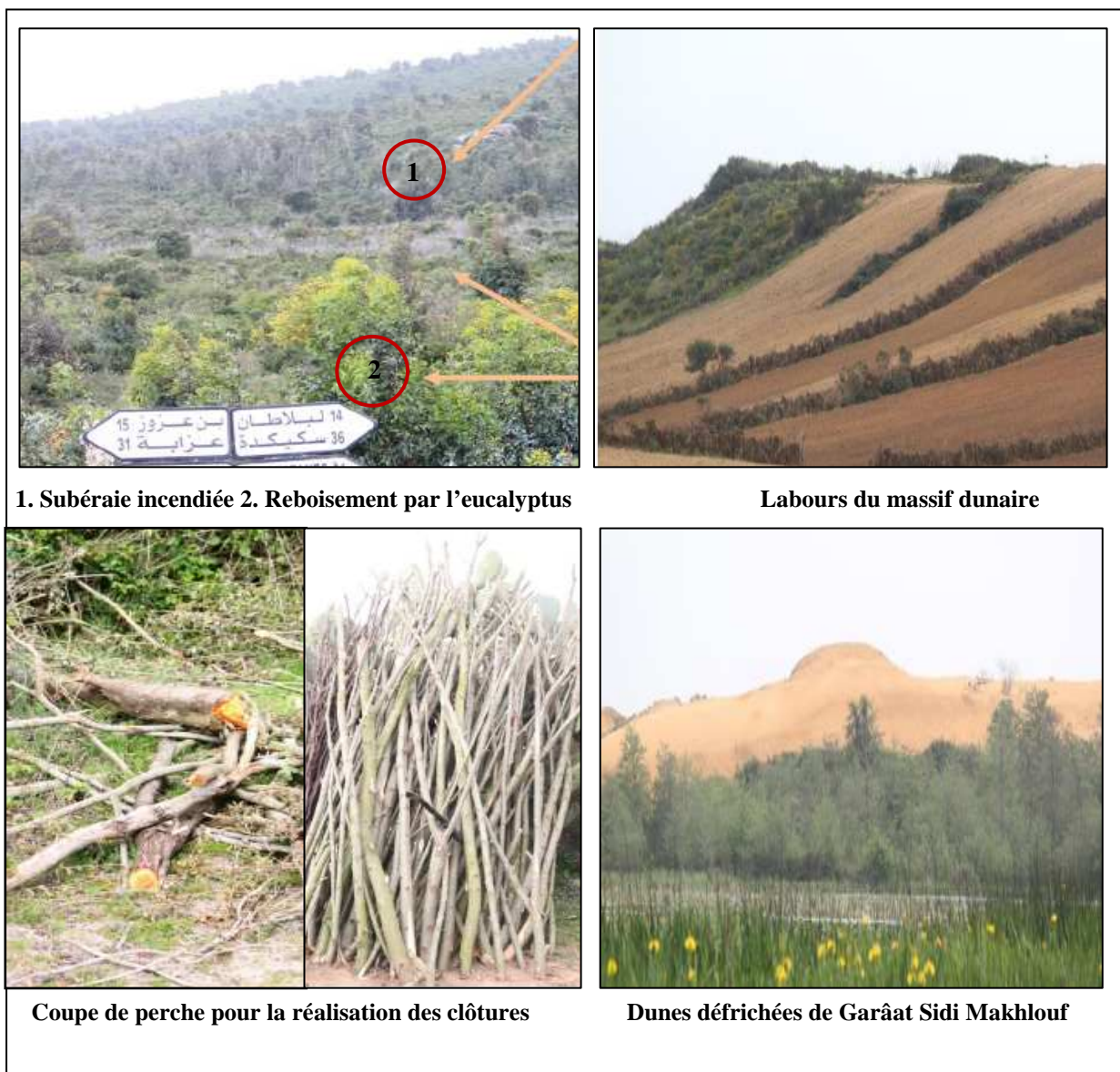


Fig.50. Exemples de menaces portant sur la couverture végétale du complexe de Sanhadja

Le tableau suivant [Tab.55] récapitule les menaces portant sur le complexe de Sanhadja et les impacts qui en résultent

Menaces	Lieux	Impacts	Mécanismes et l'effet
L'agriculture	<ul style="list-style-type: none"> - Massif dunaire ; - Plaine ; - Région des piémonts. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eutrophisation des oueds et le un chapelet de zones marécageuses; - Abaissement des volumes des eaux des lacs ainsi que les nappes phréatiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 urbains et industriels	<ul style="list-style-type: none"> - Les points d'eaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Pollution des cours d'eau et les zones marécageuses. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation des qualités des eaux de surfaces et les eaux profondes.
Défrichement	<ul style="list-style-type: none"> - Massif dunaire ; - La subéraie ; - Cordon littoral. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prise de l'érosion ; - Déstructuration des sols ; - Augmentation des ruissellements. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - Massif dunaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Destruction de la continuité paysagère ; - Mise en mouvement du sable ; - Destruction du couvert végétal. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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, entraînant l'ensablement de la zone, y compris les lacs et les dépressions.

Tab. 55. Les principales menaces et impacts sur le patrimoine naturel du complexe de Sanhadja

V. VERS UNE GESTION DURABLE DU COMPLEXE DE SANHADJA

Le Complexe des zones humides de Sanhadja se distingue par le manque d'études et recherches, en raison de sa marginalisation géographique.

Les études présentes ont été consacrées aux aspects liés beaucoup plus à la ressource en eau et aux sols et ce n'est que récemment, que le milieu naturel et l'environnement ont commencé à en faire l'objet.

D'une manière générale, la gestion du complexe commence par celle des eaux comme facteur indispensable aux biotopes des espèces, une notion qui rend bien compte de la relation entre les facteurs environnementaux et les espèces qui les subissent. Ils constituent la base à toute vie et sa pérennité. Les habitats présents sur le site du complexe de zones humides sont tous sensibles à deux facteurs : la pollution sous ses diverses formes et l'érosion des sols.

1. Mesures d'urgence pour une gestion durables de l'eau et de l'environnement dans le complexe de Sanhadja

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 incluent 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. »

L'eau n'est plus considérée comme une ressource inépuisable que l'homme exploite à son profit sans soucis du milieu naturel. Sous la pression de la croissance démographique accélérée et la détérioration de sa qualité, elle devient de plus en plus rare dans plusieurs régions du monde et par conséquent une source de conflits.

Il est actuellement admis, car évident que, les modèles de gestion sectorielle ne conviennent 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

La région de Sanhadja présente la particularité d'abriter des zones humides écologiquement très riche par leur faune et leur flore : le marécage et sa périphérie, ce qui lui confère le classement de réserve intégrale rare et unique de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne, abritant des espèces aviaires rares, vulnérables ou en recule dans leurs régions du paléarctique occidental, abritant aussi une diversité biologique très importante.

Pour toutes ces raisons, une attention particulière et immédiate doit être portée pour tenter de préserver ce site qui souffre d'une dégradation continue (atterrissement, eutrophisation, exposant le plan d'eau à la disparition complète, engendrée par plusieurs lacunes dans le mode de gestion du territoire.

Pour réaliser une gestion durable et intégrée, il faut passer d'une approche sectorielle impliquant séparément, un protecteur de la nature, un agriculteur, un consommateur, un gestionnaire hydraulique, un forestier, ...etc. à une approche globale visant collectivement à identifier, comprendre et contrôler tous les éléments qui interviennent dans le système eau milieu naturel et donc dans sa gestion.

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]

2. Approche participative de gestion

L'approche participative 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. Cette approche permet l'intégration de la composante humaine dans la prise de décision, et permet aussi d'établir des consensus et des ententes durables.

3. Discussion et mise en place des mesures d'urgence

Cette phase constitue l'essentiel de la réflexion portant sur l'opportunité de renoncer à la gestion sectorielle actuelle qui n'a engendré que davantage de dégradations au milieu et le choix d'une procédure de gestion durable dans le complexe de Sanhadja qui devrait conduire à une conciliation des impératifs de conservation des écosystèmes, et du développement socio-économique, dans le respect du contexte local.

Au départ nous savons que les différents systèmes hydriques superficiels et souterrains au niveau du complexe de Sanhadja, sont imbriqués les uns dans les autres. Selon qu'il s'agisse de la période des crues ou de celle de l'étiage, des transferts s'effectuent du réseau hydrographique surchargé vers les nappes aquifères et les plans d'eau. À l'étiage, les systèmes qui ont joué le rôle de réservoir, approvisionnent à leur tour les cours d'eau dans lesquels le niveau d'eau a baissé.

À cet effet, il est important de signaler qu'une conception de systèmes hydriques séparés dans l'élaboration et la mise en œuvre de plans ou de projets d'exploitation de la ressource hydrique, entraînerait automatiquement une appréciation erronée se traduisant par un surcroît de difficultés à résoudre pour les secteurs Hydraulique, Agriculture, Forêts...

La gestion durable dans les zones sensibles à valeur écologique tel que le complexe de Sanhadja vise à concilier les exigences des diverses activités humaines et la consolidation du patrimoine collectif que constituent les milieux humides et la ressource en eau. Cette question de gestion concertée est autant plus incitative lorsque le territoire est classé pour être conservé.

Pour mettre en œuvre cette gestion qui privilégie le complexe de zones humides comme unité, il faut passer d'une approche sectorielle, celle de l'agriculteur irrigant, du consommateur d'eau, de l'éleveur de bétail exploitant des prairies humides, du conservateur et de l'exploitant des espaces forestiers, de l'extracteur de sable, du protecteur de la nature et des zones humides, de l'urbaniste, ...) à une approche multisectorielle plus cohérente et globale qui vise à identifier, comprendre et contrôler collectivement tous les éléments qui interviennent dans le système eau-milieu et donc dans sa gestion.

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 Sanhadja pour la gestion des sols et des eaux. Il pourrait s'agir éventuellement d'un comité local qui assimilerait les différents secteurs (collectivités locales, élus, hydraulique, agriculture, forestier...) agissant sur la ressource, les représentants de la population riveraine et de la société civile.

Ce comité de gestion devrait estimer la valeur économique réelle des écosystèmes du complexe en prenant en compte leur rôle de régulateurs de la qualité et de la quantité de l'eau, et de la productivité de l'agriculture et des plaines alluviales [UICN, 1991]. Toutefois la gestion de l'eau devrait se fonder sur une évaluation aussi précise que possible de la capacité de charge du complexe et envisager toutes les formes d'utilisation appropriées.

Selon l'UICN-PNUE-WWF [1991], les politiques qui devraient orienter les schémas directeurs d'aménagement et de gestion, nécessitent de revêtir une dimension multisectorielle fondée sur une approche écosystémique qui intègre la participation publique et de ce fait, prendre en compte les principes énoncés ci-après :

- L'utilisation des eaux de surface, souterraines et côtières à l'intérieur de chaque bassin versant devrait être planifiée sur la base d'évaluations de la quantité et de la qualité de l'eau ;
- La consommation domestique, agricole et industrielle, ainsi que les volumes requis pour la conservation des zones humides, ne devraient pas excéder les limites d'un approvisionnement durable prenant en compte tous les besoins de l'écosystème. Ces limites varient en fonction des technologies, des infrastructures et des capacités de gestion.
- Des normes de quantité et qualité devraient être fixées pour les différentes utilisations de l'eau, y compris le maintien des structures et fonctions de l'écosystème ;
- Le volume des eaux d'irrigation devrait être limité au minimum requis pour lessiver le sol. ;

- La gestion de la qualité et du niveau des nappes d'eaux souterraines devrait viser à minimiser les impacts écologiques comme la salinisation, la subsidence des sols, la libération de nutriments préjudiciables et la réduction du débit des cours d'eau ;
- Les risques sanitaires devraient être pris en compte dans le calcul des volumes d'eau requis et dans l'élaboration des plans d'irrigation ;
- Les pratiques dommageables pour la qualité de l'eau, comme les travaux d'assèchement, les remblayages en déchets solides, et l'utilisation d'engrais, pesticides et autres substances potentiellement polluantes, devraient être contrôlées de près afin que l'eau polluée n'affecte pas la qualité des eaux courantes ;
- Les incidences à court et à long terme de tout changement dans l'utilisation de l'eau et des sols sur le fonctionnement des écosystèmes devraient être soigneusement évaluées. Il est essentiel, en particulier, d'éviter toute dégradation du bassin versant en amont, des principales zones humides ;
- Les plans de gestion de l'eau devraient déterminer pour chaque utilisateur, le calendrier d'utilisation compatible avec le fonctionnement de l'écosystème [irrigation abusive en été des riverains des zones humides].

La gestion des ressources au niveau du complexe de Sanhadja nécessite l'adoption d'une approche écosystémique de gestion et qui exige elle-même la connaissance globale et structurée de l'ensemble du territoire du complexe, qui permettrait de proposer l'outil de gestion des ressources, non seulement adaptée au contexte de cette aire protégée, mais également au contexte socioéconomique et culturel de la population qui l'occupe. Cette approche écosystémique qui doit être souple et adaptable suppose que les ressources doivent être gérées comme des systèmes dynamiques et intégrés et non comme des éléments indépendants et distincts [Burton, 2001] car il s'agit effectivement d'un éco-complexe pour lequel la recherche, la planification, la communication et la gestion environnementale doivent plus que jamais reposer sur la collaboration interdisciplinaire. En pratique, cette gestion suppose que tous les acteurs doivent comprendre les conséquences de leurs gestes sur la durabilité de l'eau et des écosystèmes.

CONCLUSION GENERALE

Le Complexe des zones humides de Sanhadja couvre la partie littorale Est de la wilaya de Skikda. Cet ensemble est situé à l'aval du bassin d'oued El-Kebir Ouest, couvrant ainsi l'essentiel de la surface des zones humides soit environ 230 km² du bassin de l'oued El -Kébir Ouest.

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 sont 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 inférieur et de Grés numidiens d'âge oligocène limités au nord par la chaîne éruptive du Cap de Fer. La plaine de Sanhadja occupe le fossé d'effondrement de direction Sud-Est –Nord-Ouest ayant servi à la genèse de la vallée de l'oued El-Kébir Ouest. Elle est formée essentiellement de sédiments d'âge Plio-quadernaire et post-orogéniques.

Du point de vue climatique, le complexe de zones humides est parmi les régions les plus arrosées du Nord Est algérien avec une pluviométrie moyenne est de 725 mm. Une grande partie de ces pluies participent au phénomène de l'évapotranspiration soit une hauteur de 450 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 132 mm soit 18 % des précipitations. Ceci nous permet de dire que le système aquifère de la région est bien alimenté. La température moyenne annuelle dans le complexe de Sanhadja est de l'ordre de 18°C.

Du point de vue hydrogéologique, le complexe de zones humides 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 endroit dont l'ensemble du système repose sur un substratum constitué par des formations numidiennes caractérisées par une alternance d'argiles et de marne.

Le chimisme des eaux du complexe de zones humides de Sanhadja est influencé par la nature lithologique de l'aquifère et des conditions de recharge, lié au lessivage des formations rencontrées, leurs affectant un faciès dominant chloruré sodique et chloruré calcique pour les eaux souterraines, ainsi que le faciès Bicarbonatée magnésien et chloruré magnésien caractérisent les eaux de surface.

Du point de vue qualité, les eaux du complexe de zones humides de Sanhadja présentent un état de qualité bonne sur la totalité ou les majeurs ouvrages, bien préservées bonne pour la vie aquatique, La faible dégradation au niveau de quelques points où la qualité est médiocre, elle serait due à la géologie ou à une origine anthropique [activités agricoles, eaux usées...], ou l'effet de l'évaporation d'autre part [augmentation des concentrations]

Le complexe de zones humides de 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. Dans le but d'étudier la qualité des eaux du complexe à l'irrigation, on a fait recours au diagramme de Wilcox, cette méthode montre que dans l'ensemble, les eaux du complexe de zones humides de Sanhadja conviennent à l'irrigation des diverses cultures. Cependant, on note quelques endroits où ils donnent une eau ne convenant qu'à l'irrigation de certaines plantes tolérantes au sel où la salinité des eaux doit être contrôlée.

Les zones humides de Sanhadja présentent un potentiel hydrologique considérable qui est à l'origine de la formation des zones humides d'importance internationale qu'il faut préserver. Ces derniers temps le complexe avec tout son patrimoine naturel se trouve menacé par les rejets indirects des eaux usées et le déversement des produits phytosanitaires, déforestation, manque d'éducation de la population entraînant des menaces réelles à moyen terme sur les ressources en eau et les richesses naturelles du complexe . Les ressources subissent aujourd'hui une pression anthropique progressive qui devient inquiétante. Pour cela il nous faudra avec l'aide de tous les acteurs du complexe [l'agriculteur, le consommateur d'eau, l'éleveur, le conservateur, l'extracteur de sable, autorités locales ...], progresser un peu plus que nos lacs, oued, aulnaie, soient dotés de plans de gestion à même de garantir leur utilisation durable et intégrée et ne soient plus des dépotoirs à ciel ouvert et le réceptacle des eaux usées et l'application des textes en vigueur pour une préservation durable et vers une exploitation rationnelle concertée entre différents acteurs.

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. **BELOUAHEM-ABED .D.2012.** Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de SKIKDA, ANNABA et EL TARF (Nord-Est algérien). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, département de Biologie. 252 pages.
2. **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 3^{ème} cycle. Université de Strasbourg I.
3. **BENRABAH, S. 2006.** Etat actuel des ressources en eaux dans la wilaya de Skikda (Bilan-Gestion-Perspective). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, 165 pages.
4. **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
5. **BENTOUILLI M Y.2007.** Inventaire et qualité des eaux des sources du parc national d'El Kalam (Nord –Est algérien) Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba.113 pages.
6. **BOUDINAR. A. 2009.** Contribution à la caractérisation physicochimique des eaux des dépressions humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja .Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar Annaba, département de Biologie.26 pages.
7. **BOUMEZBEUR .A .**Atlas des zones humides.
8. **BOURBIA.H & KHALDI.H.2009.** Etude hydrogéologique et évaluation des ressources en eau dans la région de Ben Azzouz. mémoire d'ingéniorats, Université Badji Mokhtar Annaba, département de géologie
9. **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.
10. **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.
11. **DAIFALLAH .T .2009.** Ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant de l'oued Kébir Ouest (Nord Est algérien) Mémoire de Magister Université Badji Mokhtar Annaba, département de géologie. 163 pages.
12. **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.
13. **ENVIRONNEMENT QUEBEC. 2004.** Gestion intégrée de l'eau par bassin versant : concept et application .58 pages.

14. **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.
15. **GUECHI. S .2004.** Impact de la pollution agricole et industrielle sur la nappe aquifère de la région de Boumaiza (Ben Azzouz, Skikda). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, département de géologie. 92 pages
16. **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.
17. **HÉBERT, S. &S. LÉGARÉ. 2000.** Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement
18. **HILLY. J.1962.** Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer. 408 p.
19. **KHAMMAR. C.1981.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'oued Kébir Ouest. Wilaya de Skikda. Algérie. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Grenoble. France.176 pages.
20. **MASSON.J.P. 1988.** Suivie de la qualité des eaux superficielles : l'expérience française. 110pages.
21. **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.
22. **METALLAOUI. S.** 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.
23. **NECHEM.D. 2009.** Qualité des eaux des sources thermales. Cas des sources du Djebel Safia (Hadjar Soud), Mémoire de Magister Université Badji Mokhtar Annaba département de géologie. 90 pages.
24. **O.N.M (Office National de Météorologie. Algérie).** Données météorologiques
25. **PARTENARIAT MONDIAL POUR L'EAU .2000.** La gestion intégrée des ressources en eau -La voie du développement durable .16 pages.
26. **Programme des Nations Unies pour l'Environnement [PNUE].**WWW.unep .org /fr. L'environnement au service du développement.
27. **RODIER, J. 2005.** L'Analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer) 8^{ème} Edition Dunod, Paris.
28. **RODIER, J. 2009.** L'Analyse de l'eau 9^{ème} Edition Dunod, Paris.

29. **SAMRAOUI. B. & de BELAIR.G. 1997.** The Guerbes/ Sanhadja Wetlands (N.E Algeria) Part I: an Overview. *Ecologie*.
30. **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.
31. **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.
32. **Union internationale pour la conservation de la nature [IUCN].** WWW.IUCN .org /Fr Documents de consultation pour la protection de la nature.
33. **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.

ANNEXES

Annexe .01

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

La convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, également appelée convention sur les zones humides ou Convention de Ramsar du nom de la ville d'Iran où elle fut adoptée le 2 février 1971, est un traité intergouvernemental qui constitue le cadre de la coopération internationale en matière de conservation et d'utilisation durable des zones humides . Signée en 1971, elle est entrée en

vigueur le 21 décembre 1975. Elle a pour objet de préserver les fonctions écologiques fondamentales des zones humides en tant que régulatrices du régime des eaux et en tant qu'habitats d'une flore et d'une faune caractéristiques et, particulièrement, des oiseaux d'eau.

Annexe. 02

Une zone humide c'est quoi ?

✓ **Définition de "zone humide" d'après le code de l'environnement**

La loi sur l'eau de 1992 a donné une définition des zones humides : il s'agit des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » [Art. L.211-1].

✓ **Définition de "zone humide" d'après la convention de Ramsar**

Les zones humides y sont entendues comme « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières, ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ».

L'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar a été effective en Novembre 1984 s'engageant par là même à inventorier et utiliser de façon durable ses zones humides. En 2001 le complexe de zones humides de Sanhadja, est classé dans la convention de Ramsar comme étant «une zone humide d'importance internationale».

Annexe. 03

Critères relatifs à la définition des zones humides de Sanhadja

Le complexe de Sanhadja est, la seule au niveau national avec le lac Tonga de Tarf à avoir répondu à cinq des huit critères fixés par la convention de Ramsar

Critère 1: 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 ;

Critère 2: 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: 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 6: 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 8 : Le complexe de zones humides de Sanhadja est un lieu de migration et source d'alimentation de l'anguille et d'autres espèces marines non encore déterminées [mulets, barbeaux, etc..] ;

Annexe .04

Le programme MAB [Man and Biosphère – L'Homme et la Biosphère]

Le Programme sur l'Homme et la biosphère [MAB] est un programme scientifique intergouvernemental visant à établir une base scientifique pour améliorer les relations homme-nature au niveau mondial. Lancé au début des années 70, le MAB propose un agenda de recherche interdisciplinaire, encourage le renforcement des capacités et a pour principaux objectifs de réduire la perte de biodiversité et d'en traiter les aspects écologiques, sociaux et économiques.

Annexe .05

Les principales fonctions des zones humides

Les zones humides remplissent un grand nombre de fonctions et rendent de nombreux services. Le tableau ci-dessous les énumère.

	Fonctions	Services rendus / Usages indirects
Fonctions pédologiques	Rétention des sédiments et accumulation de la matière organique	Formation des sols, régulation de l'érosion
Fonctions hydrologiques	Ralentissement et stockage des eaux à plus ou moins long terme	Contrôle des crues
	Stockage et restitution progressive des eaux	Recharge des nappes et soutien des étiages
	Obstacle à l'écoulement	Réduction de l'érosion (par réduction de l'énergie de l'eau)
Fonctions biogéochimiques	Rétention des nutriments (phosphore et azote)	Epuración de l'eau / Protection de la ressource en eau
	Rétention et piégeage de matières en suspension	
	Rétention et transformation des micropolluants organiques (pesticides notamment)	
	Rétention des éléments traces potentiellement toxiques	
Fonction "biodiversité"	Réseaux trophiques complexes, écosystèmes dynamiques	Habitat pour de nombreuses espèces notamment les oiseaux migrateurs et les pollinisateurs, diversité des communautés
	Forte productivité	Ressources végétales et animales exploitées (produits aquacoles, bois, tourbe, fourrage, produits biochimiques pour la production de médicaments) Ressources génétiques (matériel génétique utilisé pour la reproduction animale, végétale et les biotechnologies)
Fonction climatique	Influence positive sur la production d'oxygène	Rôle tampon limitant les changements climatiques globaux
	Favorise le stockage du carbone	
	Instauration d'un microclimat local (influence sur les températures, précipitations et autres processus climatiques)	

Annexe .06

Inventaire des forages en exploitation

✓ Alimentation en eau potable

Communes	localité	Débit max [l/s]	débit exploité [l/s]
Ben Azzouz	Dem el Bagrat	35	25
	Hjar -Soud	25	10
	Aoudi mabrouk	13	12
	Zaouia 01	6	3
	Ain Nechma	12	7
	Mdjez-Stah	4	3
	EL-HAMMA	15	10
	Ain chaiba	15	8
La Marsa	Remaila	10	4
	Remaila	8	6
	Remaila	6	5
	Dia Eldjedri	2	1.5
	Sidi Merzougue	7	4
	Mechtat lazrag	8	6
Guerbes	Guerbes	4	4

Source : ST et SRE de Ben Azzouz et Azzaba

✓ Alimentation en eau industriel

Nom du Forage	Débit Max [l/s]	Débit Exploité [l/s]
Conserverie Izdihar	40	36
Conserverie Boumaiza	35	30
ORAVI 01	8	8
ORAVI 02	10	8
ORAVI 03	15	6

Source : ST [APC de Ben Azzouz] et la DRE de Skikda

✓ Alimentation en eau agricole

Communes	Nom du Forage	Débit Max [l/s]	Débit Exploité [l/s]
Ben Azzouz	DAS ENNEMS	10	7
	DAS LOUMI	10	8
	GHARSALLAH ALI	10	8
	RAHMOUN RIAD	10	8
	DAS Bouyala		25
	KHELIL HOCINE	5	4.8
	RAMDANI MOHAMED	8	6
	FATMI ALI	10	8
	ZAOUI BRAHIM	10	8
	KHELIL HAZROUCHI	4	4
	MESSIKH MESSAOUD	9	7
	MABROUK HAMID	8	6
	HALIMI SEBTI	10	8
	BOUMAIZA KHALED	12	10
	DAHOU	10	8
	DERAI HAMID	8	6
	GHAZLI BRAHIM	8	6
	MEZGHICHE	8	6
	ROUAS AISSA	12	9
	TIBET MOKHTAR	6	5
	Ben Ali		10
	Ammara		10
	CHAIB		20
	LAKHADARI+ SALAH		20
	LAKHADARI+ KHADRAOUI		7
	GHOUL		12
	KHELIFI I		12
	MESSAI		12
	KHOUTIR		7
	KHELIFI II		12
	HAFED		12
	GHAZI		7
	SEMAH		12.5
	BOURIHANA		10
	FAGHROUR		10
	LITIM AMAR 1		12
	LITIM AMAR 2		12
	SELMANE AMAR		5
	SOUICI SALAH		5
	CHAOUI MESSAOUD		6
OUCHEFOUN DJELLOUL			

	CHAOUI HOUCINE		12
	Aidoudi layachi		2
	HAMDANI HOUCINE		
	AMARA MAAYECHE		
	AMARA SACI		
	AMARA BOUZID		7
	AMARA AHMED		
	AMARA AMAR		5
	BEN KHERRAT YACOUB		5
	BEN KHERRAT AISSA		
	EULMI		
	KHATAB TAYEB		
	AMARA MOUSSA		5
	BOUNAKHLA SALAH		
	ZITOUNI YACOUB		
	BEN CHAAB AMAR		
	BOUMAIZA MOUHAMED		
LA MARSA	BRIHMI HAMED	10	10
	AFFIFI BOUDJEMA	8	8
Guerbes	DAS KROUA	8	1.2

Source : ST de Ben Azzouz, SRE d'Azzaba