

Faculté des sciences de la Terre
Département de Géologie

Année 2007

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister

Inventaire et Qualité des Eaux des Sources du Parc National d'El Kala (N.Est algérien).

Option
Hydrogéologie

Par
M^r Bentouili M^{ed} Yassine
(Ingénieur d'Etat en Sciences et Techniques de l'Eau.)

DIRECTEUR DU
MEMOIRE :

M^r D. Zouini

M.C. Université Badji Mokhtar-
Annaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Mr Chouabi.A.

M.C. Université Badji Mokhtar-Annaba

EXAMINATEURS : Mr Djabri.L
: Mr Khanchoul.K.

Pr. Université Badji Mokhtar-Annaba
M.C. Université Badji Mokhtar-Annaba

Résumé

Le travail de ce mémoire ayant l'étude d'un système de sources d'eau dans un territoire protégé et classé tel que le Parc National d'El KALA. L'analyse morphostructurale met en évidence la forme cuvette des lacs, sous sol argileux imperméable, couverture végétale dense....avec une lame d'eau précipitée très importante supérieure à 1000 mm/an, ce qui lui confère le caractère de zone humide unique en son genre dans le bassin méditerranéen.

Pour la première fois un inventaire a été dressé et porté sur un support cartographique. Les quelques résultats d'analyse physico-chimique montrent le bon état des eaux à consommer, malheureusement la région est réellement menacée par l'urbanisation anarchique et risque de perdre le statut de réserve protégée, les rejets des eaux domestiques dans les lacs et les cours d'eau, déforestation et absence d'application des textes en vigueur pour une meilleure maîtrise et consommation de cette ressource aussi précieuse dans cet espace protégé pour un développement durable, il est recommandé d'entreprendre et de mettre en œuvre des actions concrètes surtout dans le domaine de traitement des eaux à la sortie des égouts.

Table des matières

Résumé

Dédicace

Remerciement

Introduction Générale	1
Chapitre I Les Caractéristiques naturelles du Parc National d'El Kala	
1. Situation géographique.....	2
2. Les ensembles morpho structuraux naturels.....	4
2.1. Le Relief	4
2.1.1. Le cordon dunaire littoral.....	4
2.1.2. Les plaines sub-littorales.....	5
2.1.3. Les montagnes telliennes.....	5
2.2. Le réseau hydrographique.....	7
3. Les caractéristiques géologiques.....	9
3.1. Caractéristiques stratigraphiques de la région d'El Kala.....	9
3.1.1. Le secondaire.....	9
3.1.2. Tertiaire.....	9
3.1.2. Eocène inférieur.....	9
3.1.3. L'Eocène supérieur.....	10
3.1.4. L'Oligocène.....	10
3.1.5. Le Miopliocène.....	10
3.2. Quaternaire.....	10
3.2.1. Quaternaire ancien.....	10
3.2.2. Quaternaire moyen.....	11
* pléistocène ancien.....	11

*pléistocène moyen.....	11
* pléistocène récent.....	11
3.2.3. Quaternaire récent.....	11
3.2.4. Quaternaire actuel.....	12
3.3. Aperçu Tectonique.....	12
3.4. INTERPRETATION DES COUPES GEOLOGIQUES.....	14
3.4.1. Coupe Géologique dans la Plaine d'El Tarf.....	14
3.4.2. Coupe Géologique dans la Plaine de Bouteldja.....	15
3.4.3. Coupe Géologique dans la Plaine d'Oum Teboul.....	16
Chapitre II Les Caractéristiques Hydroclimatiques	
1 Rappel sur la circulation atmosphérique en extrême Nord- Est algérien	17
2. Analyse statistique des Précipitations annuelles.....	18
2.1 Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss.....	18
2.2 Utilisation du test χ^2 de K. Pearson.....	19
2.3 Détermination des paramètres de tendance centrale et de dispersion.....	20
2.4 Variation inter-annuelle des précipitations.....	22
2.5 Estimation des précipitations annuelles fréquentielles.....	23
2.6 Récurrence des précipitations annuelles.....	26
2.7 Répartitions mensuelles des précipitations.....	27
3 Analyse des facteurs thermiques.....	27
3.1 Les températures	27
3.2 Le Rythme climatique.....	29
3.3 Les vents.....	29
3.4 Humidité relative de l'air.....	30
4. Notion du bilan d'eau.....	34
4.1 L'évapotranspiration réelle « ETR ».....	34
a) Formule de Turc.....	34
b) Formule de Coutagne.....	34
4.2 L'évapotranspiration potentielle.....	35

4.3 Etablissement du bilan d'eau par la méthode de C.W.Thornthwaite.....	36
4.4 Estimation du ruissellement.....	37
4.5 Estimation de l'infiltration I (mm).....	38
4.6. Conclusion.....	40
 Chapitre III Le Parc National d'El Kala (Reserve de la biosphère)	
1 Présentation générale.....	41
2. Limites et contextes géographiques.....	42
2.1. Limites géographiques	42
2.2. Limites administratives	43
3. Les Caractéristiques du Parc National D'El Kala.....	45
3.1. Les lacs.....	45
3.1.1. Le Lac Oubeira.....	45
3.1.2. Le Lac Tonga.....	46
3.1.3. Le Lac Mellah.....	47
3.1.4. Le Lac Bleu.....	47
3.1.5. Les Marais de Bourdim.....	48
3.1.6. Le Lac Noir.....	49
3.1.7. L'Aulnaie d'Ain Khia.....	50
3.1.8. Barrage Mexa.....	51
3.2. La Flore du Parc National d'El Kala.....	51
3.3. La Faune du Parc National d'El Kala.....	53
4. Législation du Parc National d'El Kala.....	55
4.1. Secteurs de gestion.....	56
5. Milieu Humain du Parc National d'El Kala.....	56
5.1. Démographie et répartition de la population.....	56
5.2. Systèmes de production et leurs évolutions.....	59
5.2.1. L'Agriculture.....	59
5.2.2. Elevage et pastoralisme	62
5.2.3. Forêts.....	64
5.2.4. Pêche.....	65
5.2.5. Mines et carrières.....	67
5.2.6. L'Industrie.....	68

5.2.7. Le Tourisme.....	68
5.2.8. L'Artisanat et autre activités traditionnelles.....	69
Chapitre IV Ressources en eau du Parc National d'El Kala	
1. Inventaire des différentes sources du Parc National d'El Kala.....	71
1.1. Matériel et Méthode.....	72
1.2. Evolution des débits des grandes sources.....	76
2. Données des analyses physico-chimiques.....	77
2.1. Etudes des paramètres physiques.....	78
2.1.1. Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	78
2.1.2. La Conductivité Electronique (CE).....	79
2.1.3. La Température.....	80
2.1.4. La turbidité.....	81
2.2. Etude des paramètres chimiques.....	82
2.2.1. Dureté totale (TH °F) ou degré hydrométrique(DHT).....	82
2.2.2. Les ions majeurs	83
2.2.2.1. Calcium (Ca ⁺⁺).....	85
2.2.2.2. Magnésium (Mg ⁺⁺).....	85
2.2.2.3. Sodium	86
2.2.2.5. Chlorures.....	87
2.2.2.6. Sulfates.....	88
2.2.2.7. Nitrates.....	88
2.2.2.8. Bicarbonates.....	89
Origines de la minéralisation observée	90
2.2.3. Eléments polluants	91
2.2.3.1. Le fer.....	91
2.2.3.2. Le Zinc.....	91
3. les ressources en eau souterraine.....	91
3.1. La nappe aquifère d'Oum Teboul.....	92
3.2. La nappe aquifère de Boumalek.....	94
3.2.1. Morphologie de l'aquifère.....	96
3.3. La nappe libre du massif dunaire de Bouteldja : Secteur Bordj Ali Bey.....	97
4. Etablissement des profils hydrogéologiques schématiques.....	97
4.1. La Plaine d'Oum Teboul.....	97

4.2. La Plaine de Boumalek.....	98
4.3. La nappe libre du Massif Dunaire de Bouteldja : Secteur Bordj Ali Bey.....	99
5. Chimie des eaux des nappes aquifères.....	101
5.1. Nappe aquifère d'Oum Teboul.....	101
5.1.1. Hautes eaux (Mai 2004).....	101
5.1.2. Basses eaux (Septembre 2004).....	101
5.2. Nappe aquifère de Boumalek.....	101
5.2.2. Basses eaux (Septembre 2004).....	101

Chapitre V Essai d'évaluation des menaces sur les ressources en eau dans le Parc En tant que réserve de la Biosphère

Problèmes des rejets directs des eaux urbaines.....	105
Menace d'origine agricole.....	107
2.1. Les Nitrates NO ₃	108
2.2. L'ammonium (NH ₄).....	108
3. Menace sur le couvert végétal protecteur du milieu.....	109
4. Urbanisation des communes du Parc.....	110
5. Cadre législation et non application des textes qui régissent le Parc National d'El Kala.....	110
5.1. Cadre législatif.....	110
5.1.1. La non application de la réglementation.....	110
5.2. Le vide juridique	112
Conclusion générale.....	113

Références bibliographiques.

Annexes.

Liste des tableaux

Tab.1. 1 : Principaux cours d'eau du Parc National d'El Kala.....	7
Tab.2.1. Caractéristiques des deux stations météorologiques du Parc National d'El Kala (Météo et ANRH).....	17
Tab.2.2. Caractérisation de l'adéquation.....	19
Tab.2.3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion (1967/68-1997/98).....	21
Tab.2.4. Ecart à la normale du cycle le plus pluvieux et le plus sec.....	22
Tab.2.5. Précipitations annuelles fréquentielles.....	26
Tab.2.6. Récurrence des précipitations annuelles extrêmes.....	26
Tab.2.7. Valeurs du coefficient d'aridité pour les deux stations El-Kala, Ain Assel Période (1967/68 – 1997/98)	28
Tab.2.8. Températures moyennes mensuelles en °C.....	28
Tab.2.9. Moyennes mensuelles des vitesses du vent d'El Kala (1984-1990).....	30
Tab.2.10. Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station d'El Kala (1984-85 / 1997/98).....	30
Tab.2.11. Calcul de l'ETR en (mm).....	34
Tab.2.12. Evaporation Potentielle calculée aux Stations d'El-Kala et d'Ain Assel.....	35
Tab.2.13. Bilan d'eau de hornthwaite à la station d'El Kala (1967/68- 1997/98)(Météo).	36
Tab.2.14. Tableau récapitulatif des termes annuels du bilan d'eau.....	37
Tab.2.15. Quantités d'eau de ruissellement.....	37
Tab.2.16. Quantités d'eau d'Infiltration.....	40
Tab.3.1. Flore du Parc National d'El Kala rare ou protégée.....	52
Tab.3.2. Faune du Parc National d'El Kala rare ou protégée.....	53
Tab.3.3. Evaluation de la Faune du Parc par rapport à la faune à l'échelle nationale.....	55
Tab.3.4 Répartition de la population résidente par commune en 2005 du PNEK (Source DPAT El Tarf 2004).....	57
Tab.3.5. Répartition agricole de la zone d'El Kala (Campagne 1999-2000 ; 2000-2001 ; 2001-2002).....	59
Tab.3.6. Pourcentages des terres cultivées par communes (Campagne 1999-2000, 2000-2001, 2001-2002).....	60
Tab.3.7. Recensement du BNEDER et comparés aux chiffres cités par le rapport des	61

cadres de l'agriculture.....	
Tab.3.8. Tableau des effectifs de bovins, ovins et caprins.....	63
Tab.3.9. pêches de poisson et de corail pour l'année 2000.....	66
Tab.4.1. Inventaire des différentes sources avec dénomination et coordonnées.....	73
Tab.4.2. Classification des eaux d'après leur pH.....	78
Tab.4.3. Classes de turbidité usuelle (NTU, nephelometric turbidity unit).....	81
Tab.4.4. Paramètres statistiques des éléments physicochimiques des eaux des sources « 2006 ».....	83
Tab.5.1. Grille de qualité des eaux en phosphate- (ANRH- Alger 2001).....	108
Tab.5.2. Grille de qualité des eaux en nitrate- (ANRH- Alger 2001).....	108
Tab.5.3. Grille de qualité des eaux en ammonium- (ANRH- Alger 2001).....	108
Tab.5.4. Principaux insectes ravageurs dans le Parc National.....	109

Liste des figures

Fig.1.1. situation et limites de l'aire du Parc National d'El Kala.....	3
Fig.1.2. Carte des pentes du Parc National d'El Kala.....	
Fig.1.3. Réseau Hydrographique du Parc National D'El Kala.....	8
Fig.1.4. Extrait de la carte géologique régionale de J.M.Vila(1980).....	13
Fig.1.5. Coupe géologique schématique à travers la plaine d'El Tarf	14
Fig.1.6. Coupe géologique schématique à travers la plaine de Bouteldja	15
Fig.1.7. Coupe géologique schématique à travers la plaine d'Oum Teboul	16
Fig.2.1.Ajustement graphique à une loi de Gauss des hauteurs annuelles de précipitations de la station d'El Kala (Période 1967/68 – 1997/98).....	20
Fig.2.2. Ajustement graphique à une loi de Gauss des hauteurs annuelles de précipitations de la station d'Ain Assel (Période 1967/68 – 1997/98).....	21
Fig.2.3. Evolution pluriannuelle des précipitations (1967/68- 1997/98) à la station d'El Kala (Météo).....	24
Fig.2.4. Evolution pluriannuelle des précipitations (1967/68- 1997/98) à la station de Ain Assel (ANRH).....	25
Fig.2.5. Répartition des précipitations mensuelles des stations El Kala et Ain Assel (Période de 1967/68 – 1997/98).....	31
Fig.2.6. Diagramme ombrothérmiq ue de la station d'El Kala (1967/68 – 1997/98). Météo.	32
Fig.2.7. Diagramme ombrothérmiq ue de la station de Ain Assel (1967/68 – 1997/98) ANRH.....	33
Fig.2.8. Bilan d'eau de C. Thornthwaite, station d'El Kala (1967/68 – 1997/98).....	39
Fig.3.1. limites administratives du Parc National d'El Kala dans le territoire de la wilaya d'El Tarf.....	44
Fig3.2. Vue du lac Oubeira.....	45
Fig.3.3. Vue du lac Tonga.....	46
Fig.3.4. Vue du lac Mellah.....	47
Fig.3.5. Vue du lac Bleu.....	48
Fig.3.6. Vue des Marais de Bourdim.....	48
Fig.3.7. Vue du lac Bleu ou milieu des dunes.....	49

Fig.3.8. Vue de L'aulnaie d'Ain Khiaar.....	50
Fig.3.9. Vue d'Ouest du barrage Mexa.....	51
Fig.3.10. Relation existante entre la population, la superficie et la densité.....	58
Fig.3.11. Carte de couverture végétale de la wilaya d'El Tarf.....	65
Fig.4.1. Carte d'inventaire des différentes sources.....	75
Fig.4.2. Evolution des débits des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	76
Fig.4.3. Evolution du pH des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	79
Fig.4.4. Evolution des conductivités des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	80
Fig.4.5. Evolution de la température des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	80
Fig.4.6. Evolution de la turbidité des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	81
Fig.4.7. Evolution de la dureté totale des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	83
Fig.4.8. Diagramme de Stiff.....	84
Fig.4.9. Evolution du calcium des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	85
Fig.4.10. Evolution du Magnésium des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	86
Fig.4.11. Evolution du Sodium des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	87
Fig.4.12. Evolution des Chlorures des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	87
Fig.4.13. Evolution des Sulfates des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	88
Fig.4.14. Evolution des Nitrates des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	89
Fig.4.15. Evolution des Bicarbonates des eaux des sources du Parc National d'El Kala.....	90
Fig.4.16. Profil hydrogéologique schématique à travers la plaine d'Oum Teboul.....	98
Fig.4.17. Profil hydrogéologique schématique à travers la plaine de Boumalek.....	99
Fig.4.18. Profil hydrogéologique schématique à travers les dépôts sableux de Bouteldja dans le secteur de Bordj Ali Bey.....	100
Fig.4.19. Diagramme de Piper « Hautes eaux (Mai 1992) » Plaine d'Oum Teboul.....	102
Fig.4.20. Diagramme de Piper « Basses eaux (Mai 1992) » Plaine d'Oum Teboul.....	103
Fig.4.21. Diagramme de Piper « Basses eaux (Septembre 2004) » Plaine de Boumalek.....	104
Fig.5.1. Carte des rejets urbains.....	106

Les sources d'eau du Parc National d'El Kala ont fait l'objet de notre choix d'étude car depuis ces fontaines naturelles n'ont fait l'objet d'un inventaire ni d'une étude complète.

La matière de ce mémoire a été élaborée et travaillée au cours de deux années avec de nombreuses sorties sur terrain à travers le territoire du Parc en compagnie des agents du Parc et ceux de la direction d'hydraulique de la wilaya d'El Tarf.

En somme, notre but dans cette étude est de dresser pour la première fois un inventaire complet des sources, leur qualité ainsi que les ressources en eau souterraine et de surface présentes à partir des données climatiques, hydrogéologiques..... malgré leur insuffisance.

L'autre aspect est celui de voir l'action anthropique sur un milieu encore vierge épargné des pollutions tel que le Parc National d'El Kala, réserve de la biosphère.

Nous avons organisé notre travail en cinq (05) chapitres. Le premier consacré aux caractéristiques naturelles (Cadre géographique, morphologique, géologique.....). Il sert en quelque sorte d'introduction à l'étude. Le second chapitre concerne l'analyse des caractéristiques climatiques et pluviométriques génératrices de la ressource en eau. Le troisième chapitre traite du statut du Parc National, son cadre socio-économique et sa biodiversité unique en Algérie et dans le bassin méditerranéen.

Un quatrième chapitre relatif à la mise en œuvre d'un inventaire complet des différentes sources et leur qualité sans oublier tout le système aquifère à travers le territoire du Parc.

Nous nous efforcerons de faire une certaine liaison entre aquifère et source si elle existe. En fin un cinquième chapitre où nous essayons de dresser l'état des différents impacts et menaces sur le milieu encore épargné des pollutions.

1. Situation géographique

Le Parc National d'EL KALA est situé à l'extrême Nord-est algérien, il est intégralement inclus dans la Wilaya d'EL TARF. Correspondant presque au tiers de la superficie globale de son territoire.

Il est limité :

- Au Nord, par la mer Méditerranée.
- Au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda.
- A l'Est, par la frontière Algéro-tunisienne.
- A l'Ouest, par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba.

Ses coordonnées géographiques sont : 36°52 Nord et 8°27 longitudes au niveau de la ville d'El Kala.

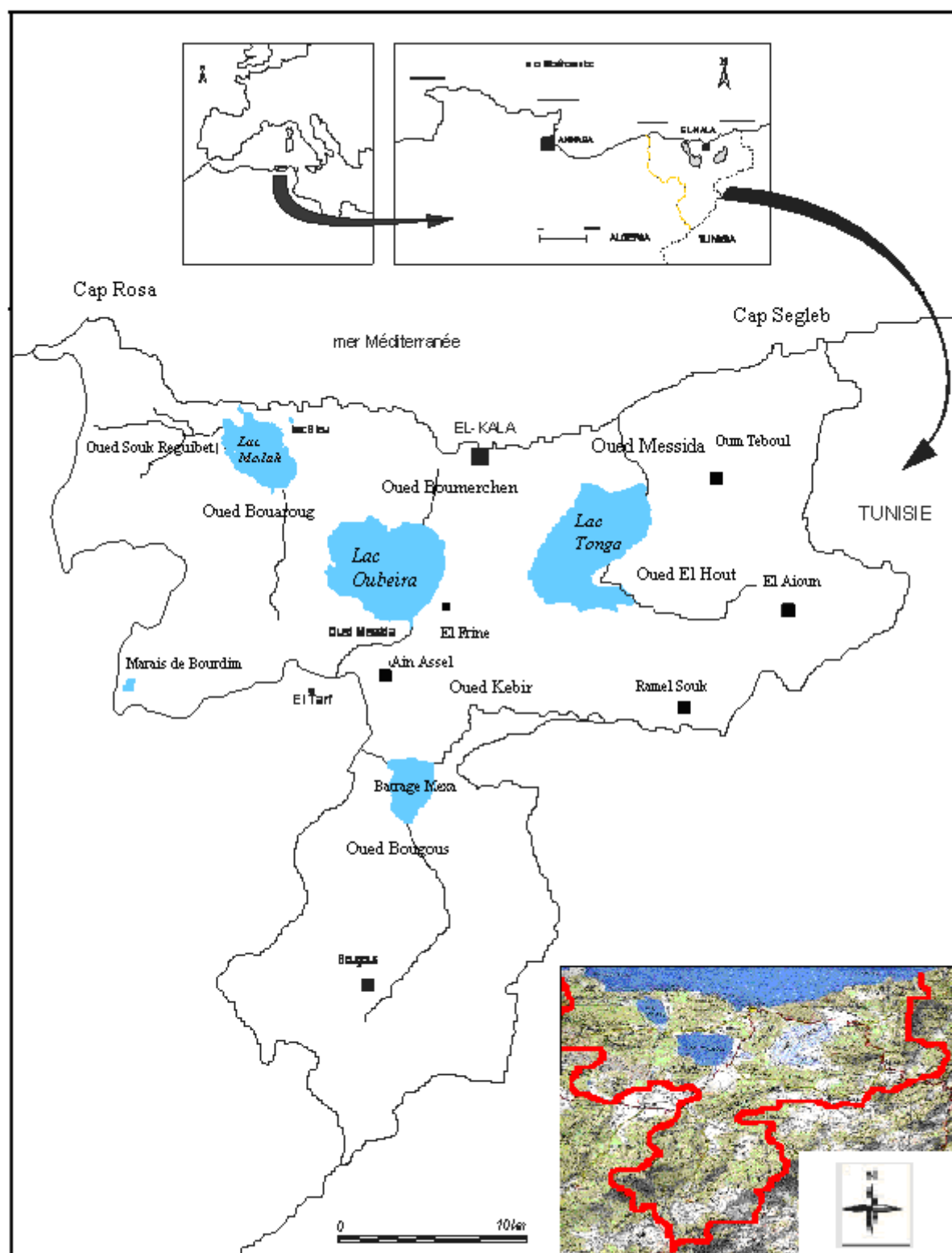


Fig.1.1. Situation et limites géographiques de l'aire du Parc National d'El Kala.

2. Les ensembles morpho structuraux naturels

2.1. Le Relief

Le relief du Parc National d'El Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres et des hautes collines de forme variées. Ainsi, on distingue du littoral vers le sud, des formations collinaires basses (dunaires ou non) de 30 à 310 m de haut (Djebel Koursi) avec une moyenne de 100 m de haut, ces collines se prolongent sur 15 km vers le sud et s'interrompent au niveau de la vallée de l'oued Kébir, de grandes dépressions inter collinaires hébergent dans cet ensemble les principaux lacs Tonga, Oubeira et Mellah. Au Sud le relief passe en moins de 40 km de 0 à 1200 m d'altitude (Djebel Ghorra). On distingue les différentes unités morphostructurales suivantes :

2.1.1. Le cordon dunaire littoral

Le cordon dunaire littoral s'étend sur une longueur de 40 Km d'Ouest en Est, et se prolonge vers le Sud jusqu'au pied de Djebel Segleb, formé essentiellement de sable quaternaire. Quatre niveaux de formations dunaires peuvent être identifiés, en se dirigeant du littoral vers l'intérieur des terres :

- Les plages à sable blanc ;
- Les dunes littorales dont la partie occidentale vers Bordj Ali Bey ;
- Les dunes sub-littorales à sable gris à l'Est ;
- Les dunes intérieures à sable rouge dont la couleur est due aux dépôts de fer plus à l'Est.

Tout le système dunaire est fixé par une végétation entretenue par une ressource en eau de surface et souterraine considérable (système de nappes libres dans les dunes).

Les dunes mortes ou fixes sont les plus anciennes donc les plus éloignées du rivage. Elles sont fixées par une végétation dense (chêne Kermès, maquis ...) bien stabilisées, même en cas de destruction du couvert végétal par le feu.

Les principales dunes sont celles de Cap Rosa, de Mezira, et de la Messida.

2.1.2. Les plaines sub-littorales

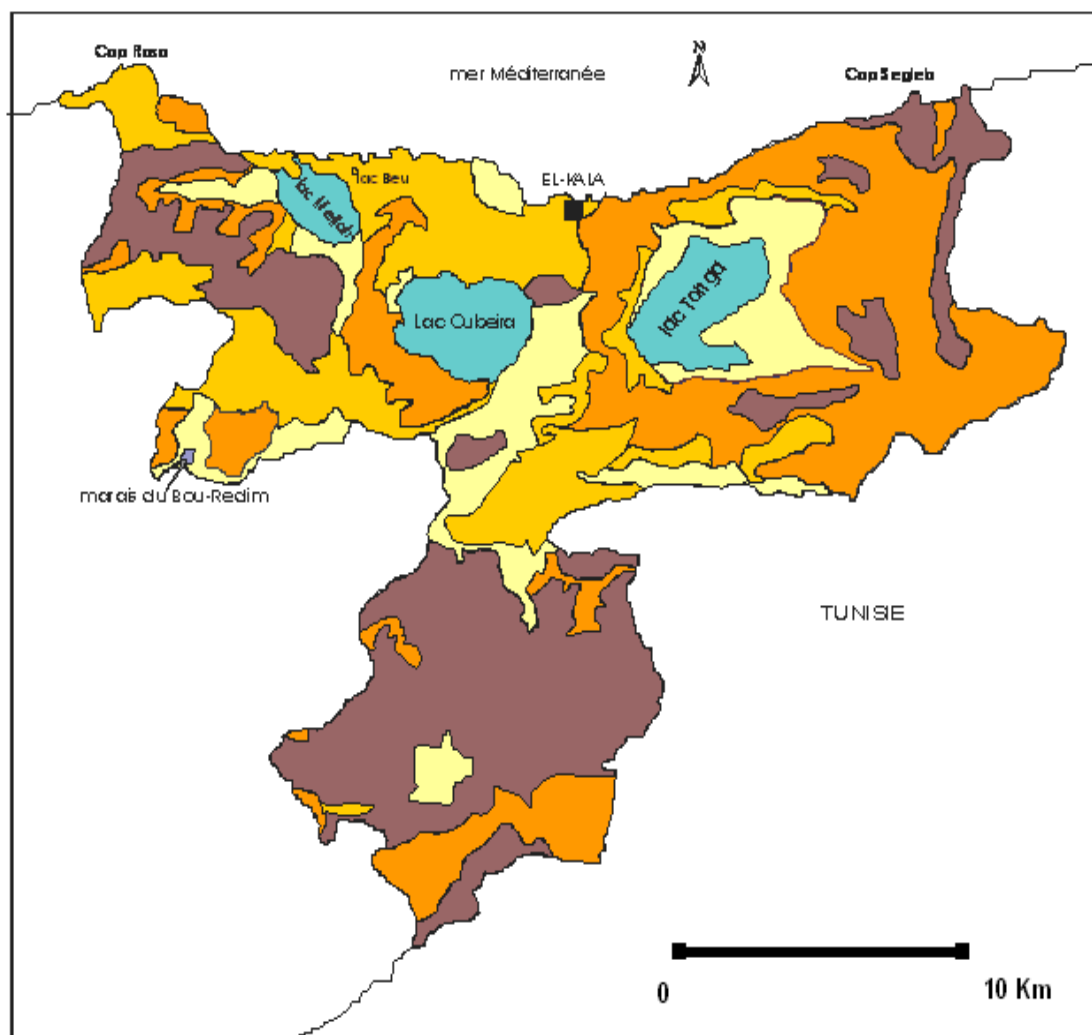
Elles présentent un relief plat à ondulé et occupent environ 40% du territoire de la région d'El Kala. Au Nord, elles sont caractérisées par les alluvions et permettent des cultures très variées. Au Sud, elles se réduisent à une série de petites vallées drainant les affluents d'oued Kébir-Est. Dans la partie Nord, on rencontre une multitude de cuvettes et de dépressions inter-collinaires occupées par des lacs et des étangs de toutes tailles. L'altitude ne dépasse pas les 300 mètres.

La plaine d'Oum Teboul à l'Est et celle de Boumalek à l'Ouest sont les plus importantes. Ces dépressions en relation avec les dunes littorales présentent un intérêt hydrogéologique considérable, d'ailleurs leurs réserves alimentent en eau potable les collectivités d'Oum Teboul, El Gantra El Hamra, Boumalek....etc.

2.1.3. Les montagnes telliennes

Une partie du versant Nord des monts d'El Kala s'élève pour atteindre une altitude moyenne de 1100 mètres. Les monts, dont les lignes de crêtes sont approximativement orientées Ouest, Sud-ouest – Est, Nord-est, ont subi des phénomènes de torsion qui ont brutalement changé leur direction générale vers le Nord-est. Des prolongements vers la mer de ce mouvement du relief sont observés en deux points particuliers : le Cap Rosa et le Cap Segleb.

En effet, le relief se caractérise par un pendage important : 09% de pentes faibles, 11% moyennes, 80% fortes à très fortes, ce qui constitue exceptionnellement un paysage montagneux fortement parcouru par un réseau hydrographique bien développé en altitude pour acheminer ses eaux vers le domaine des plaines au Nord.

Fig.1.2. Carte des pentes du Parc National d'El Kala

- | | |
|--|--|
| | Pente de 0 à 3 % (Plaine et plateau) |
| | Pente de 3 à 12.5 % (Bas piémont) |
| | Pente de 12.5 à 25 % (Haut piémont) |
| | Pente > à 25 % (Montagne) |

2.2. Le réseau hydrographique

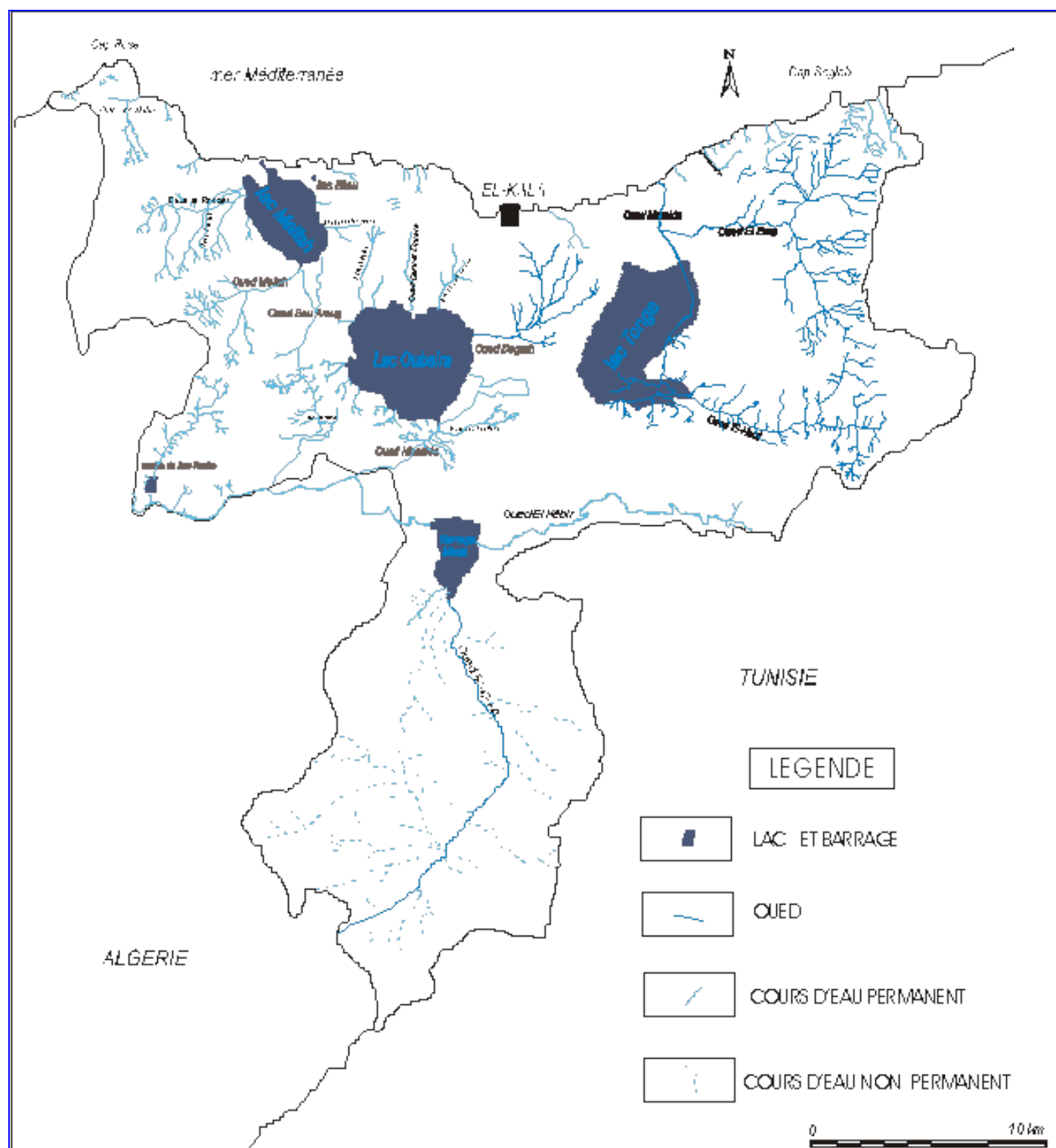
La configuration du terrain de la région d'El-Kala détermine trois systèmes d'organisation hydrographiques:

- la partie Sud-est est drainée par trois Oueds : l'Oued Bougous, Ballouta et El Kebir. Ce dernier constitue le collecteur principal (Apports de 245 Hm³/an); il alimente les nappes alluviales et dunaires et lors des crues, on assiste à la mise en eau des dépressions interdunaires ;
- La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit, ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul ;
- La partie ouest est également parcourue par de nombreux oueds (El-Aroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...), qui se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira.

Tab.1. 1 : Principaux cours d'eau du Parc National d'El Kala.

Principaux Oueds	Longueur (Km)	Exutoire
Oued Reguibet	8	Mellah
Oued Nhal	3,5	Plage Cap Rosa
Oued Mellah	7	Mellah
Oued El-Aroug	5	Mellah
Demat Rihane	1,5	Oubeira
Boumerchen	2	Oubeira
Dai El-Graa	5	Oubeira
El-Aroug	10	Tonga
El-Hout	14	Tonga
Bougous	24	Mexa
Sbaa	4	Oued El-Kebir
Bouredim	5	Bouredim
Messida	10	Oubeira - El Kebir
El-Kebir	35	Mafrag

Fig.1.3. Réseau Hydrographique du Parc National D'El Kala



3. Les caractéristiques géologiques

Les études géologiques et géomorphologiques de la région d'Annaba/El Kala faites par L.Joleaud en 1936, Alain Marre en 1987 et J.M.Vila en 1980 montrent que cette dernière présente des séries sédimentaires.

3.1. Caractéristiques stratigraphiques de la région d'El Kala :

La région fait partie du domaine tellien de la zone Extrême Orientale d'Algérie. Les terrains géologiques essentiels rencontrés sont :

3.1.1. Le secondaire

Cet étage est caractérisé par des formations schisteuses plus ou moins argileuses de couleur bleue ardoise avec des passages calcaireux et une microfaune d'âge Sénonien supérieur. Ces formations affleurent en plusieurs endroits surtout dans la forêt de Djebel Ghorra (Menzel beldi), sur la rive Ouest du lac Tonga (Daia Zitoune) et à El-Aïoun au lieu dit Oued Djenan.

3.1.2. Tertiaire

Il est défini par des formations grés-argileuses Numidiennes couvrants d'ouest en Est particulièrement la barrière montagneuse du Sud des monts de Cheffia et des monts d'El Kala.

Les argiles forment le substratum général de la région, d'ailleurs elles assurent l'étanchéité totale. Les bancs des grés peuvent atteindre les 50 m d'épaisseur.

On distingue :

3.1.2. Eocène inférieur

Il affleure en une série transgressive des calcaires marneux à Silex ou à bitume.

3.1.3. L'Eocène supérieur

Il est caractérisé par des formations argileuses du Numidien de couleur rouge ou grise. Parfois sur la base vert à brunâtre d'où le nom des flyschs type Numidien limitant les alluvions des oueds avec des intercalations des bancs gréseux.

3.1.4. L'Oligocène

Il est représenté par des argiles surmontées par des grés Numidiens avec des intercalations des petits bancs de grés quartzeux qui se définissent sur tout les reliefs des collines du flanc sud de la plaine d'El-Tarf et limitent les alluvions des oueds.

3.1.5. Le Miopliocène

Il définit essentiellement le remplissage des fossés d'effondrement d'El Tarf et de Bouteldja, comme il se développe bien dans la cuvette de la Cheffia et autour du village d'Ain Karma. Il est constitué par des sables, des conglomérats et des argiles rouges et grises.

3.2. Quaternaire

Il se définit par des alluvions qui affleurent en éboulis de pente résultant des phénomènes successifs d'érosions , d'altération , de transports et de dépôts des éboulis du grés Numidien ou des limons , sables sur les rives des oueds, les estuaires et les lacs.

3.2.1. Quaternaire ancien

Il caractérise les plaines de la région qui sont une vaste zone d'épandage de l'oued Bou Namoussa et El- Kebir Est. Il est marqué par un affaissement du littoral correspondant aux alluvions sableuses rencontrées dans les terrasses moyennes alluvionnaires situées au sud Ouest de Bouteldja et au centre de la plaine d'El-Tarf/Ain Assel.

3.2.2. Quaternaire moyen

Il est présent le long des versants des oueds, défini généralement par des matériaux alluvionnaires, des limons et des cailloux. On distingue :

*** pléistocène ancien :**

Il définit les hautes terrasses et se caractérise par des formations alluvionnaires avec des cailloux roulés et des blocs de grès Numidiens enrobés ensemble dans une matrice argileuse plus ou moins épaisse.

*** pléistocène moyen :**

Il correspond aux moyennes terrasses qui traversent la région d'El-Tarf jusqu'à Ain El Assel et parfois les rives de l'oued El-Kebir Est et qui sont constituées de cailloux roulés, de sables et de limons.

*** pléistocène récent :**

Le pléistocène récent correspond aux basses terrasses, aux versants des oueds et présente un grano-classement naturel défini par les galets à la base, surmontées par les graviers et à la surface se trouvent les sables et les limons jouant le rôle de couverture et de toit pour les aquifères présents.

3.2.3. Quaternaire récent

Il correspond aux dépôts alluvionnaires, sables cailloux et limons fins avec dominance d'argiles parfois canalisant ainsi les lits des oueds.

Il caractérise la lagune marine du lac Mellah et les deux autres dépressions marécageuses le lac Oubeira et le lac Tonga ainsi que les dunes littorales par des formations sableuses.

3.2.4. Quaternaire actuel

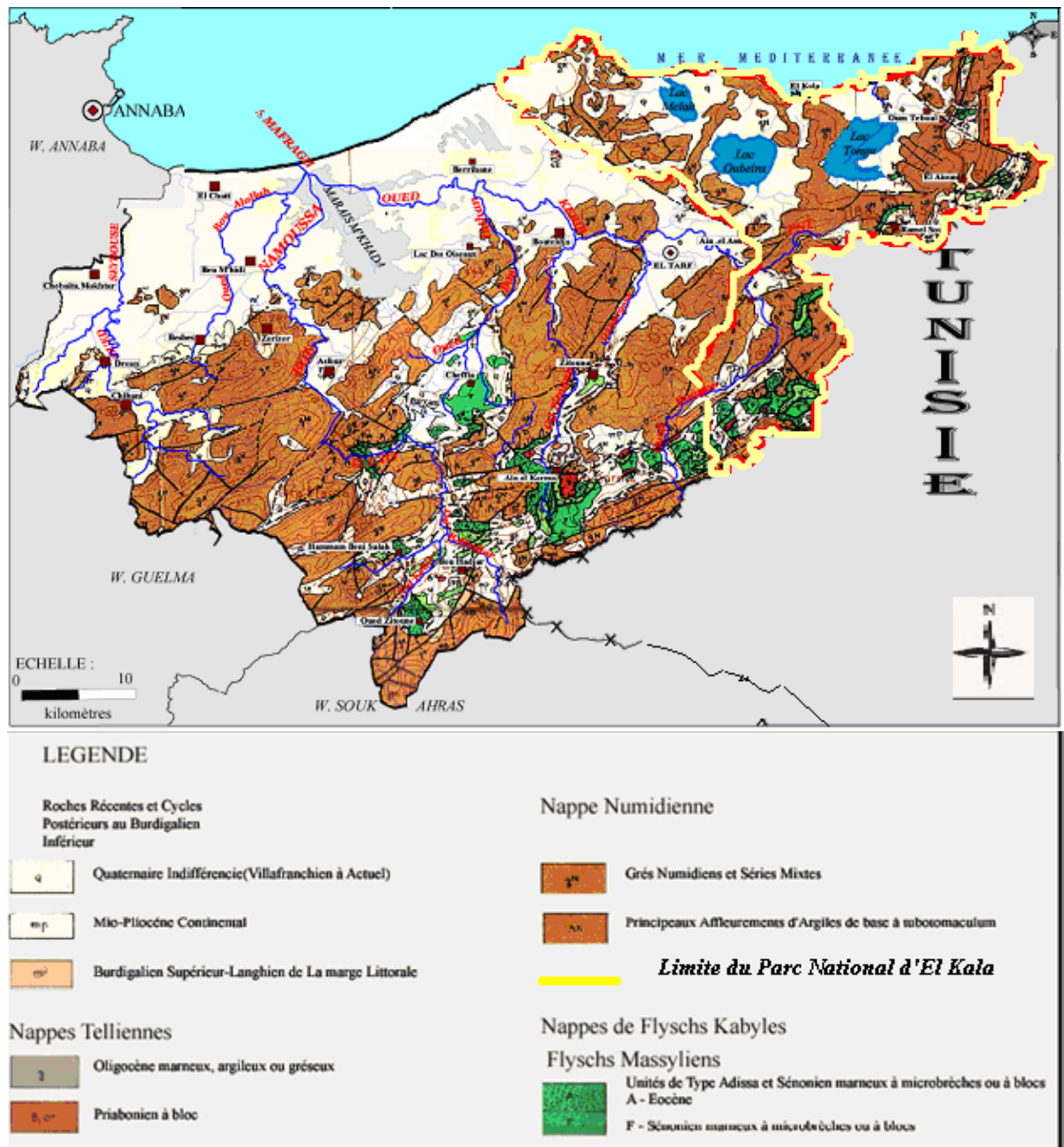
Il est défini par les dépôts alluvionnaires (sables, cailloux....) qui constituent les lits des oueds avec des sables arables et les plages actuelles avec des sables marins. Les marécages et les garaas temporaires appartiennent également au quaternaire actuel marno-argileux d'âge aquitanien à l'exception des calcaires nummulitique à l'extrême sud Est. Au niveau du kef Chammam des argiles sableuses du Pontien affleurent et reposent sur des bancs de grès Numidiens du Burdigalien tandis que la dépression du lac Tonga son fond est occupé par des formations lacustres quaternaires.

3.3. Aperçu Tectonique

Les anciens accidents tectoniques ont créés des subsidences comme la plaine de Annaba. La mer a pu pénétrer dans ces régions littorales pendant tout le néogène et jusqu'à l'heure actuelle (Lac Mellah).

Dans cette région la tectonique verticale post-nappes a été moins active. En effet, les grands accidents néotectoniques n'existent plus. De ce fait, seule la nappe numidienne affleure avec quelques rares fenêtres, les flyschs mauritaniens. Toutes les autres séries restent en profondeur expliquant ainsi la grande monotonie lithologique.

Fig.1.4. Extrait de la carte géologique régionale de J.M.Vila(1980)

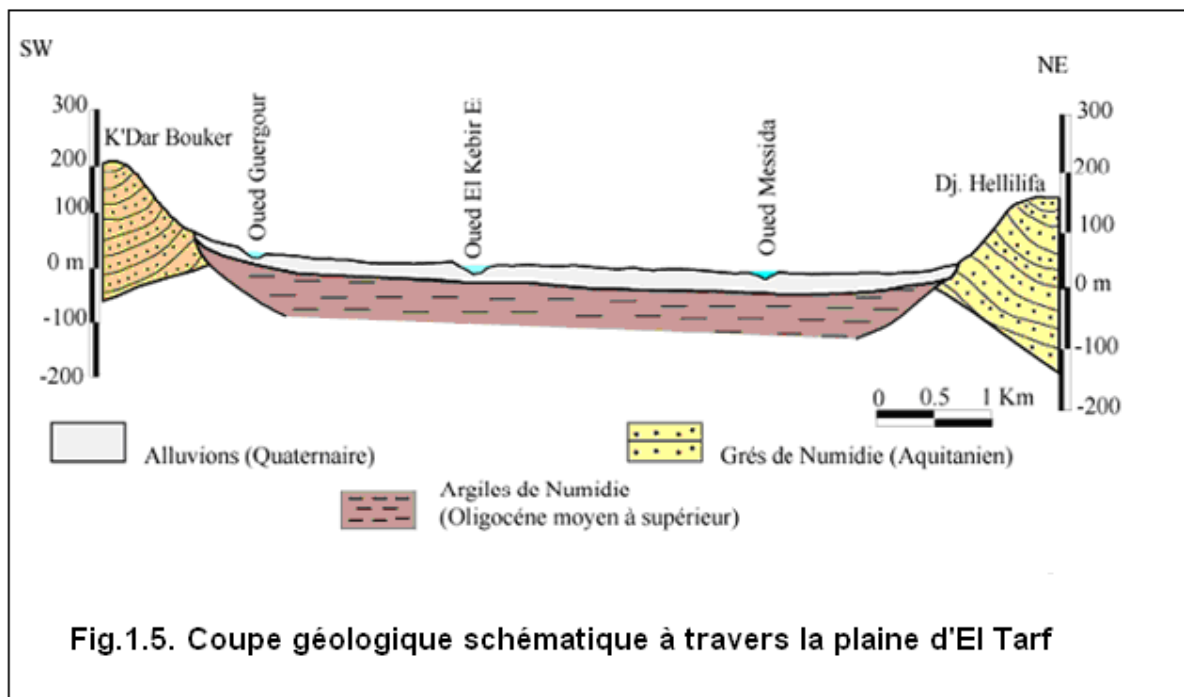


3.4. INTERPRETATION DES COUPES GEOLOGIQUES :

Elles ont été établies pour mieux visualiser la succession des couches géologiques.

3.4.1. Coupe Géologique dans la Plaine d'El Tarf

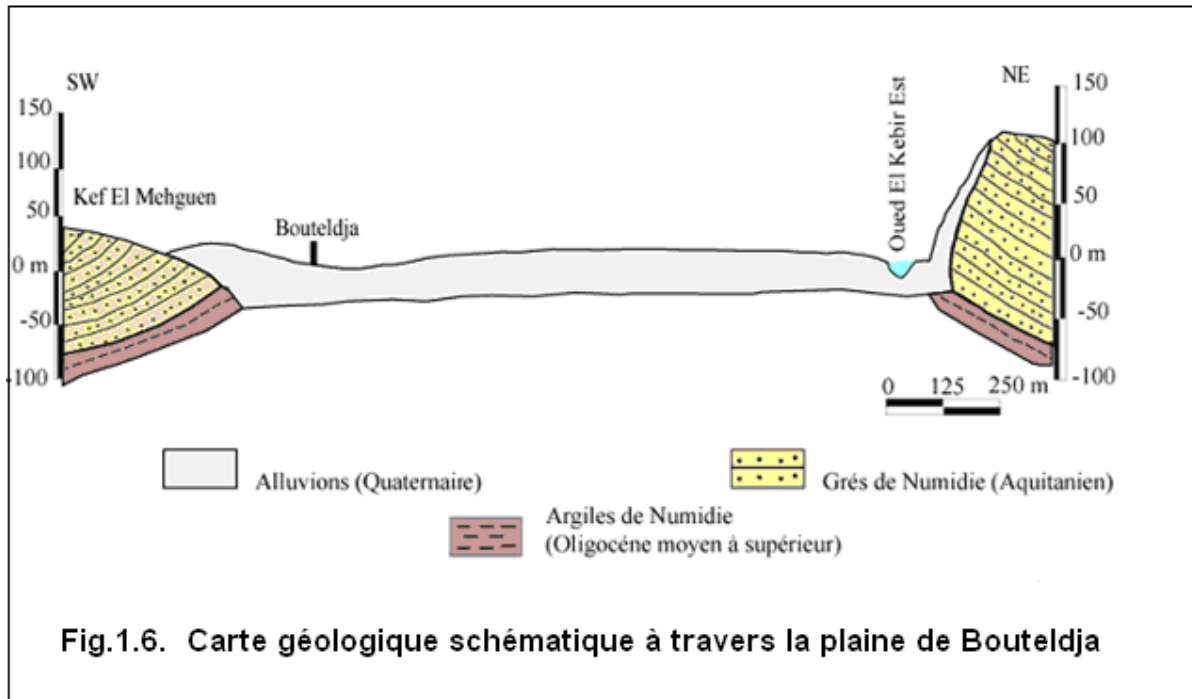
C'est une coupe effectuée dans la plaine d'El Tarf de direction Est-Ouest; la structure est très complexe le nummulitique représenté par la nappe numidienne constituée par les argiles d'âge Oligocène moyenne et supérieure et des grés qui sont datés de l'Aquitanién



Ces formations argilo-gréseuses constituent le substratum général de la plaine dont les grés forment des synclinaux perchés; alors que les argiles constituent des anticlinaux intermédiaires remplis d'alluvions d'âge Quaternaire qui sont d'intérêt hydrogéologique important.

3.4.2. Coupe Géologique dans la Plaine de Bouteldja

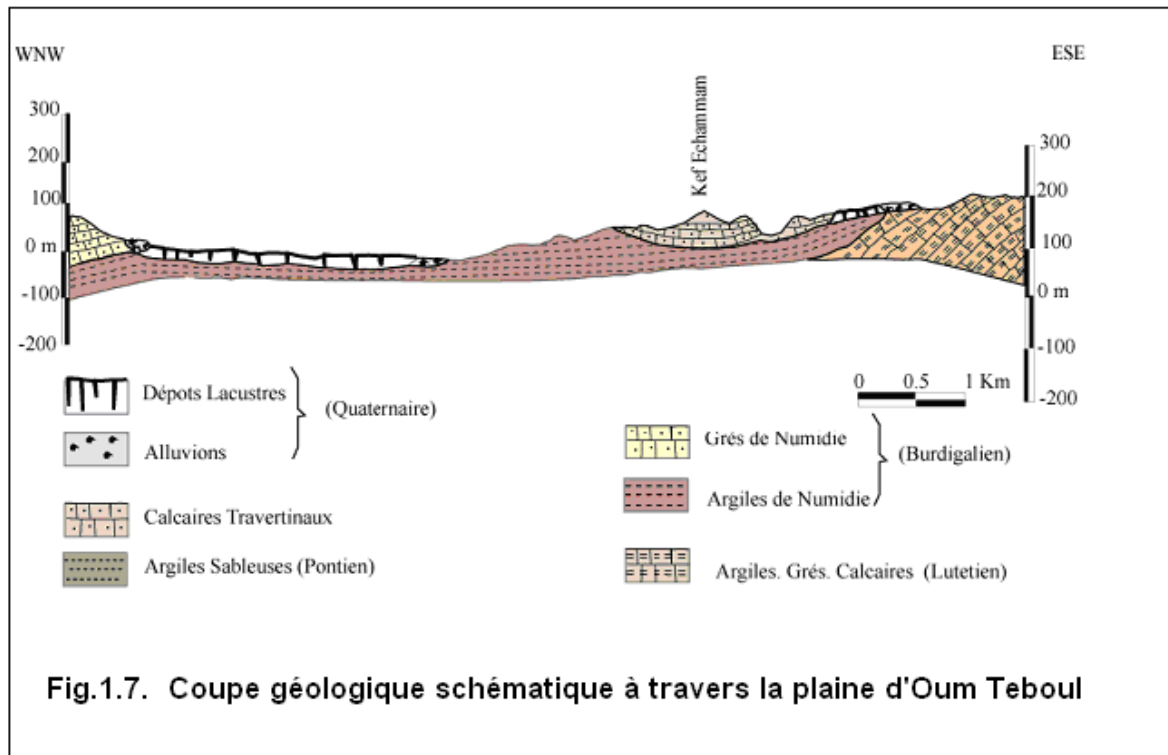
Elle montre une dépression entre les collines (Koudiet Echmanit) au Nord-est et (Koudiet El Mouhguen) au Sud-ouest (Fig.1.6.).



Les reliefs sont formés par les grès numidiens et subissent le même pendage. La couverture de la dépression est constituée essentiellement par les dépôts des formations voisines ; il s'agit d'alluvions de remplissage d'âge Quaternaire.

3.4.3. Coupe Géologique dans la Plaine d'Oum Teboul

Elle traverse la plaine d'Oum Teboul d'orientation Ouest-Nord/Ouest-Est Sud-est ; elle montre que toutes les couches géologiques reposent sur un fond marno-argileux d'âge Aquitanien à l'exception des calcaires nummulitiques situés à l'extrême Sud-est



Le fond du lac Tonga est occupé par des formations lacustres Quaternaires. Au niveau de Kef Chemmam, on note l'affleurement des argiles sableuses qui reposent sur des bancs de grès numidiens respectivement d'âge Pontien et Burdigalien.

L'étude hydroclimatique traite les données d'observations climatiques et pluviométriques car ces derniers sont à l'origine des ressources en eau de surface et souterraine.

Les conditions climatiques, plus que d'autres facteurs régissent l'écoulement de surface à l'échelle du bassin versant.

La région d'El Kala se situe le long du littoral et fait partie des régions les plus arrosées du Nord-est algérien.

Le climat d'El Kala est du type méditerranéen humide, caractérisé par deux saisons de six mois chacune.

Le territoire du Parc National d'El Kala est représenté par deux stations météorologiques l'une au littoral celle d'El Kala et l'autre dans le secteur Sud marquée par la station d'Ain-Assel.

**Tab.2.1. Caractéristiques des deux stations météorologiques
Du Parc National d'El Kala (Météo et ANRH)**

Stations	X	y	Z (m)	Série d'observation
El Kala	8°27'	36°54'	10	1967/68-1997/98
Ain Assel	8°20'	36°50'	36	1967/68-1997/98

1 Rappel sur la circulation atmosphérique en extrême Nord- Est algérien

Les données fragmentaires sur le climat de la région ne permettent malheureusement pas de dresser un tableau détaillé des conditions climatiques qui y règnent. El Kala, une des régions les plus arrosées d'Algérie, se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux à la limite de l'étage humide. Elle reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 800 mm et un maximum de 1200 mm. Les vents dominants du Nord-Ouest, avec une vitesse moyenne variant de 2,18 à 3,78 m/s, apportent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique. A l'opposé le Sirocco qui souffle principalement en été venant du Sud-Est assèche l'atmosphère et favorise, avec les températures élevées, les incendies de forêts.

L'évapotranspiration réelle atteint 514 mm/an et l'évapotranspiration potentielle est d'une moyenne de 893 mm/an. En effet, dans une région où les reliefs jouent selon leur position, le

rôle d'ombre ou d'aimant pluviométrique où les zones humides en tamponnant localement l'atmosphère, la plus petite variation du facteur limitant que constitue l'humidité se répercute immédiatement sur la végétation, il est nettement insuffisant de n'avoir à sa disposition que des données très fragmentaires. Nous nous contenterons donc de dresser un tableau, des différentes caractéristiques climatiques.

2. Analyse statistique des Précipitations annuelles

En effet, les précipitations agissent directement sur les eaux de surface et notamment l'alimentation des réserves souterraines.

Il apparaît indispensable de faire ressortir les caractères généraux des précipitations et leur influence sur l'écoulement, vu le rôle important qu'elles peuvent jouer sur le régime des cours d'eau.

2.1 Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss

Dans cette étude, on a adopté la loi de Gauss pour procéder à la vérification graphique de la bonne adéquation des valeurs observées.

Cette loi est définie par la fonction de répartition suivante

$$F(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^U e^{-\frac{1}{2}U^2} dU$$

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\sigma_x}$$

Avec : $U = \frac{X - \bar{X}}{\sigma_x}$ (U : Variable réduite de Gauss)

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$F = \frac{i-0.5}{n}$$

(F : Fréquence) où I: rang et n : taille de l'échantillon

Le report des points figuratifs des précipitations annuelles des deux stations pluviométriques (fig.2.1 ; 2.2.) montre un alignement des points selon une droite théorique qui traduit la bonne adéquation de la loi normale.

2.2 Utilisation du test χ^2 de K. Pearson

Le test du χ^2 a été utilisé afin de vérifier la bonne adéquation de l'ajustement à la loi normale pour les deux postes pluviométriques. Nous avons :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - N_i')^2}{N_i'}$$

Défini par un degré de liberté $Y = K - P - 1$

Où : K : nombre de classes

P : Nombre de paramètres ajustés (moyenne et écart type)

N_i : effectif réel.

N_i' : effectif théorique.

La répartition des précipitations annuelles en classes et calculs des χ^2 figurent dans le tableau **A.1 (annexe)**.

Le tableau.2.2 montre qu'il y a plus de 10% de chance de dépasser les valeurs calculées de χ^2 pour les deux stations étudiées, ce qui indique la bonne adéquation ainsi que la possibilité de l'application de la loi normale.

Tab.2.2. Caractérisation de l'adéquation

Paramètres Stations	χ^2 calculé	Degré de Liberté Y	Probabilité	χ^2théorique (table)	Adéquation
El-Kala	3.00	2	10%	4.61	Bonne
Ain Assel	2.67	2	10%	4.61	Bonne

2.3 Détermination des paramètres de tendance centrale et de dispersion

Les paramètres de tendance et de dispersion figurent dans le tableau.2.3 .Par ailleurs nous constatons une augmentation des précipitations du Nord au Sud.

Fig.2.1. Ajustement graphique à une loi de Gauss des hauteurs annuelles de précipitations de la station d'El Kala (Période 1967/68 – 1997/98)

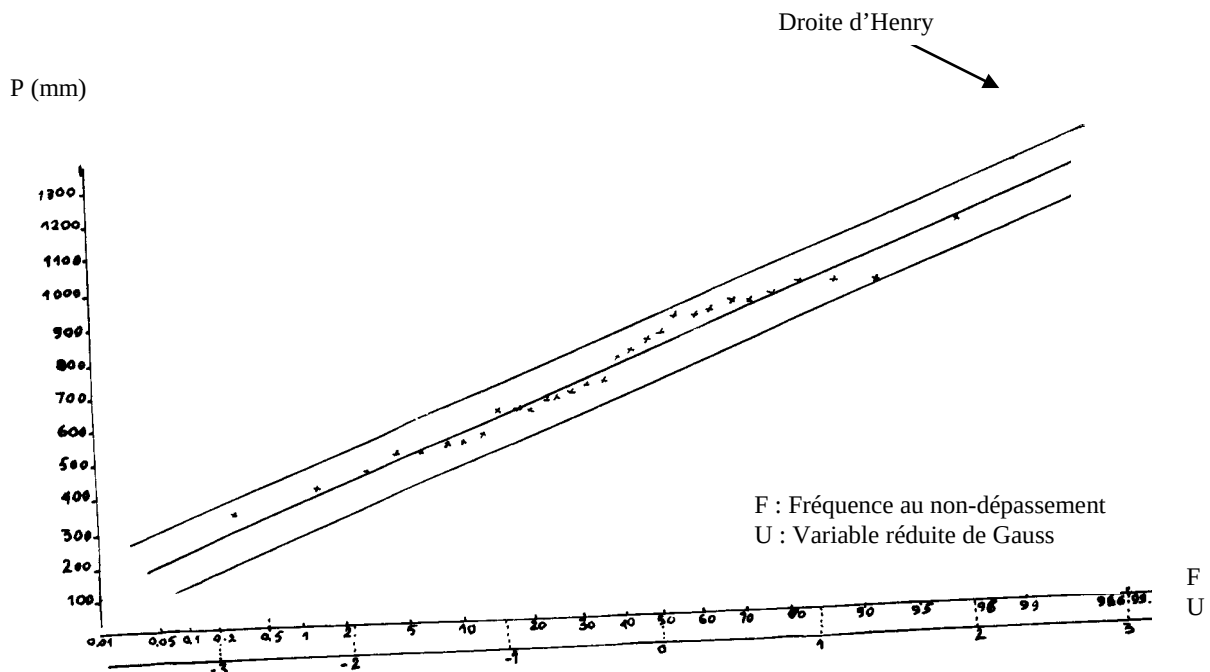
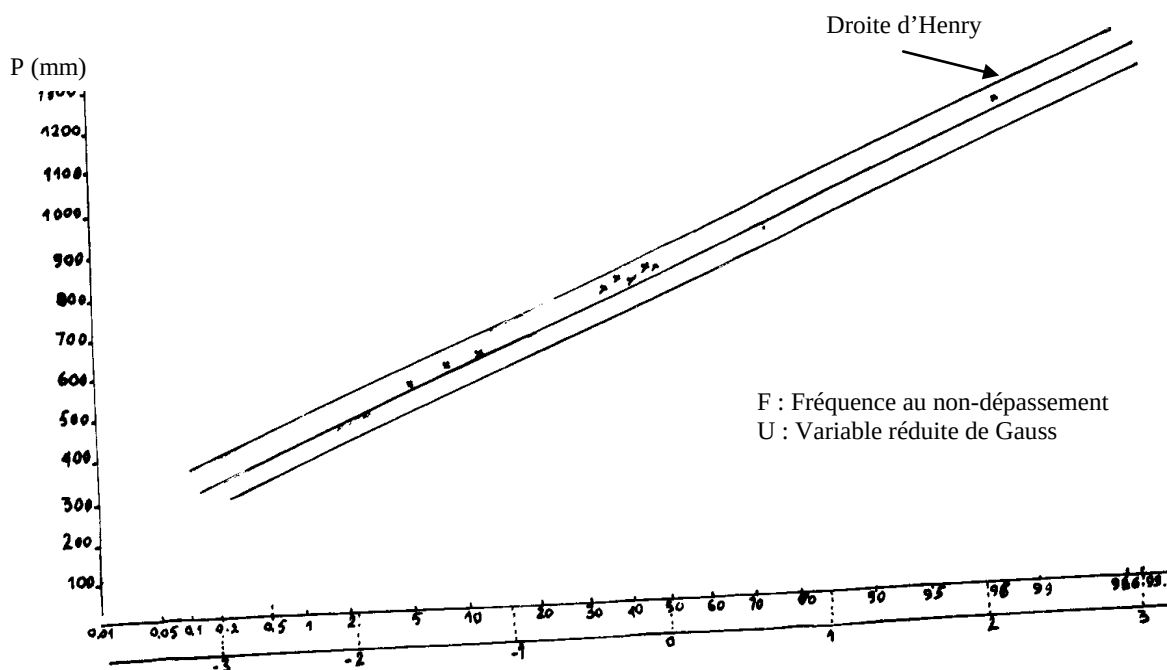


Fig.2.2. Ajustement graphique à une loi de Gauss des hauteurs annuelles de précipitations de la station d'Ain Assel (Période 1967/68 – 1997/98)



Tab.2.3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion (1967/68-1997/98)

Paramètres	El-Kala	Ain Assel
Moyenne arithmétique $\bar{X}$ (mm)	780.24	792.70
Ecart-Type σ_x (mm)	173.73	155.93
Coefficient de variation $CV = \frac{\sigma_x}{\bar{X}}$	0.22	0.20

2.4 Variation inter-annuelle des précipitations

La variation inter-annuelle des modules pluviométriques se distingue par les valeurs du coefficient de variation du tableau.2.3 et les figures (fig.2.3 ; 2.4.) qui nous permettent de remarquer une alternance d'années sèches et humides. Par ailleurs pour mieux caractériser cette variabilité inter-annuelle des précipitations des deux stations, nous avons procédé au calcul de l'écart à la normale « EC » correspondant à l'excédant ou au déficit correspondant à l'expression suivante :

$$EC = \left(\frac{Pt - Pn}{Pn} \right) \times 100$$

EC = Ecart à la normale de l'année considérée.

Pt = Pluviométrie totale extrême (minimale ou maximale) de l'année considérée.

Pn = Moyenne inter-annuelle des précipitations.

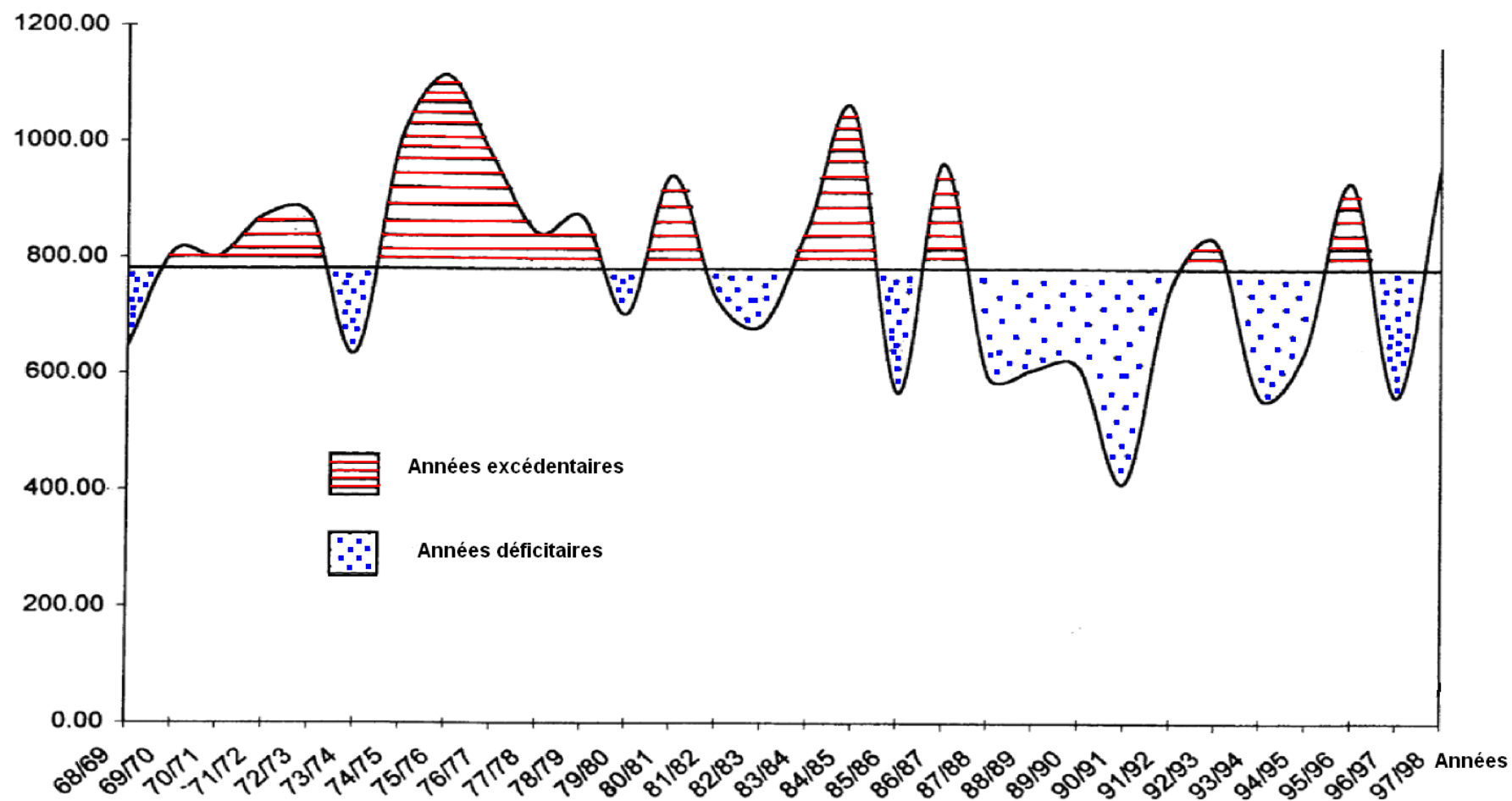
Tab.2.4. Ecart à la normale du cycle le plus pluvieux et le plus sec

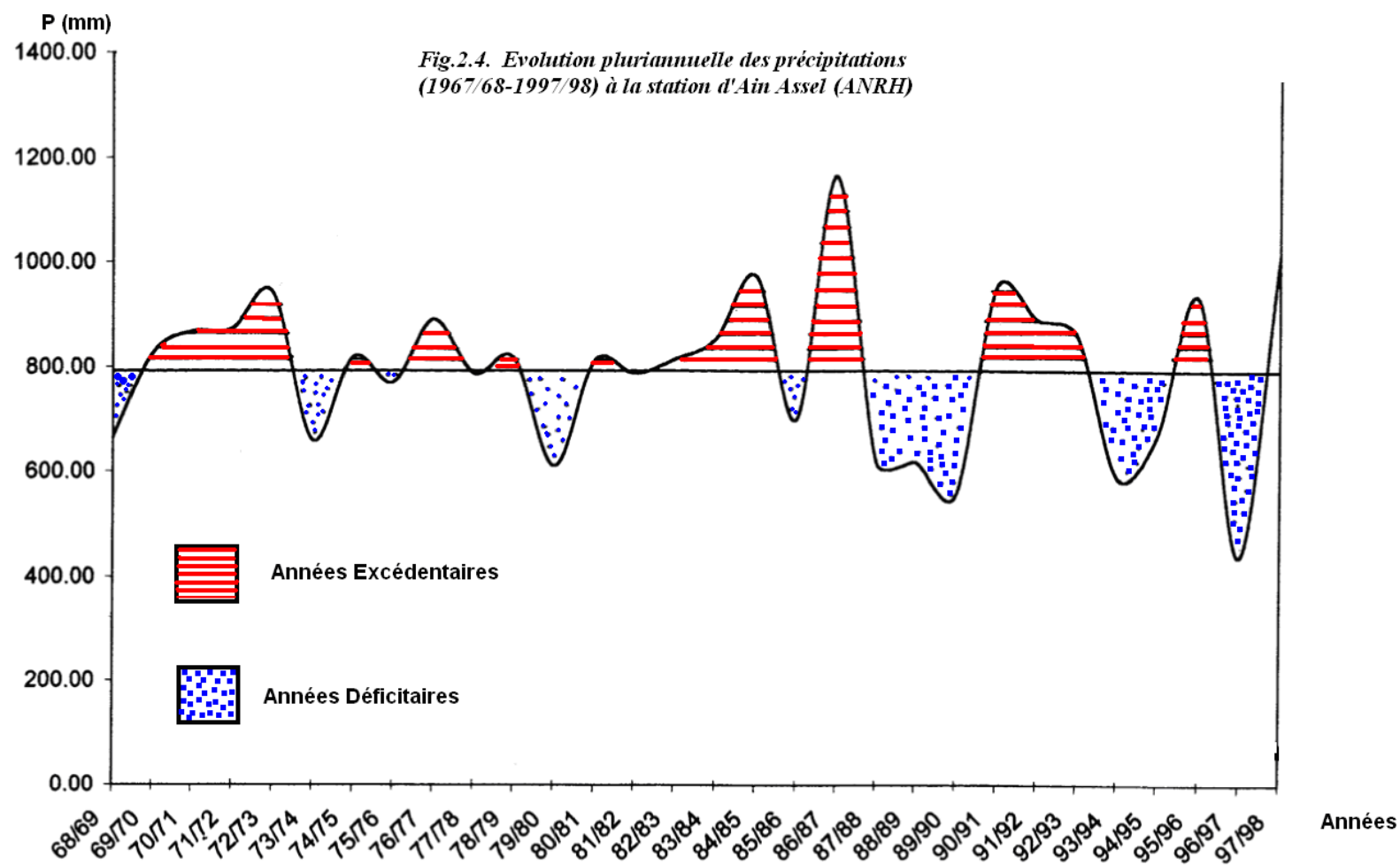
Paramètres	Stations	
	Ain Assel	El-Kala
Total de l'année sèche extrême (mm) Pt »	438.60	412.70
Année	96-97	90-91
EC %	-44.67	-47.11
« Pt » humide	1164.50	1114.50
Année	86-87	75-76
EC %	46.90	42.84
Pn (mm)	792.70	780.24

2.5 Estimation des précipitations annuelles fréquentielles

L'estimation des pluies fréquentielles en années humides et sèches, est obtenue par l'application de la variable réduite de Gauss. Les valeurs de la variable réduite de Gauss correspondent aux fréquences des périodes de : 2, 10, 50 et 100 ans, représentées dans le tableau.2.5.

Fig.2.3. Evolution pluriannuelle des précipitations (1967/68- 1997/98)
à la station d'El Kala (Météo)





Tab.2.5. Précipitations annuelles fréquentielles

Stations	Années Sèches			P	Années Humides		
	U=-2.32 100 ans	U=2.05 50 ans	U = 1.28 10 ans	U = 0 2 ans	U = 2.32 100 ans	U = 2.05 50 ans	U = 1.28 10 ans
P (mm) El-Kala	377.19	424.09	557.87	780.24	1183.29	1136.39	1002.61
P (mm) Ain Assel	430.94	473.04	593.11	722.70	1154.46	1112.36	992.29

2.6 Récurrence des précipitations annuelles

La récurrence en années ou période de retour T est définie comme l'inverse de la fréquence au non dépassement « Fi ». Elle est calculée selon l'expression suivante :

$$\text{Si } F_i < 0.5 \Rightarrow T = 1 / F_i \text{ Alors si } F_i > 0.5 \Rightarrow T = \frac{1}{1 - F_i}$$

Ainsi, les récurrences des hauteurs pluviométriques extrêmes sont estimées dans le tableau 2.6. comme suit :

Tab.2.6. Récurrence des précipitations annuelles extrêmes

Fréquence	Station	El-Kala	Ain Assel
Fi < 0.5	Précipitations Minimales (mm)	412.70	438.60
	U	-2.12	-2.27
	Fi	0.0171	0.0117
	T (ans)	58	85
Fi > 0.5	Précipitations Minimales (mm)	1114.5	1164.50
	U	1.92	2.38
	Fi	0.9725	0.9913
	T (ans)	36	115

Ainsi, à partir de ces différents résultats de récurrence, on déduit que les hauteurs pluviométriques annuelles des deux stations sont des variables indépendantes les unes des autres et obéissent à un cycle de période de retour.

2.7 Répartitions mensuelles des précipitations

Les précipitations de la région augmentent du mois de septembre au mois de janvier puis diminuent à partir du mois de février pour atteindre leur minimum au mois de juillet (fig.2.5.) ce qui traduit l'irrégularité des précipitations.

3 Analyse des facteurs thermiques

3.1 Les températures

Les températures tout comme les précipitations, trouvent leurs importances dans les calculs de l'évapotranspiration qui est un élément important pour l'estimation du bilan hydrologique.

La combinaison des facteurs thermiques et pluviométriques est intéressante. Elle permet de déterminer les deux saisons.

Les diagrammes ombro-thermiques des deux stations (El Kala et Ain Assel) dans lesquels les précipitations sont portées à l'échelle double des températures ($P = 2T$), montrent deux saisons bien distinctes : une saison sèche qui s'étend du début du mois de Mai jusqu'au début du mois de Septembre, et une saison humide qui s'étale du début Septembre jusqu'au début Mai, ce qui classe les stations déjà citées parmi celles du régime thermo-méditerranéen.

Le coefficient d'aridité sert à préciser le type de climat de la zone étudiée. Pour le calculer, on doit appliquer la formule de Martonne :

$$A = \frac{P}{T+10} \quad (\text{Formule de MARTONNE})$$

Avec : P = Hauteur de précipitation annuelle (mm).

T = Température moyenne annuelle ($^{\circ}\text{C}$).

A = Coefficient d'aridité.

Les différentes valeurs de (A) sont données dans le tableau 2.7

Tab.2.7. Valeurs du coefficient d'aridité pour les deux stations El-Kala, Ain Assel
Période (1967/68 – 1997/98)

Stations	Valeurs de (A) calculées
El-Kala	26.92
Ain Assel	28.42

Donc la région d'étude appartient à un milieu tempéré (selon le tableau.A.2. en annexe) avec un climat méditerranéen, caractérisé par une saison humide, douce et une saison sèche et chaude.

D'une manière générale, la région d'El-Kala est située dans le méditerranéen chaud avec une température maximale dépassant les 30°C au mois d'août.

Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en Décembre atteignant 6°C. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement à 0°C. Les mois les plus froids sont décembre et janvier alors que juillet et août sont les plus chauds.

Facteur régissant l'écoulement, les températures eux même comme les précipitations présentent une grande importance dans le calcul de l'évapotranspiration, qui est un élément important du bilan hydrique. Nous nous sommes basés dans notre analyse sur les températures observées au niveau des deux stations (El Kala –Ain Assel) (Tableau.2.8.)

Tab.2.8. Températures moyennes mensuelles en °C

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne
El-Kala (68-98)	23.49	19.80	16.39	13.51	12.30	12.39	13.57	15.09	18.53	21.63	24.80	25.24	18.06
Ain Assel (68-98)	23,33	19,77	15,66	12,65	11,65	11,89	12,97	14,82	18,01	21,50	24,35	25,33	17,66

Le tableau.2.8 montre que le mois de janvier est le plus froid avec 12.30°C et de 11.65°C respectivement pour les stations d'El-Kala et d'Ain Assel.

Alors que le mois le plus chaud est le mois d'Août avec 25.24°C pour la station d'El-Kala et de 25.33°C pour la station d'Ain Assel. Les températures annuelles moyennes respectives pour les deux stations sont de 18.06°C et 17.66 °C.

3.2 Le Rythme climatique

Le rythme climatique est défini graphiquement par la combinaison des températures et précipitations moyennes mensuelles en établissant les diagrammes ombrothermiques (fig.2.6 ; 2.7.). Ces graphiques nous montrent que la saison sèche s'étend du mois de mai jusqu'à septembre. Alors que la saison humide débute d'octobre jusqu'au mois d'avril. Les mois charniers sont mai et septembre.

3.3 Les vents

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, il a un effet sur les précipitations et les températures d'où il active l'évaporation.

Les vents NW sont les plus violents, de moyenne 3 m/s environ (tableau.2.9). Ils sont souvent liés aux pluies de front qui sont définies comme suit :

Lorsque plusieurs masses d'air de propriétés différentes se rencontrent, les plus chaudes et les plus humides sont poussées vers les hautes altitudes où elles se refroidissent et se condensent. Ce sont ces précipitations qui sont les plus importantes, les plus longues et les plus fréquentes sous nos climats tempérés.

Les vents du SE parfois SW sont dus généralement aux siroccos provenant du Sahara. Ils sont chauds et plus fréquents pendant le mois d'août.

Les vents du Nord-est sont assez fréquents mais sont néanmoins faibles et leur action sur le milieu est peu importante. Quant aux vents du Nord-Ouest, ils soufflent avec une régularité importante en hiver et plus modérée en été.

Notons la manifestation d'un vent chaud du sud : le Sirocco. Ce dernier est un phénomène à caractère local qui peut souffler avec intensité et qui varie d'une zone à une autre.

Le maximum de fréquence est généralement au mois d'août, où ses effets sont des plus désastreux sur la végétation. En effet, le Sirocco combiné à un état de déficit hydrique asséchant l'atmosphère et élevant les températures, favorise l'apparition de violents incendies de forêts (incendie de l'été 1983 et celui de 1993).

Tab.2.9. Moyennes mensuelles des vitesses du vent d'El Kala (1984-1990)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne
Vitesse Moyenne (m/s)	2.65	3.05	3.72	3.75	3.78	3.58	3.45	3.55	2.60	2.18	2.21	2.20	3.05

3.4 Humidité relative de l'air

L'humidité est un facteur qui conditionne l'évaporation, il influe sur les conditions de développement de la végétation et par conséquent sur la nature de l'écoulement de surface.

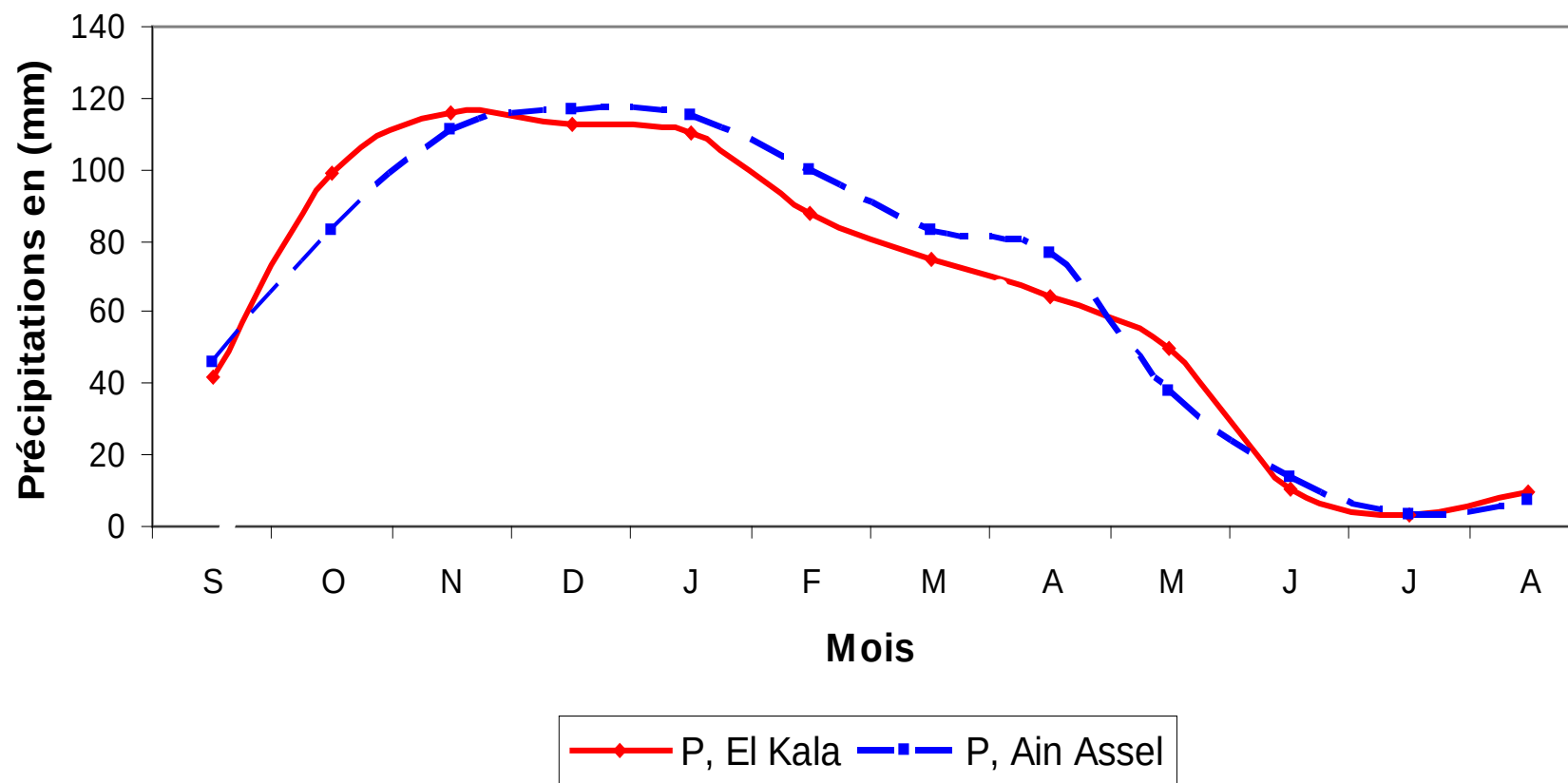
Le tableau.2.10 nous montre que l'humidité relative est élevée durant toute l'année et ne change que très peu.

Tab.2.10. Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station
d'El Kala (1984-85 / 1997/98)

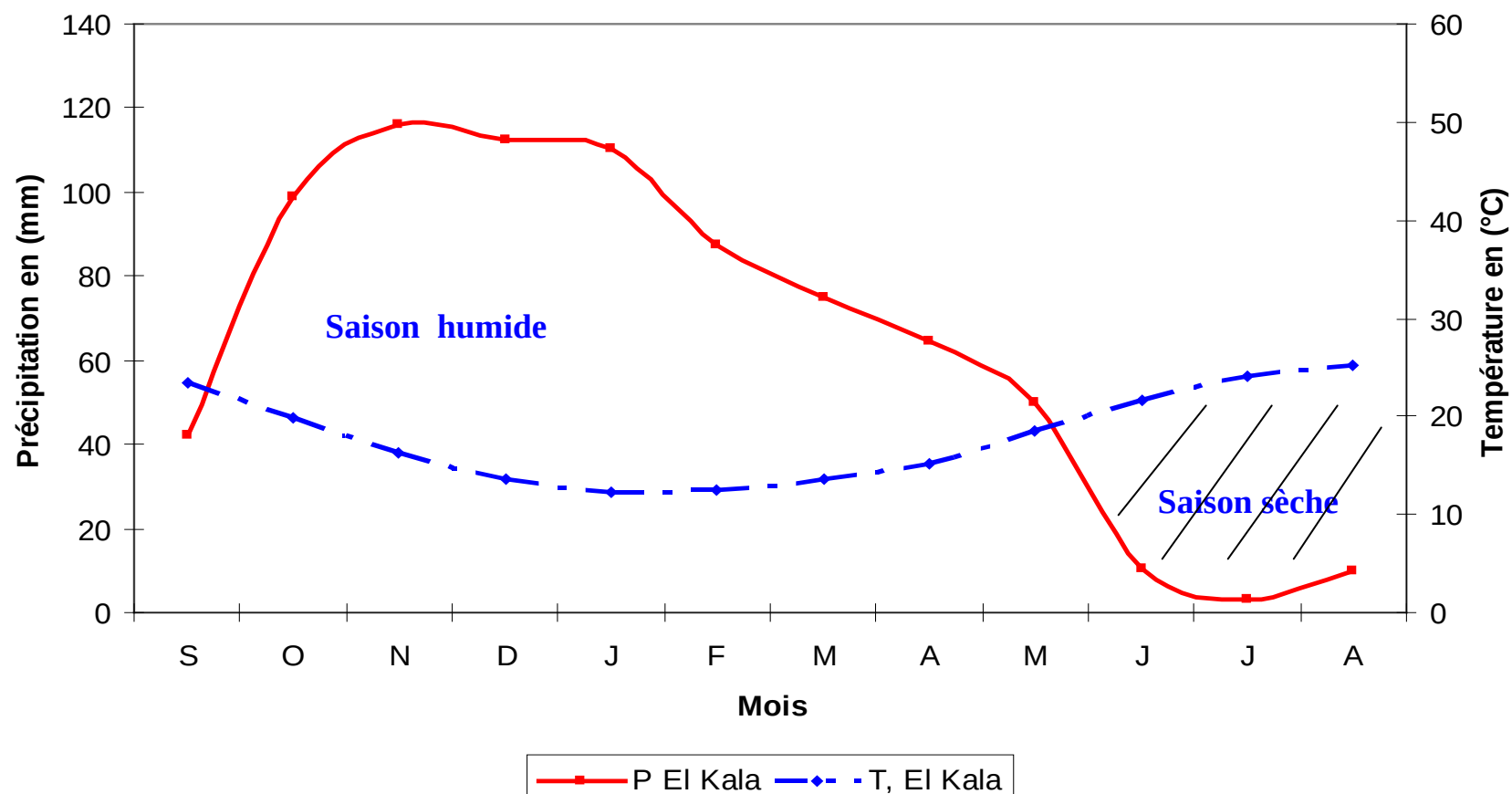
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenn e
Humidit é H %	72.1 4	72.9 9	75.0 5	75.0 5	75.7 0	75.2 7	76.2 7	74.6 6	75.4 3	74.8 3	72.8 3	73.2 3	73.33

Le tableau ci-dessus montre que l'humidité de l'air de la région d'El Kala est très élevée le long de l'année, cela est du essentiellement à sa proximité de la mer et à la présence de plusieurs plans d'eau permanent (Lacs, Barrages, etc.).

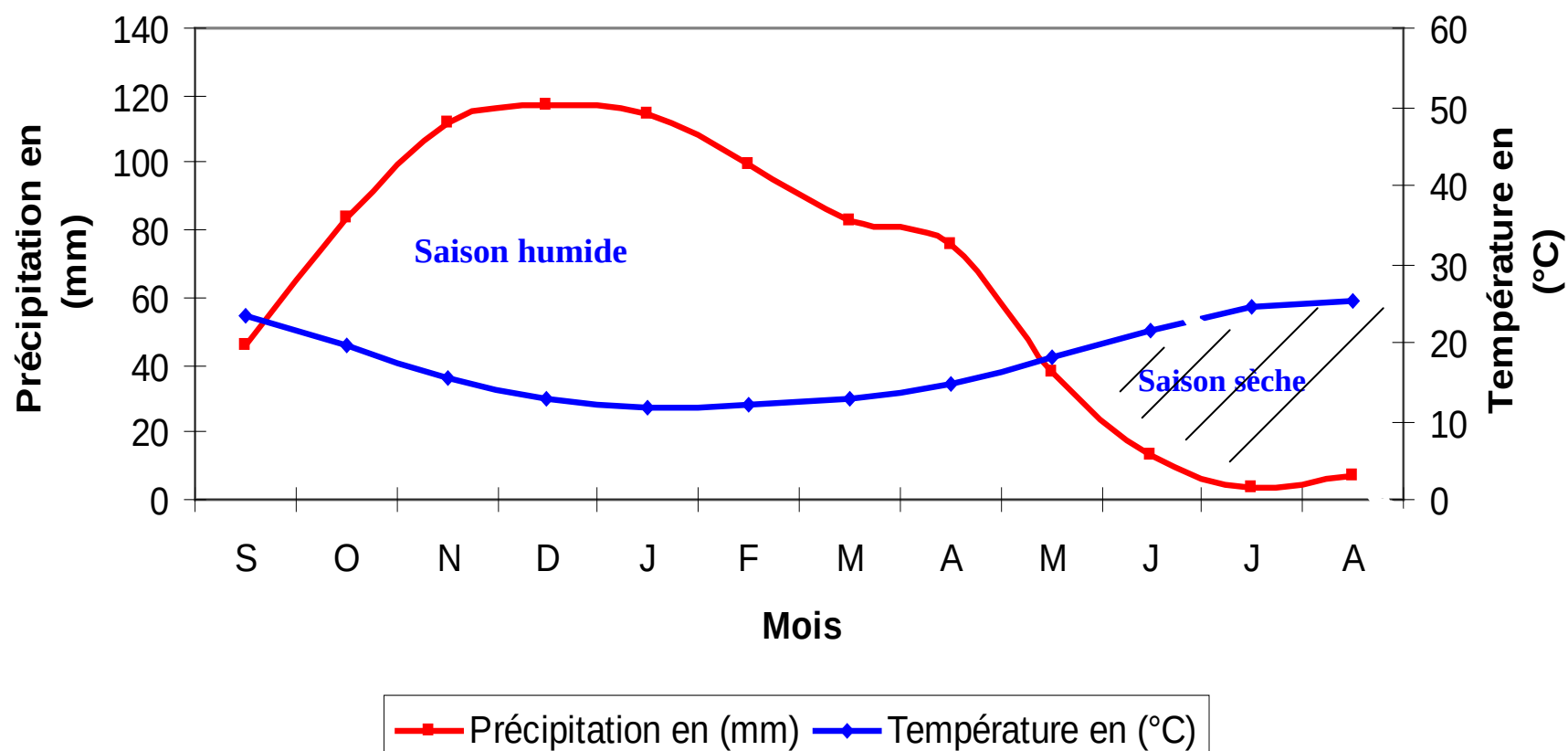
Fig,2,5, Répartition des précipitations mensuelles "Stations:El Kala, Ain Assel" (période de 1967/68-1997/98)



Fig,2,6, Diagramme ombrothermique de la station d'El Kala
(1967/68-1997/98), Météo



**Fig,2,7, Diagramme ombrothermique de la station d'Ain Assel
(1967/68-1997/98), ANRH,**



4 Notion du bilan d'eau

Le bilan d'eau d'une région, est une évaluation de la répartition des précipitations entre ses différentes composantes, d'où l'établissement du bilan de circulation des eaux dans un bassin versant est impératif.

Les précipitations, l'évapotranspiration, et l'excédent sont les principaux termes du bilan.

4.1 L'évapotranspiration réelle « ETR »

a) Formule de Turc

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm

P : Hauteur de précipitation annuelle en mm

L : Paramètre exprimant le pouvoir évaporant de l'atmosphère.

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

T = Température moyenne annuelle en °C

Avec condition : $ETR \leq ETP$

b) Formule de Coutagne

$$ETR = P - \lambda P^2$$

$$\lambda = 1/0.8 + 0.14 t$$

P : Hauteur de précipitation annuelle en mm

T : Température de moyenne annuelle.

Avec condition : $1/8\lambda < p \text{ (mètre)} < 1/2\lambda$

Tab.2.11. Calcul de l'ETR en (mm)

Stations Méthodes	Ain Assel P=792,70mm	El Kala P=780,80mm
Turc	652,86	646,43
Coutagne	603,91	597,34
Thornthwaite RFU (100 mm)	499,02	514,82

Le tableau.2.11 montre des valeurs de l'évapotranspiration réelle assez proches sauf pour celle de Thornthwaite qui est plus faible, mais cela n'exclut en rien leurs fiabilités.

4.2 L'évapotranspiration potentielle

Nous nous sommes basés sur la formule de Thornthwaite simplifiée par SERRA L. comme suit :

$$ETP = 16[10t/I]^{\alpha} \cdot k$$

$$I = (t/5)^{1,5} \quad ; \quad I = \sum_{i=1}^{12} I_i$$

$$\alpha = 1,6 I/100 + 0,5$$

ETP : Evapotranspiration potentielle moyenne mensuelle en mm

t : Température moyenne mensuelle en °C

α : Coefficient expérimental.

i : indice thermique mensuel.

I : indice thermique annuel.

k : Coefficient de correction, représentant la durée moyenne possible d'insolation exprimé en unité correspondant à un mois de 30 jours de 12 heures chacun.

Ainsi, l'évapotranspiration potentielle est obtenue par la formule de Thornthwaite (simplifiée) pour les stations d'El-Kala et d'Ain Assel dans le tableau suivant :

Tab.2.12. Evaporation Potentielle calculée aux Stations d'El-Kala et d'Ain Assel

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
Ain Assel													
T	23.33	19.77	15.66	12.65	11.65	11.89	12.97	14.82	18.01	21.50	24.35	25.33	17.66
I	10.08	7.86	5.54	4.02	3.55	3.67	4.18	5.10	6.83	8.91	10.75	11.40	81..91
ETP(mm)	109.60	76.50	43.95	29.16	26.01	26.38	37.87	51.47	81.21	112.84	143.72	144.47	883.16
El Kala													
T	23.49	19.80	16.39	13.51	12.30	12.39	13.57	15.09	18.53	21.63	24.80	25.24	18.06
I	10.18	7.88	5.97	4.44	3.86	3.90	4.47	5.24	7.14	9.00	11.04	11.34	84.44
ETP (mm)	109.36	75.11	46.38	31.68	27.61	27.33	39.63	51.54	83.56	112.19	146.73	141.96	893.10

D'après le tableau.2.12 on constate que les plus grandes valeurs de l'ETP sont entre le mois de juillet et le mois d'août alors que les plus faibles valeurs sont distinguées entre le mois de janvier et le mois de février. Ceci est dû en conséquence des fluctuations importantes des températures d'un mois à un autre d'une même année, car la température est le seul facteur climatique qui agit d'une manière directe sur l'évapotranspiration potentielle.

4.3 Etablissement du bilan d'eau par la méthode de C.W.Thornthwaite

On a choisi le type de réserve facilement utilisable. Le plus généralisé pour l'Algérie (RFU = 100mm).

Il ressort du tableau.2.13 et de la figure.2.8 ainsi que du tableau A.3 et la figure A.3.1 (en annexe) que la recharge s'effectue du mois d'octobre et s'achève au mois d'avril, date à laquelle le déficit d'eau devient de plus en plus important pour atteindre son maximum au courant des mois de juillet et août.

Tab.2.13. Bilan d'eau de Thornthwaite à la station d'El Kala (1967/68- 1997/98 (Météo))

Mois Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
P (mm)	42.06	98.63	115.93	112.56	110.57	87.59	74.87	64.54	50.03	10.59	3.09	9.77	780.23
T°C	23.49	19.80	16.39	13.51	12.30	12.39	13.57	15.09	18.53	21.63	24.08	25.24	18.06
I	10.18	7.88	5.93	4.44	3.86	3.90	4.47	5.24	7.14	9.00	11.04	11.34	84.44
K	1.03	0.97	0.85	0.83	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	/
ETP (mm)	109.36	75.11	46.38	31.68	27.61	27.33	39.63	51.54	83.56	112.19	146.73	141.96	893.10
ETR(mm)	42.06	75.11	46.38	31.68	27.61	27.33	39.63	51.54	83.56	77.06	3.09	9.77	514.82
RFU (100mm)	0.00	23.52	93.07	50.00	100	100	100	100	66.47	0.00	0.00	0.00	/
EXD(mm)	0.00	0.00	0.00	73.95	82.96	60.26	35.24	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	265.41
DA(mm)	67.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.13	143.64	132.19	378.26

Tab.2.14. Tableau récapitulatif des termes annuels du bilan d'eau

Stations		El Kala	Ain Assel
Paramètres			
P (mm)		780.24	792.70
ETP (mm)		893.10	883.16
ETR (mm)	RFU=100mm	514.82	499.02
EXD (mm)	RFU=100mm	265.41	293.02
DA (mm)	RFU=100mm	378.26	384.16

4.4 Estimation du ruissellement

Le ruissellement ne peut être déterminé avec précision car il dépend de la nature du sol, de la pente et aussi de la végétation. Cependant, il est ramené à un coefficient de ruissellement qui est calculé à partir de la formule de Tixeront-Berkaloff (d'après Romant Chink) selon deux conditions :

- Si $P > 600$ mm $R = P^3/3$

- Si $P < 600$ mm $R = P^3/3 \text{ ETR}$

Puisque les hauteurs annuelles des précipitations de la région d'El Kala sont toujours supérieures à 600 mm, on va appliquer la première formule.

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau.1.16.

Tab.2.15. Quantités d'eau de ruissellement

Station		El Kala	A.Assel
Paramètre			
P (mm)		780.24	792.70
R (mm)		158.33	166.04

A partir de ces résultats on remarque que le ruissellement de la station d'Ain Assel est plus important que celui estimé à la station d'El Kala.

4.5 Estimation de l'infiltration I (mm)

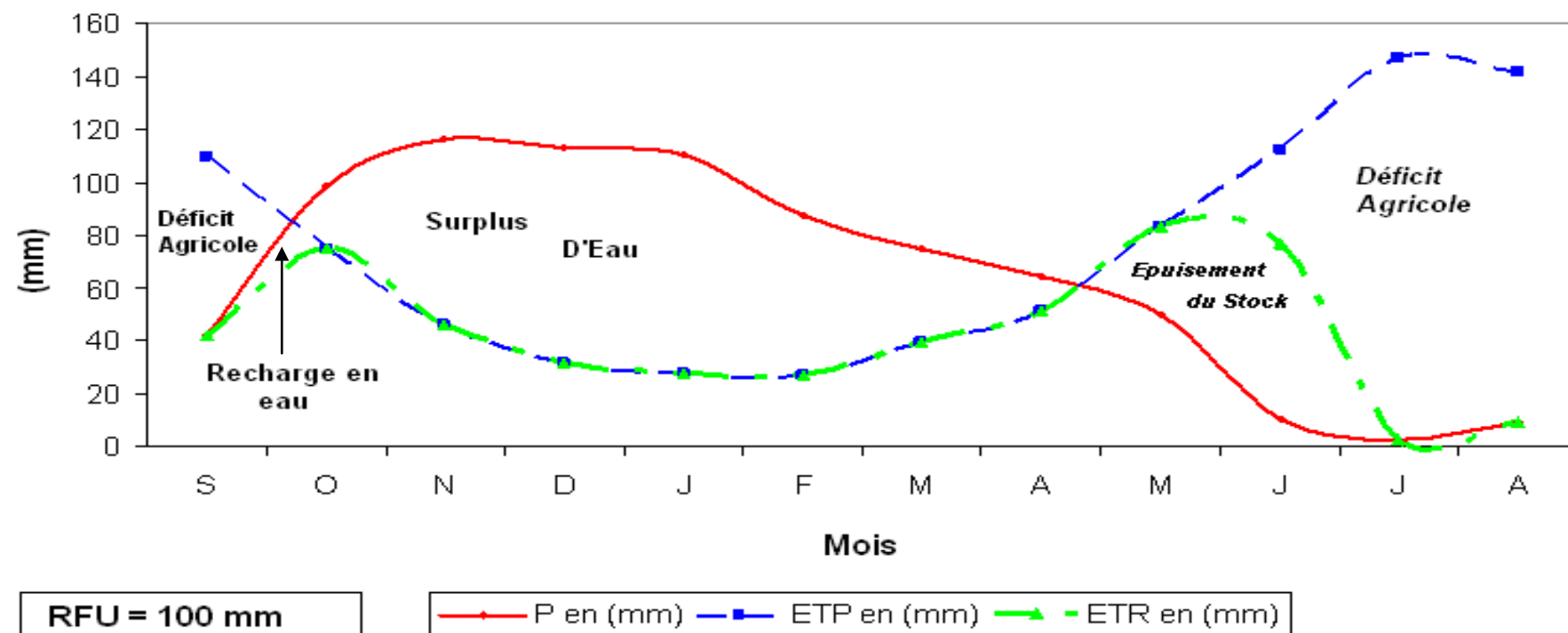
L'infiltration I (mm) a été déterminée en utilisant l'équation du bilan hydrologique suivante :

$$P = ETR + I + R \rightarrow I = P - ETR - R$$

Avec :

- P : Précipitation annuelle moyenne en (mm)
- ETR : Evapotranspiration réelle de Thornthwaite en (mm)
- I : Infiltration en (mm)
- R : Ruissellement en (mm)

Fig.2.8. Bilan d'eau de C.Thornthwaite, Station d'El Kala; (1967/68 - 1997/98)



Tab.2.16. Quantités d'eau d'Infiltration

Paramètres Stations	P (mm)	ETR (mm)		R (mm)	I (mm)	
		RFU 100 (mm)	RFU 50 (mm)		RFU 100 (mm)	RFU 50 (mm)
El Kala	780.24	512.82	464.82	158.33	107.09	157.09
Ain Assel	792.70	499.02	449.02	166.04	127.64	177.64

Le tableau.2.16 nous montre que la quantité d'eau infiltrée observée à la station d'Ain Assel est très importante par rapport à celle observée à la station d'El Kala.

4.6. Conclusion

D'après l'analyse des données climatiques, on constate que la région d'El Kala (PNEK) se caractérise par deux saisons, l'une froide et humide qui s'étale du mois d'octobre au mois d'avril et l'autre chaude et sèche s'étalant du mois de Mai au mois de septembre.

On remarque aussi l'irrégularité des précipitations qui augmentent de l'Ouest à l'Est et du Nord vers le Sud, ainsi qu'une humidité relative très élevée durant toute l'année.

Le mois le plus froid de la région d'El Kala est le mois de Janvier avec une température moyenne mensuelle de 11.65 °C alors que le mois d'Août est le mois le plus chaud où on a enregistré une température moyenne mensuelle de 25.33°C.

Les résultats des bilans nous ont permis de remarquer une ETR élevée et un déficit considérable caractérisé par des mois hyper secs.

Les précipitations enregistrées pendant la saison humide peuvent engendrer des inondations remarquables se répétant d'une année à l'autre.

1 Présentation générale

Le Parc National d'El-Kala et l'extension qui est proposée sont entièrement circonscrits dans la wilaya d'El Tarf, wilaya issue du découpage administratif de 1985. Avant cela, ils relevaient de la wilaya d'Annaba. La wilaya fait frontalière avec la Tunisie sur 100 Km et possède une façade maritime de 90 Km. Ainsi, les 78 000 hectares du Parc National, terrestre et maritime, par leur localisation dans la partie orientale de cette wilaya, forment le coin extrême Nord-est du territoire algérien.

La région au sens large (wilaya) et le Parc présentent globalement deux grands ensembles géomorphologiques. Au sud, et avec un moindre degré d'altitude, à l'est, une zone de montagnes où les reliefs passent de 300 mètres à 1200 mètres, formant un amphithéâtre ouvert vers le nord ouest par où arrivent les masses d'air humides. Dans le secteur nord, on trouve des collines basses et des dépressions dont le fond est occupé par les lacs, les marécages, les tourbières et les sols détrempés. C'est, grossièrement, la partie nord du Parc. Plus à l'ouest, en dehors des limites de l'aire protégée, s'étale la plaine alluviale de l'artère hydrologique régionale de L'Oued El-Kébir et ses affluents qui finissent leur course dans l'immensité des marais de Mekadda (12000 hectares). On compte 57% de montagnes couvertes de forêts, 31% de plaines et de collines 12% de zones humides et de dunes.

La wilaya qui compte 24 communes dont 6 entièrement incluses dans le Parc National d'El Kala et 2 autres en partie seulement, est considérée comme sous-équipée par rapport aux wilaya voisines, en particulier Annaba. Restée en marge de l'essor socio-économique national, El Tarf n'a connu un relatif développement (particulièrement dans les voies de communications), qu'à partir du milieu des années 80, qui n'a duré que quelques années, mais assez pour désenclaver la région. En revanche, il a favorisé une nette tendance à l'urbanisation anarchique, l'accès à de nouveaux espaces et l'intensification de l'exploitation des ressources naturelles, particulièrement l'eau, pour faire face le plus souvent, à des situations conjoncturelles.

L'agriculture et le tourisme sont les vocations naturelles de la région selon les schémas de développement successivement élaborés. Si l'agriculture et en particulier l'élevage, sont des activités concrètement affirmées et sont en mesure d'évoluer avec un certain nombre de

conditions administratives et économiques, le tourisme, par contre, qui se résume à une forte affluence estivale sur les plages autour d'El-Kala, n'est évoqué qu'au titre de potentiel de développement en regard des atouts naturels de la région.

2. Limites et contextes géographiques

2.1. Limites géographiques

Le Parc National d'El Kala est limité :

- Au Nord, par la mer Méditerranée.
- Au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda.
- A l'Est, par la frontière Algéro-tunisienne.
- A l'Ouest, par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba.

Ses coordonnées géographiques sont : 36°52 Nord et 8°27 longitudes au niveau de la ville d'El Kala.

2.2. Limites administratives :

Cette aire protégée située entièrement dans la wilaya d'EL TARF compte 09 communes dépendant des Daïrates suivantes.

➤ Daïra d'El Kala :

Avec 4 communes totalement incluses dans le Parc et qui sont :

- o El Kala ;
- o Essouarekh (Oum Teboul) ;
- o El Aioun ;
- o Ramel-Souk..

➤ **Daïra d'El Tarf :**

Avec 2 communes totalement incluses dans le Parc et qui sont :

Ain el Assel, Bougous et une commune partiellement incluse dans le Parc : La commune d'El Tarf.

➤ **Daira de Boutheldja :**

Avec une commune partiellement incluses dans le Parc :

La commune de Boutheldja.

➤ **Daira de Benmhidi :**

Avec une commune partiellement incluses dans le Parc :

La commune de Berrihane.

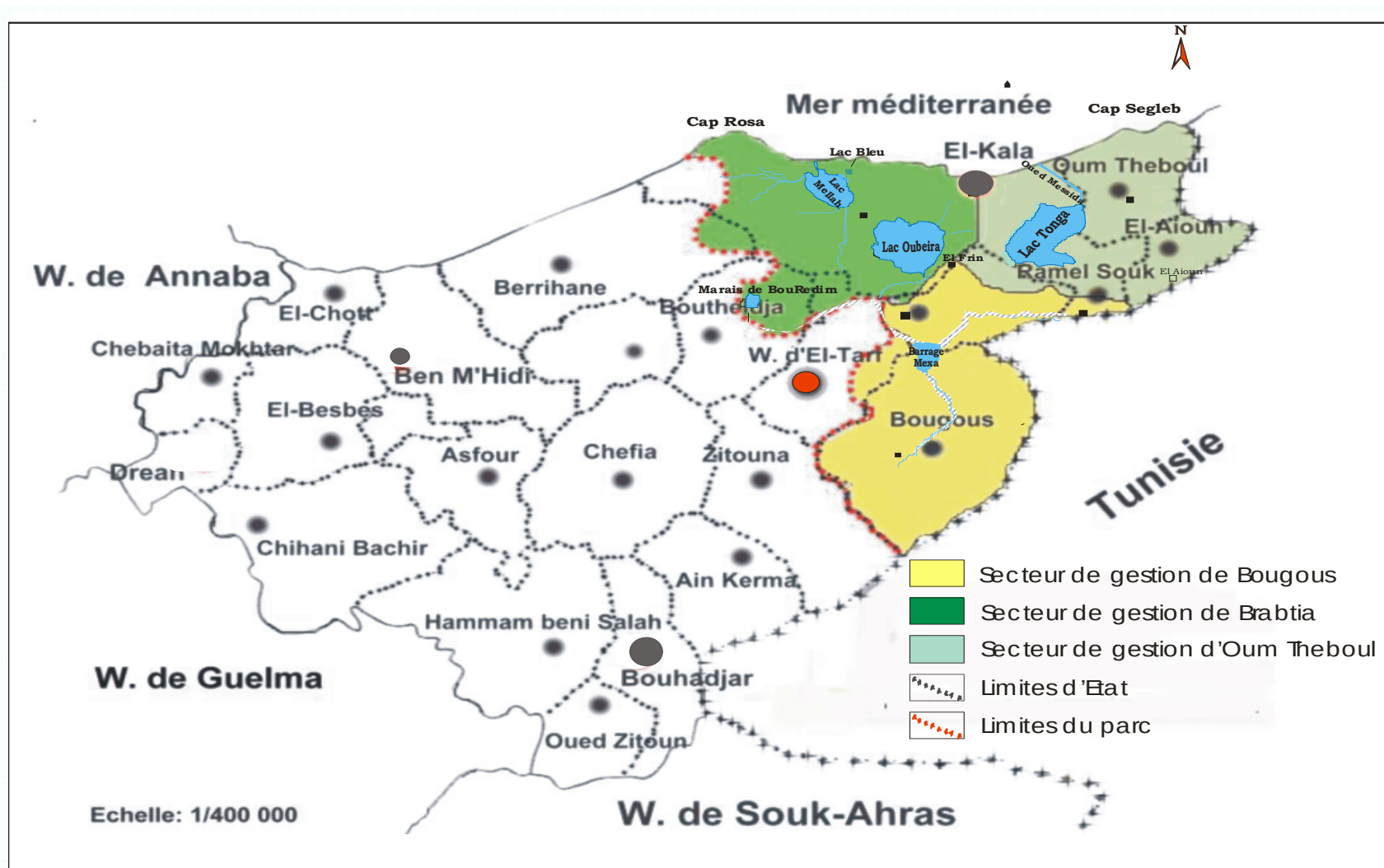


Fig.3.1. limites administratives du Parc National d'El Kala dans le territoire de la wilaya d'El Tarf

3. Les Caractéristiques du Parc National D'El Kala

3.1. Les lacs

La région du Cap Rosa-El Kala s'élève au-dessus de la plaine Est d'Annaba et donne un paysage de relief où alternent des sommets aux altitudes modestes et des dépressions dont trois sont envahies par des lacs. Tout cela crée un milieu original dans cette région.

A proximité de la mer, les trois lacs, Tonga, Oubeira, et Mellah intriguent tous les visiteurs, chacune de ces étendues d'eau a un caractère particulier.

3.1.1. Le Lac Oubeira

C'est un site de 2200 ha, profond de 04 m au maximum, son bassin versant couvre une superficie de 125 km², en plus de son intérêt économique (pêche), ce lac est aussi important sur le plan ornithologique. Ces coordonnées géographiques sont les suivants :

- Latitude : 36°50'N
- Longitude : 8°23'E.

➤ **Statut** : classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar



Fig3.2. Vue du lac Oubeira.

3.1.2. Le Lac Tonga

Il occupe une vaste dépression côtière d'une superficie de 2600 ha environ, et s'étend sur 7,5 km de long et 4 km de large. IL est limité sur toute sa moitié Ouest, Sud et Est par les derniers contreforts des montagnes de la Kroumirie, au Nord-Ouest par les collines sableuses qui le sépare du lac Oubeira et au Nord par les dunes qui le sépare de la mer. D'une profondeur moyenne de 1 à 1,5 m, il est relié à la mer par le canal de la Messida. Son bassin versant plus important que celui de l'Oubeira s'étend sur 155 Km². En effet, Nous distinguons deux sous bassins versants, celui de Oued El-Hout au Sud et celui de Oued El-Eurg au Nord.

Ces coordonnées géographiques sont les suivants :

- Latitude : 36°53'N.
- Longitude : 8°31'E.

➤ **Statut** : classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar



Fig.3.3. Vue du lac Tonga.

3.1.3. Le Lac Mellah

C'est une ancienne vallée fluviale envahie par la mer et qui s'est transformée en lagune, celle-ci est reliée à la mer par un chenal de 900 m. D'une profondeur maximale de 6m et d'une profondeur moyenne de 2,5 m, sa superficie est de 860 ha. Le Mellah est alimenté surtout par Oued El-Aroug, Oued Mellah et Oued Reguibet son bassin versant couvre une superficie de 77 Km².

Les coordonnées géographiques du lac Mellah sont :

- Latitude : 36°53'N.
- Longitude : 8°20'E.

- ❑ **Statut** : classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar



Fig.3.4. Vue du lac Mellah.

3.1.4. Le Lac Bleu

Petite dépression inter dunaire d'eau douce d'une superficie de 04 Ha avec une altitude moyenne de 05 m. C'est un site très riche en espèces d'odonates notamment pour une espèce rélictuelle d'affinité Afro tropicale.

Ces coordonnées géographiques sont:

	Latitude	36° 53' N
	Longitude	08° 20' E

- ❑ **Statut** : classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar



Fig.3.5. Vue du lac Bleu.

3.1.5. Les Marais de Bourdim

Les marais de Bourdim d'eau douce de faible profondeur qu'i s'assèche en été, alimenté au nord par la nappe libre dunaire à partir de l'oued Bourdim, sa superficie est de 11 Ha et son altitude moyenne est de 25 m. c'est un site de nidification pour une colonie plurispécifique d'ardéidés.

- ❑ **Type de zone humide** : zone intégrale du parc national d'El Kala.



Fig.3.6. Vue des Marais de Bourdim.

3.1.6. Le Lac Noir

Le lac noir occupe une dépression dunaire près du chemin CW109, aux environs de Bordj Ali Bey, d'une superficie de 05 Ha et d'une Altitude moyenne de 35 m. Ce lac était l'habitat du nénuphar jaune et d'un certain nombre de populations délictuelles d'odonates, entouré par plusieurs forages, ce lac est à sec et de ce fait il est devenu une tourbière; ce site est classé comme tourbière sur la liste Ramsar.

Ces coordonnées géographiques sont : Latitude 36° 51' N
Longitude 08° 12' E

- **Statut** : classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar



Fig.3.7. Vue du lac Bleu ou milieu des dunes.

3.1.7. L'Aulnaie d'Ain Khia

C'est une formation forestière humide relictuelle sur tourbière, faciès à *Alnus glutinosa*; située au niveau d'une dépression du cordon dunaire et prolongée par un marécage de la rive alluviale nord de l'oued El kebir. Sa superficie est de 170 Ha et son altitude moyenne est de 28 m. C'est l'une des dernières formations de ce type en Afrique du nord et forme un refuge particulier pour une biodiversité d'affinité européenne, afro-tropicale et endémique.

Ces coordonnées géographiques : Latitude 36° 40' N
Longitude 08° 20' E

- **Statut** : classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar



Fig.3.8. Vue de L'aulnaie d'Ain Khia.

3.1.8. Barrage Mexa

C'est un site d'intérêt aquacole et nouvelle zone humide, son Altitude moyenne est de 42 m. La superficie de la cuvette est 06 km², Ses sources d'alimentation sont les oueds : El Kébir, Bougous et Fernana, son Apport inter annuel est de 103.00 hm³/an avec un Volume utile de 41.00hm³/an et un Volume total de 52.00hm³/an

- **Descriptif** : c'est un ouvrage qui a été réceptionné en juillet 1999, cette retenue d'eau douce est d'une importance économique et écologique :
 - destiné pour l'alimentation d'eau potable de la wilaya d'El Tarf et Annaba.
 - pour l'aquaculture.
 - refuge pour les oiseaux d'eau et les mammifères sauvages.



Fig.3.9. Vue d'Ouest du barrage Mexa.

3.2. La Flore du Parc National d'El Kala

Le Parc National d'El Kala abrite le tiers de l'ensemble de la flore d'Algérie. Elle est représentée par les deux grands groupes du règne végétal qui sont les Cryptogames et les Phanérogames. Le premier groupe est représenté par une trentaine de fougères, 98 espèces de champignons et 114 espèces Lichéniques, le deuxième groupe est représenté par 780 espèces soit environ 30 % des spermaphytes de l'Algérie.

Tab.3.1. Flore du Parc National d'El Kala rare ou protégée.

	Nombre d'espèces	Espèces protégée par la loi
P L A N T E S	840	1. Acer obtusatum w et k.2.Ammiopsis aristidis Coss.3.Bunium crassifolium Batt.4.convolvulus durandoi pomel.5.Delphinium emarginatum presl.6.Epilobium numidicum.7.Euphorbia dendroïdes.8.genista vêpres Pomel.9.Linaria cirhosa.10.Linaria pelliceriana Mill.11.Maresia malcolmioïdes (Coss).12.Marcilea diffusa Leprieur.13.Numphaea alba.14.Odontites fradini pomel.15. Odontite lutea Clairv.16. Ophrys pallida Raf.17. Orchis Elata Poiret.18. Orchis provincialis.19. Orchis tridentata Scop.20. Rumex algerensis Barr et Murb.21. Salix triandra I.. 22.Scrofularia tenuipes Coss et Dur.23. Serratula tinctoria I.. 24. Teucrium atratum Pomel.25. Teucrium Kabylicum Batt.26. Vulpia obtusa Trab.
L I C H E N S	114	1. Anaptychia ciliaris.2. Cladonia verticillata.3. Cladonia bacilaris.4. Cladonia chlorophaca.5. Cladonia coccifera.6. Cladonia digitata.7. Cladonia flabelliformis.8. Cladonia leucophaea.9. Cladonia macrophyllodes.10. Cladonia pyxidata.11. Cladonia uncialis.12. Evernia prunastri var arenarea.13. Evernia prunastri var prunastri.14. Lecanora atra.15.Lobaria aniplissima.16. Lobaria pulmonaria.17. Nephroma bellum.18. Nephroma laevigatum.19. Nephroma resipunatum.20.Parmelia borrerii.21.Parmelia caperata.22. Parmelia contoria.23. Parmelia dubosqii.24. Parmelia flaventior.25. Parmelia hypotropa.26.Parmelia perlata.27. Parmelia saxatilis.28. Parmelia scorteia.29. Parmelia stupea.30. Parmelia sulcata.31. peltigera collina.32. phlyetis orgina.33. physcia adscendens.34. physcia aipolia var aipolia.35. physcia aipolia var anthelina.36. physcia constipata.37. physcia dimitiata.38. physcia laptalea.39. physcia puerulenta.40. physcia puerulenta var subvenusta.41. physcia stellaris.42. physcia tenella.43. physconia grisea.44. Ramalina canariensis.45. Ramalina farinacea var farinacea.46. Ramalina farinacea var luaurians.47. Ramalina fastigiata.48. Ramalina obtusata.49. Ramalina panizzei.50. Ramalina pusilla.51. Usnea extensa.52. Usnea fulvovirens.

En évaluant cette flore par rapport à la flore nationale nous constatons qu'elle représente 15 % de la flore rare à l'échelle nationale.

3.3. La Faune du Parc National d'El Kala

La faune du Parc est assez riche et diversifiée par la présence des différents milieux offrant des conditions favorables (quiétude et alimentation) à l'installation de nombreuses espèces particulièrement l'avifaune.

Tab.3.2. Faune du Parc National d'El Kala rare ou protégée

	Nombre d'espèces	Espèces rares ou protégées par la loi
Mammifères	39	Espèces Protégées par la loi (16) 1. Hérisson d'Algérie.2. Porc-épic.3.Phoque moine.4.Renard Roux.5.Hyène rayée.6.Cerf de Barbarie.7.Loutre.8.Belette de Numidie.9.Mangouste.10.Genette.11.Lynx caracal.12.Chat forestier.13.Serval.14.Dauphin commun.15.Lérot.16.Marsouin.
Oiseaux d'eau	64	Espèces Protégées par la loi (26) 1. Avocette.2.Flamant rose.3.Grand cormoran.4.grande aigrette.5.Grue cendrée.6.Ibis falcinelle.7.Oie cendrée.8.Spatule blanche.9.Tadorne de belon.10.Aigrette garzette.11.Butor étoilé.12.Cigogne blanche.13.Echasse blanche.14.Erismature à tête blanche.15.Fuligule nyroca.16.Guifette moustac.17.Glaréole à collier.18.Héron bihoreau.19.Héron blongios.20.Héron crabier.21.Héron pourpré.22.Martin-pêcheur.23.Marouette ponctuée.24.Poule sultane.25.Sarcelle marbrée.26.Cigogne noire.
Oiseaux marins	02	Espèces Protégées par la loi (2) 1. Fou de Basson 2. Cormoran huppé.
Oiseaux forestiers	97	Espèces Protégées par la loi (18) 1. Bec croisée des sapins.2.Chardonneret mignon.3.Coucou geai.4.Coucou gris.5.Engoulevent à collier roux.6.Etourneau unicolore.7.Gros-bec.8.Guêpier d'Europe.9.Huppe fasciée.10.Loriot d'Europe.11.Martinet à croupion blanc.12.Pic de Levillant .13.Pic épeiche.14.Pic épeichette.15.Rollier d'Europe.16.Serin cini.17.Torcol fourmilier.18.Turnix d'Andalousie.

Rapaces	25	Espèces Protégées par la loi (18) 1. Aigle botté.2.Aigle de Bonelli.3.Balbuzard pêcheur.4.Busard des roseaux.5.Buse féroce.6.chouette chevêche.7. Chouette effraie.8.Chouette hulotte .9.Circaète jean-le-blanc.10.Elanion blanc.11.Epervier d'Europe.12.Faucon crécerelle.13.Faucon d'Eléonore.14.Faucon hobereau.15.Faucon pèlerin.16.Serin cini.17.Hibou moyen-duc.18.Hibou petit-duc.19.Hibou des marais.20.Milan noir.21.Milan royal.22.Vautour percnoptère.23.Vautour fauve.24.Busard pâle.25.Busard saint-martin.
Reptiles	17	Espèces Protégées par la loi (03) 1. Tortue grecque. 2. Emyde lépreuse. 3. Cistude d'Europe.
Amphibien	07	-
Diptères	76	-
Coléoptères	60	Espèces Protégées par la loi (03) 1. Carabus morbillosus. 2. Calosoma inquisitoire. 3. Calasoma xycophanta.
Odonates	42	Espèces Rares (12) 1. Ishmura pumilio.2. Coenagrion mercurialis.3. Coenagrion puella kocheri.4.onychogomphus uncatus.5.Boyeria irène.6.Aeshna affinis.7.Hemianax Ehippiger.8.Orthetrum nitidinerve.9.Acisomapanorpöides ascalaphoides.10.Sympetrum sanguineum.11.Trithemis arteriosa.12.Urothemis adwardsi.
Lépidoptères	45	Espèces Protégées par la loi (03) 1. Melanargia galathéa lucasi. 2. Papilo machaon.
Poissons d'eau douce	14	-
Poissons d'eau marine	60	-

Tab.3.3. Evaluation de la Faune du Parc par rapport à la faune à l'échelle nationale.

Classification	Patrimoine national	Patrimoine du PNEK	Taux
Mammifères	107	39	35%
Oiseaux	336	195	60%

4. Législation du Parc National d'El Kala

Ce territoire d'une superficie de 76.438 hectares, a été créé par décret n°83-462 relatif à la protection de l'environnement fixant le statut type des parcs nationaux et l'arrêté ministériel n°005 CAR.M/129 BCCR/87 fixant le zonage du parc. C'est un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité civile et l'autonomie financière, placé sous la tutelle du ministère de l'agriculture et du développement rural.

Avant même sa création, en 1982 et pour marquer l'adhésion de l'Algérie à faveur une action internationale pour la protection des zones humides, deux sites lacustres de la région d'El Kala ont été inscrits sur la liste RAMSAR relatives aux zones humides d'importances internationales ; il s'agit des lacs Tonga et Oubeira.

Une année après en (1983), à l'initiative du ministère algérien de l'environnement et suite à une prise de conscience sur les richesses biologiques que recèle la région d'El Kala, cette dernière a été dotée d'un statut de protection en tant que Parc National d'El Kala faisant partie des premiers territoires légalement protégés du Nord algérien.

En 1990, cette aire protégée a été classée comme réserve de la Biosphère par l'UNESCO lui donnant ainsi un caractère de patrimoine de l'humanité, inclus dans le fichier du système de référence de l'UNESCO pour l'étude et le suivi des modifications qui affectent la planète.

Douze ans après en (2002) et vu l'importance accordée par la Direction Générale Des Forêts à la conservation des zones humides et de la volonté du gouvernement (Ministère de l'Agriculture et Du Développement Rural) de les intégrer dans le plan National de Développement Agricole et Rural pour bénéficier des fonds alloués au programme qui l'accompagne. Deux autres sites du Parc ont fait l'objet du classement sur la liste RAMSAR, il s'agit de la tourbière du Lac Noir et les aulnaies d'Ain Khia.

Une année après en (2003) et compte tenu des richesses halieutiques qui recèle les biotopes marins du Parc National d'El Kala, celui-ci a bénéficié d'un financement étranger pour l'étude de création d'une réserve marine protégée dans le cadre du projet national de développement des aires marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet MedMPA). L'objectif de l'étude était l'élaboration d'un plan de gestion de l'aire protégée marine du Parc.

4.1. Secteurs de gestion.

Pour réussir ses programmes d'aménagement de gestion et de conservation, le Parc doit se déployer sur le terrain. Son territoire était divisé en trois secteurs de gestion spécifiques, dans le but de faciliter le travail de l'administration qui doit se rapprocher le plus possible des ressources naturelles. Trois secteurs de gestion ont été dégagés pour un développement durable :

- Secteur de gestion de Bougous ;
- Secteur de gestion d'Oum Teboul ;
- Secteur de gestion de Brabtia.

5. Milieu Humain du Parc National d'El Kala

5.1. Démographie et répartition de la population

Le contraste des deux grands ensembles physiques a fortement influencé sur le comportement et la répartition de la population. A partir de la fin des années 60, l'exode rural a progressivement dépeuplé les mechtas (hameaux) des régions montagneuses pour grossir les agglomérations chefs-lieux de la plaine. Puis, l'influence de Annaba devenue métropole industrielle dans les années 70, et la localisation des équipements autour des agglomérations implantées dans la partie Nord à partir de 1985 ont dessiné la carte de répartition de la population. Près de 60% des habitants sont concentrés dans sa partie occidentale de la wilaya qui constitue aussi la ceinture sud de la zone industrielle d'Annaba où les agglomérations ont joué pendant un quart de siècle le rôle de cités dortoirs et dont le sort est devenu incertain avec les mutations sociales profondes que provoquent les changements économiques.

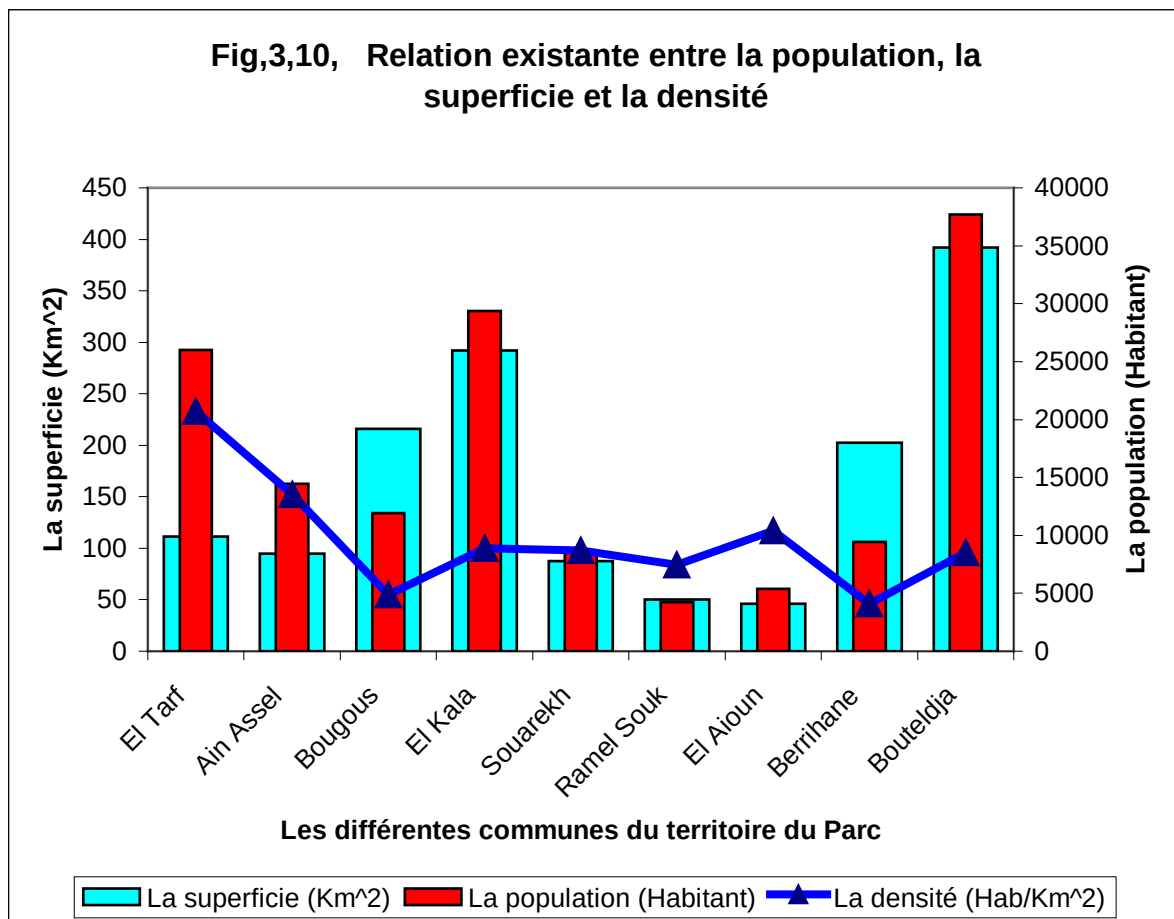
Actuellement la population du Parc National d'El Kala est de 147140 habitants (Tableau 3.4)

(D'après le recensement de 1998), répartis sur 24 communes et sept (07) daïras cette population est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes telles que: El Tarf, El Kala,etc.

Les agglomérations se caractérisent surtout par leur dimension moyenne et leur concentration le long des routes nationales, ces facteurs donnent une relation entre la superficie, la densité, ainsi que la population.

Tab.3.4 Répartition de la population résidente par commune en 2005 du PNEK
(Source DPAT El Tarf 2004)

Nom	Superficie (Km ²)	Population (Hab)	Densité (Hab/Km ²)	Taux d'accroissement (%)
El Tarf	111.4	26012	233	3.39
Ain Assel	94.8	14465	152	2.06
Bougous	215.8	11915	55	1.43
El Kala	292	29367	100	2.20
Souarekh	87.35	8612	98	1.88
Ramel Souk	50	4230	84	1.97
El Aioun	45.85	5390	117	2.19
Berrihane	202.50	9454	46	1.70
Bouteldja	391.88	37695	96	2.15
Total PNEK	1491.58	147140		



D'après la figure 3.10 qui représente la population, la superficie ainsi que la densité, on remarque que dans certaines communes la densité de la population est plus importante des unes des autres malgré que la superficie est presque la même, citons par exemple la commune d'El Kala et celle d'El Tarf.

La commune d'El Kala compte une population de 29367 habitants sur une superficie de 292 Km² d'où une densité de 100 Hab/Km².

La commune de Ramel Souk compte une population de 4230 habitants sur une superficie de 50 Km² d'où une densité de 84 Hab/Km².

De cet exemple on déduit qu'il n'y a aucune relation appropriée entre la superficie et le nombre d'habitants qui dépend de la vocation des zones (agricoles, industrielle, touristique....ext.).

5.2. Systèmes de production et leurs évolutions

5.2.1. L'Agriculture

Bien que le secteur de l'agriculture soit l'un des plus gros pourvoyeurs d'emplois dans la wilaya d'El Tarf (31% du total de main d'œuvre) permanents et saisonniers dans la région. Les activités agricoles pratiquées par la population du Parc sont toujours à l'état traditionnel ; représentées par les cultures maraîchères et fourragères pratiquées aux abords des sources et des zones humides. La culture des arachides qui prend de l'extension dans la zone dunaire. La céréaliculture au niveau des piémonts où les programmes de développement relancés par les directions concernées (services agricoles, conservation des forêts et le parc) visent à développer l'arboriculture par la création de vergers dans le cadre des programmes FNDRA, PPDR et relances économiques.

L'élevage (bovin, ovin et caprin) mal contrôlé et mal conduit à travers les zones humides et les forêts (de chêne liège et chêne zen) ainsi que l'apiculture. A ce titre les effectifs enregistrés sont les suivants :

**Tab.3.5. Répartition agricole de la zone d'El Kala
(Campagne 1999-2000 ; 2000-2001 ; 2001-2002)**

Communes (Ha)	Céréales	Légumes secs (Ha)	Arachides (Ha)	Tomates Industrielles (Ha)	Tabac (Ha)	Arboriculture (Ha)			Cultures Maraîchères (Ha)
						Vigne (Ha)	Noyax pépins	Oliviers (Ha)	
El Aioun	250	70	-	-	10	-	10	60	30
Oum Teboul	-	10	180	-	12	-	10	160	40
Ramel El Souk	300	180	50	30	20	-	32	60	165
El Kala	80	15	290	-	-	13	38	30	190
Ain El Assel	350	120	340	95	10	32	63	30	235
Ain Khia	500	100	120	180	8	104	45	70	250
Total Z.L	1480	495	980	305	60	149	198	410	910
% des terres cultivées	40	7	11	11	4	4	3	5	16
% de la SAU	28	5	8	8	2	2	1.7	3	11.3

Avec une superficie agricole totale (SAT) de 4987 hectares, l'agriculture occupe 20% du territoire de la zone lacustre (17023 hectares) où la jachère, devenue une pratique courante à tendance à s'étendre tout en offrant un complément non négligeable en produit fourragers. Les cultures sont dominées par le maraîchage pratiqué aux abords des sources d'eau facilement accessibles comme les oueds, les lacs, les « Fonda », excavations qui mettent à nu la nappe phréatique proche de la surface. La culture de l'arachide prend de l'extension dans les zones dunaires de plus en plus défrichées et proches des points d'approvisionnement en eau, dans les zones montagneuses, la céréaliculture est pratiquée sur les piémonts où les programmes de développement suggèrent plutôt aux agriculteurs d'opter pour l'arboriculture qui pour l'instant se limite, à quelques parcelles en vergers. Autour et dans les zones inondables exondées on pratique les cultures fourragères, et de plus en plus, parce que bénéficiant d'aide et de subvention, des cultures industrielles comme la tomate et le tabac (Tableaux 3.5 et 3.6).

Tab.3.6. Pourcentages des terres cultivées par communes
(Campagne 1999-2000, 2000-2001, 2001-2002).

Communes	Terres utilisées Annuellement (Ha)	Jachère (Ha)	S.A.U (Ha)	% des terres Utilisées (Ha)
El Aïoun	430	181	611	70
Oum Teboul	412	524	936	44
Ramel Souk	837	63	900	93
El Kala	656	406	1062	61
Ain El Assel	1257	505	1780	72
Ain Khiair	1377	357	1734	80

S.A.U : surface agricole utilisée

On y pratique une polyculture associée à un élevage en extensif, mode de production qui semble être le résultat d'une longue expérience communautaire, fait d'un équilibre entre la

précaire disponibilité des ressources naturelles, par apparence abondante et le souci de disposer en toute indépendance de la plus large gamme de produits alimentaires. Les surplus obtenus, en ayant préalablement assuré une marge de sécurité par 4 à 5 années successives d'exploitation, rotation moyennes des sécheresses et des inondations, sont alors soit échangés, soit thésaurisés dans le cheptel dont la taille détermine également le statut social. La région se caractérise aussi par le paradoxe d'être inondée de l'hiver jusqu'à la fin du printemps pour ensuite connaître trois à quatre mois biologiquement secs. Ce qui n'est pas sans rapport avec le mode de production qui est mis en pratique. Cela ne permet en fait qu'une seule culture de printemps avec des plantes à courte période végétative et avec un appoint en irrigation.

Avec 36% de la population active (Tableau 3.7), l'agriculture est aujourd'hui le second pourvoyeur d'emploi après l'administration, les services et le commerce (43%). Cependant, la situation sociale et économique, résultant des changements politiques et économiques, marquée par la forte tendance au chômage pourrait favoriser sa résorption en incitant par des mécanismes financiers, les investisseurs qui sont à la recherche d'une main d'œuvre bon marché. Les dossiers de projets d'investissements dans l'agro-alimentaire ont été préparés et proposés mais n'ont pas connu de concrétisation significative.

Tab.3.7. Recensement du BNEDER et comparés aux chiffres cités par le rapport des cadres de l'agriculture.

Commune	Population totale	Population active	Population active dans l'agriculture	% population dépendant de l'agriculture
El Kala	21481	2012	348	17
Ain Khiair	14069	2035	308	15
Ain Assel	9859	1981	851	43
Oum Teboul	6076	2047	450	22
El Aïoun	3590	1852	810	44
Ramel Souk	2931	1965	1560	80

Les tableaux 3.5 et 3.6 montrent que les cultures qui sont pratiquées avec l'élevage se distinguent de la céréaliculture pratiquée sur les piémonts de la zone montagneuse et les maraîchages dans les plaines. Les régions lacustres d'El Kala sont célèbres pour ses arachides dont les cultures gagnent en extension au détriment de la végétation qui protège les dunes et les aulnaies. Parallèlement la jachère se déploie aussi. Cette situation paradoxale est attribuée au fait que le système de production mixte culture/élevage a atteint ses limites économiques et sociales pour une catégorie d'agriculture sans terre dont l'accroissement de la famille pousse à étendre et rechercher des nouvelles parcelles par le défrichement illicite, alors que les mieux lotis sont incapable de se doter des intrants, dont les prix ont décuplés depuis la libéralisation de l'économie, et d'autre part, de consentir des investissements sur des terrains agricoles dont le statut juridique n'est pas encore clarifié, conséquences des bouleversements qu'a connu le foncier agricole après les réformes de 1987.

L'agriculture telle que pratiquée mais encore telle qu'elle est envisagée dans les programmes de développement, exige une forte utilisation d'eau d'irrigation. La part de celle-ci est male connue parce qu'elle échappe à tout contrôle. L'eau est puisée anarchiquement dans les cours d'eau qui sont souvent carrément détournés, dans les lacs, dans des trous d'eau mettent à nu la nappe phréatique ou encore de ce qui reste d'une dizaine de retenues collinaires, de quelques dizaines de milliers de m³ chacune, édifiées sans objectifs clairs et abandonnées faute d'une gestion précise. Les deux petits périmètres de 100 et 150 hectares, irrigués réalisés dans le Parc National ne sont plus fonctionnels depuis plusieurs années.

5.2.2. Elevage et pastoralisme

Les systèmes d'élevage qui sont pratiqués dans la région d'El Kala ont une importance considérable pour l'économie rurale 35% de la population totale y compris des citadins dépendent d'un soutien de famille dont la principale source de revenus est l'élevage. Dans les zones essentiellement rurales, cette proportion passe à 50% et atteint 80% dans des régions comme Ramel Souk.

L'élevage, particulièrement celui des bovins, prend sur les plans économiques et écologiques des dimensions qui dépassent le cadre de la région d'étude. Celle-ci, au titre de « réservoir de viandes rouges » a une production locale estimée à 4000 tonnes par an, dont 80% sont destinées au marché national, mais elle est encore une zone de parcours dont les pâturages sont exploités par un cheptel incontrôlé provenant des régions voisines de l'Ouest et du Sud

pour être engraisé, puis récupéré et vendu ou échangé en Tunisie contre des biens de consommation à travers des circuits informels transfrontaliers (contrebande).

Les systèmes d'élevage varient entre deux extrêmes. Dans la partie des terres basses, les plaines et autour des zones humides, où l'élevage est complémentaire aux cultures, le troupeau est généralement constitué d'une douzaine ou une vingtaine de bovins qu'accompagnent plus fréquemment un nombre équivalent d'ovins ou de caprins et qui ne sont pas systématiquement destinés à la vente. Le troupeau constitue au contraire une forme de thésaurisation par la viande où sont placés les gains de l'éleveur, de ses proches et sa famille, des propriétaires ou des spéculateurs citadins qui placent leurs bêtes chez des éleveurs. Ce type de production intègre la jachère et les sous-produits des cultures, les fourrages naturels des pelouses progressivement exondées autour des zones humides jusqu'au début de l'été, époque à laquelle le troupeau se déplace pour aller se nourrir dans les massifs forestiers à proximité des exploitations. Dans la zone montagneuse, le bétail est la seule préoccupation de l'éleveur qui n'est pas systématiquement cultivateur. La taille des troupeaux est plus grande et peut atteindre la centaine des bêtes. Tenter de dénombrer le cheptel s'est toujours avéré être une entreprise difficile dans la mesure où les éleveurs dissimulent le nombre réel de leurs bêtes. Cette attitude qui a probablement pour origine la crainte ancestrale des paysans de se voir dépouillés de leurs troupeaux ou d'en être fortement imposés, ne se justifie plus de nos jours que les éleveurs restent réfractaires et se montrent méfiants à l'égard de toute tentative de recensement du cheptel.

Tab.3.8. Tableau des effectifs de bovins, ovins et caprins

	Effectifs estimés pour la wilaya	Effectifs estimés pour Le PNEK
Bovins	40000	20000
Ovins	15000	5000
Caprins	12000	4000

Les comparaisons des chiffres du nombre de bêtes obtenus à partir des différentes sources nous amènent à faire les constations suivantes. Les éleveurs visent le veau, l'agneau et le chevreau plus que l'obtention des sous-produits comme le lait, la laine ou le cuir. Rarement l'éleveur associe les trois catégories de bétails, bovins, ovins et caprins. 70% des éleveurs sont sans terres mais connaissent parfaitement les cycles des inondations et des sécheresses et

savent prendre les dispositions nécessaires pour assurer les compléments en nourriture du bétail.

Très peu d'importance a été accordée par les pouvoirs publics au développement de l'élevage d'expériences malheureuses ont été tentées dans les DAS (Domaines agricoles socialistes), entre 1975 et 1985 avec l'importation de 1000 vaches laitières, puis une seconde fois en 1990.

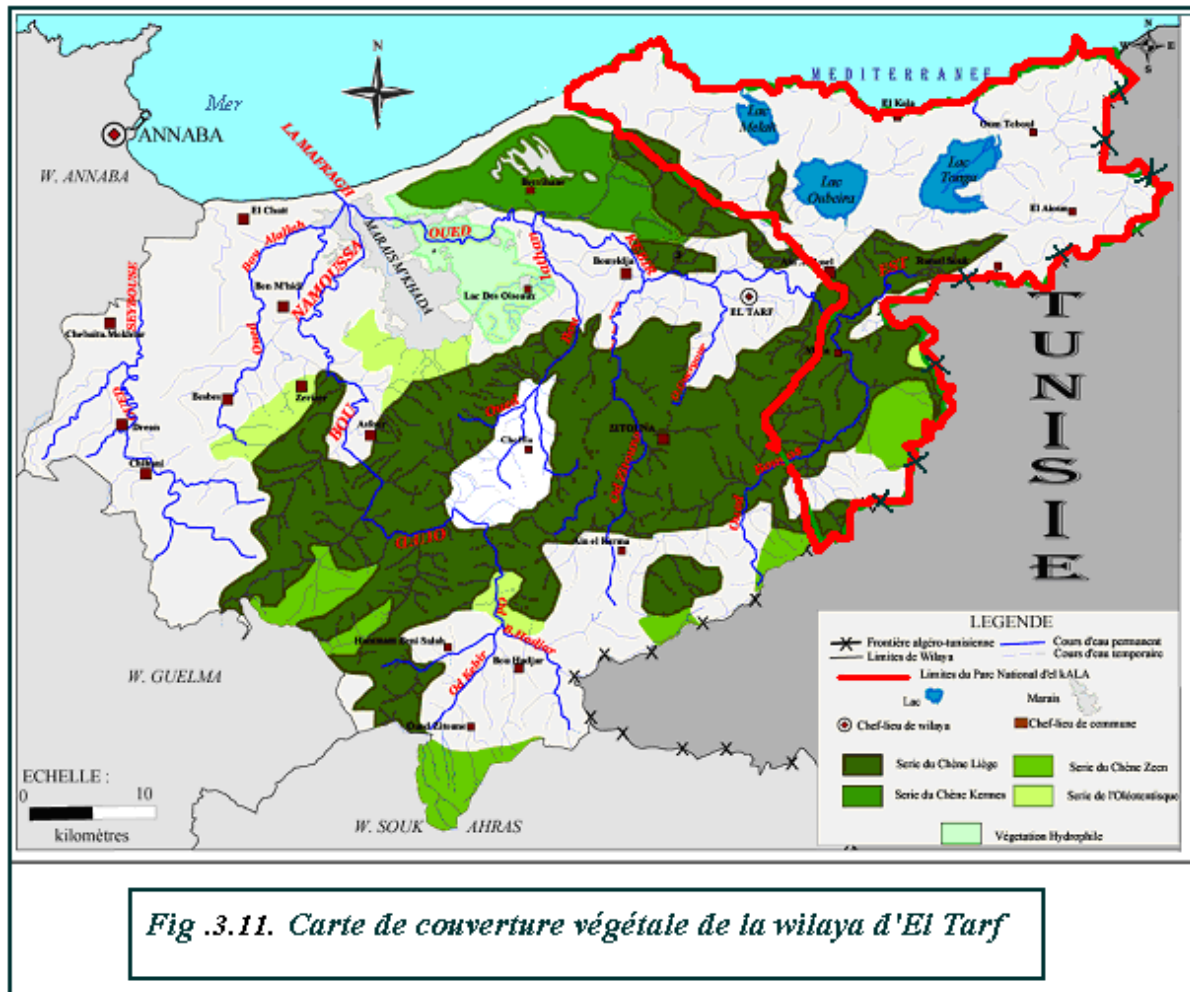
Les élevages de volailles ne fonctionnent qu'à 30% de leurs capacités et donnent un peu plus de 300000 poulets/an. Par contre, l'apiculture a suscité ces dernières années, un engouement de la part des jeunes apiculteurs qui ont pu bénéficier d'une formation rapide dispensée par la chambre de l'agriculture. On compte 3255 ruches dans le périmètre du Parc National d'El Kala dont 2175 de type moderne.

5.2.3. Forêts

Compte tenu de la superficie des forêts couvrant le Parc « 54000 ha » et de la biodiversité de cet écosystème composé principalement de chêne liège, de chêne zen, de pins maritimes et d'eucalyptus.

La forêt longe le littoral coté Ouest, elle est constituée généralement de maquis dans la partie Est ; mais à partir du Cap Rosa s'étend une forêt dense incluse dans le Parc National d'El Kala.

Les activités au niveau de ce secteur se résument essentiellement à l'exploitation du bois et des feuilles d'eucalyptus, le démasclage du liège, les travaux sylvicoles et l'ouverture des pistes, ce qui a permis de générer un nombre considérable de postes de travail saisonnier dans la région.



5.2.4. Pêche

Avec une frange marine qui s'étale sur 90 km de long, dont 40 km sont incluse dans le Parc, des espaces lacustres, des oueds, des barragesetc. cette activité qui a des effets appréciables tant au plan de loisirs qu'écologique attire de nombreux pêcheurs des wilayas limitrophes (Annaba, Souk Ahras, Guelma).

La réglementation de cette activité ainsi que la création de postes de pêche sportive sur les rives de l'oued El Kebir et au bord des lacs Tonga, El Mellah et Oubeira seront d'un apport certain pour le développement de la wilaya et par conséquent le développement du Parc National d'El Kala.

La pêche est considérée comme un parent pauvre de l'économie nationale, pour n'avoir pu réaliser son essor. Les mesures incitatives qui ont favorisé l'accroissement du nombre d'embarcation, n'ont pas apporté le savoir-faire nécessaire à l'indispensable modernisation

des techniques. El Kala compte 1500 marins pêcheurs qui exercent un métier où les difficultés sont nombreuses. La moyenne du nombre de sorties mensuelle est de 8, soit 25%. Un chiffre très bas en raison d'une difficulté technique qui rend dangereuses les sorties du port en cas de forte mer. Il semblerait que la réalisation d'un nouveau port plus à l'Ouest s'est révélée plus rentable que d'entreprendre la restauration de l'actuelle jetée.

La pêche est pratiquée avec des moyens très archaïques et les embarcations sont vieilles. Si quelques unes d'entre elles ont bénéficié d'équipement de navigation et de détection des bancs de poissons, la force de l'habitude l'emporte chez les raïs (patron pêcheurs) qui n'ont reçu aucune formation et continuent d'écumer les mêmes zones de pêches que leurs aïeuls.

La pêche dite traditionnelle au petit métier, plus sélective dans les prises, emploie un plus grand nombre de personnes parce qu'elle présente les avantages d'être accessible sans de gros investissements et sans les charges d'exploitation des grandes embarcations devenues une lourde contrainte par le manque de pièces de rechange et l'inexistence des services portuaires de maintenance.

Tab.3.9. pêches de poisson et de corail pour l'année 2000

Type de production	Genre de poisson	Quantité en (tonnes)
Production halieutique	Poisson bleu	610
	Poisson blanc	130
	Crustacés	12
	Squale espadon	20
Production de corail	-----	2.1

La pêche commerciale est aussi pratiquée sur les plans d'eau dans la région étudiée, elle l'est depuis la fin du siècle dernier sur le lac Mellah, l'unique lagune d'Algérie, qui est en fait un lac d'eau douce qui s'est progressivement marinisée par les élargissements successifs du chenal par lequel il communique avec la mer. Les eaux du lac étaient encore saumâtres et productives avant la dernière rectification qui date de 1986, elles sont maintenant totalement marinisées et envahies par des espèces marines qui sont de moindre valeur écologique. Les

eaux autrefois plus riches ne contiennent pas les mêmes quantités de loups, dorades, soles, crevettes, mulets et anguilles.

Des essais d'élevages de mollusques qui ont donné des résultats satisfaisants ont été entrepris dans le cadre d'un programme de développement de l'aquaculture sur la zone pilote d'El Kala de 1980 à 1984. Dans ce même cadre, le lac Oubeira, a été le lieu d'expérience de réempoissonnement avec l'introduction de près de 7 millions d'alevins de carpes qui se sont développés au détriment des espèces autochtones, barbeaux et anguilles, qui ont fini par disparaître. Ces deux importantes zones humides du Parc se sont considérablement appauvries sur le plan de la diversité et de la productivité. Les espèces piscicoles autochtones, bien adaptées, ont disparues sans que celles qui les aient pu combler le manque à gagner.

Au lac Tonga, un exploitant privé pêche et exporte l'anguille, activité qui est dénoncée par le Parc et les associations de défense de la nature pour les énormes préjudices qu'elle cause à la faune aquatique et tout particulièrement les canards plongeurs et la loutre pour lesquels cette zone humide est un sanctuaire.

5.2.5. Mines et carrières

La géologie régionale favorise l'exploitation des roches pour les matériaux de construction.

L'extraction de sable, grès et argile a entraîné l'ouverture de nombreuses carrières et sablières de façon très anarchique. Dans la zone sud du Parc, la réalisation d'un réseau de voies de communication s'est effectuée à partir de matériaux argileux prélevés sur place et qui a donné une multitude de carrières. On compte une bonne dizaine de sablières autorisées ou non autour d'El Kala et dont les prélèvements ont été estimés à 200 000 tonnes/an. Les carrières ouvertes dans le bassin versant du lac Mellah ont considérablement affecté le caractère sauvage et vierge du Parc National d'El Kala.

Il existe une seule mine de la région lacustre, située à Oum Teboul. C'est une mine de blende, du galène, de baryte et pyrite de cuivre, désaffectée depuis une vingtaine d'années, mais qui continue de polluer l'environnement avec des rejets d'eaux de ruissellement et de lessivage chargées d'oxydes.

5.2.6. L'Industrie

L'industrie au sens propre du terme est pratiquement inexistante dans le Parc National et par extension dans toute la wilaya. La région a été ainsi préservée par les choix faits dans les années 70 de concentrer l'activité industrielle autour d'Annaba. La protection apportée par la création du Parc National au début des années 80 et l'opposition apparue localement contre une industrie de pâte à papier sur les bords du lac Oubeira ont découragé les promoteurs de ces secteurs d'activité. Ce qui est considéré localement comme industrie se résume à quelques activités relèvent de la petite et moyenne entreprise (PME/PMI). Les plus grosses sont une fabrique de menuiserie générale à El Tarf et une unité de fabrication de Siporex à Oum Teboul. A coté de cela il faut compter une unité de fabrication de matériel sanitaire à El Kala. Ce secteur employait jusqu'à 1000 personne avant qu'il ne soit touché par les reformes économiques. Des mesures incitatives pour drainer des investissements et des promoteurs privés sont restées sans succès. Les dossiers qui ont été présentés dans ce cadre visent particulièrement l'agro-alimentaire et le tourisme, activités qui aussi ont l'inconvénient d'être consommatrices d'eau et productrices des rejets polluants.

5.2.7. Le Tourisme

La vocation touristique de la wilaya apparaît à travers la diversité de ses nombreuses et indéniables potentialités. Elle recèle des atouts certains et uniques en Algérie et rares à travers le monde.

Le Parc dispose d'un potentiel touristique exceptionnel dans le pays avec un littoral parsemé de sites balnéaires et de plusieurs sites d'un extrême :

Lacs, forêts et montagne. Cette diversité devrait permettre l'installation d'une gamme étendue de formules touristiques aussi bien sportives que culturelles à coté du tourisme de détente et de loisirs.

Les programmes de développement locaux et nationaux accordent une place prépondérante à ce secteur en égard aux énormes avantages qu'offrent les atouts naturels de la région. Dans ce but une zone d'extension touristique (ZET) a été identifiée dans les limites de la région lacustre d'El Kala, d'une superficie de 52 Hectares sur la plage de la Messida. La concentration de plusieurs centaines de milliers d'estivants sur les plages dans des conditions des plus en plus difficiles, parce que le développement des infrastructures n'a pas suivi la

croissance de l'affluence, constitue l'essentiel de l'activité touristique auquel il faut ajouter les passagers en provenance ou à destination de la Tunisie.

La forte affluence estivale que ne peuvent plus contenir les nouvelles infrastructures à El Kala (Hôtels, pensions de familles et le gîte chez l'habitant) donne l'apparence d'un secteur en pleine expansion.

5.2.8. L'Artisanat et autres activités traditionnelles

Malgré la richesse de la région d'El Kala en ressources naturelles (Corail, Bruyère, Doum, Jonc, Roseaux, plantes médicinales, plantes aromatiques, plantes à huiles essentielles...), susceptible de générer un nombre non négligeable d'activités économiques au profit de la population locale, les activités artisanales traditionnelles restent peu développées, celles-ci se résument à la fabrication de pipes, de petits bijoux de corail, la vannerie, l'extraction des huiles « lentisque et olive » et la poterie pour les besoins personnels.

En ce qui concerne la vannerie, la confection de chapeaux, de couffins et de nattes est destinée beaucoup plus à l'utilisation personnelle. La vente de ces produits est occasionnelle.

Le littoral est très riche en corail rouge, le plus cher et le plus convoité au monde. Cette ressource est exploitée depuis le 17^{ème} siècle. Un arrêt d'exploitation a été enregistré de 1940 à 1974 pour des raisons inconnues. Cette suspension a permis la restitution des récifs (le rythme de croissance est de 8 mm/an). Actuellement, la transformation du corail est une activité peu développée dans la région, la plus grande part de cette ressource est destinée à l'exportation.

La bruyère est une richesse naturelle considérable, utilisée essentiellement dans la sculpture et la fabrication des pipes. Cette dernière, s'est développée dans la région au début du 20^{ème} siècle grâce à des colons Italiens. En 1975, l'état s'est intéressé à ce secteur par la construction d'une unité de transformation dont la capacité est de 90 quintaux/an mais qui actuellement est orientée vers l'exportation des produits bruts faute d'adaptation au marché international.

La flore de la zone étudiée est diversifiée notamment en plantes médicinales, aromatiques et à huiles essentielles. Leur utilisation est généralement à titre personnel et concerne uniquement certaines espèces.

Les plantes médicinales sont utilisées sous forme de poudre, de tisane (menthe, Camomille, thym, Lavande...) ou de préparation (teintures, extrait, sirop...). Les plantes les plus utilisées sont l'olivier, le lentisque, la menthe, la Lavande, le Laurier, et le Thym qui sont aussi considérées comme aromatique.

Les huiles essentielles sont des essences volatiles et odorantes extraites par distillation ou par expression des fruits, des fleurs ou feuilles. Les techniques employées donnent des rendements médiocre ce qui explique peut être le désintéressement de la population locale pour ces activités (le prix d'un litre d'huile de lentisque est supérieur à 400 DA, l'huile d'olive 200 DA, et l'huile de cade 100 DA).

L'apiculture possède des potentialités immenses dans la région. Cependant, la production actuelle de miel est faible. Cette déficience est due essentiellement au manque de moyens de production. Le prix d'un litre de miel est généralement supérieur à 1000 DA, les consommateurs locaux se procurent généralement du miel qui provient des autres wilayas ou celui de l'importation qui coûte moins cher. La valorisation de ce secteur serait assurément d'un grand apport au développement socio-économique de la région, former des jeunes apiculteurs et les aider financièrement est indispensable à la pérennité de cette activité.

Introduction

- Cadre structural local des sources du Parc

Le territoire du Parc National d'El Kala, au relief très peu marqué comporte des limites naturelles avec la mer méditerranée au Nord et partout les massifs montagneux argilo-gréseux des monts d'El Kala où l'étanchéité est assurée par l'extension des argiles du Numidien d'ailleurs à l'origine de nombreuses sources.

Ces monts d'El Kala occupant tout le secteur Sud du Parc où percole plus de 70% des sources renferment dans son sous-sol un potentiel hydrique assez précieux surtout d'un point de vue qualitatif. Il est constitué par un réseau de sources utilisées surtout pour l'alimentation en eau potable des habitations rurales et l'irrigation de petites parcelles de terre tel que les jardins potagers.

Dans cette étude nous essayons dans un premier temps de dresser un inventaire complet des différentes sources à travers le territoire du Parc, d'identifier les facteurs responsables de la variation des débits et dans un deuxième temps d'analyser les caractéristiques physico-chimiques.

1. Inventaire des différentes sources du Parc National d'El Kala

La connaissance des sources à travers le Parc National d'El Kala (réserve de la biosphère) s'avère un outil de grande importance dans la gestion et la préservation des ressources en eau.

A cet effet, la nécessité de recenser et d'évaluer les sources et leur qualité s'insère dans les processus de conservation de chacune d'elles pour une meilleure gestion durable.

A la suite de nombreuses sorties sur terrain en compagnie des agents du Parc et des ingénieurs de la direction d'hydraulique de la wilaya d'El Tarf, nous avons pu recenser et identifier 62 sources dont le débit est variable de quelques litres à des dizaines de litres.

Les sources identifiées sont caractérisées par des écoulements permanents, variables selon les hautes et basses eaux dont la plupart sont issues des formations gréseuses du Numidien, généralement soutenues par des nappes perchées alimentées par les précipitations (le Parc enregistre plus de 1000 mm/an et la saison pluvieuse dure plus de sept (07) mois/an) tel que Ain Melloul. L'autre catégorie des sources est alimentée directement par les nappes aquifères présentes dans les différents dépôts dunaires du littoral du Parc telle que la source de Ain Segleb.

La première constatation à l'œil nu est la couleur rougeâtre dans la majorité des sources surtout en hautes eaux due aux apports de particules argileuses fines entraînées par les écoulements.

1.1. Matériel et Méthode

- pH mètre ;
- Thermomètre ;
- Conductimètre ;
- Turbidimètre ;
- Seau de 10L et autre d'1L selon la source ;
- Chronomètre pour mesurer les débits ;
- Appareil photo numérique ;
- Pelle et pioche pour aménager les sources difficiles à collecter leurs eaux ;
- Carte topographique 1/50000 et 1/25000 ;
- Global positioning system (GPS).

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser.

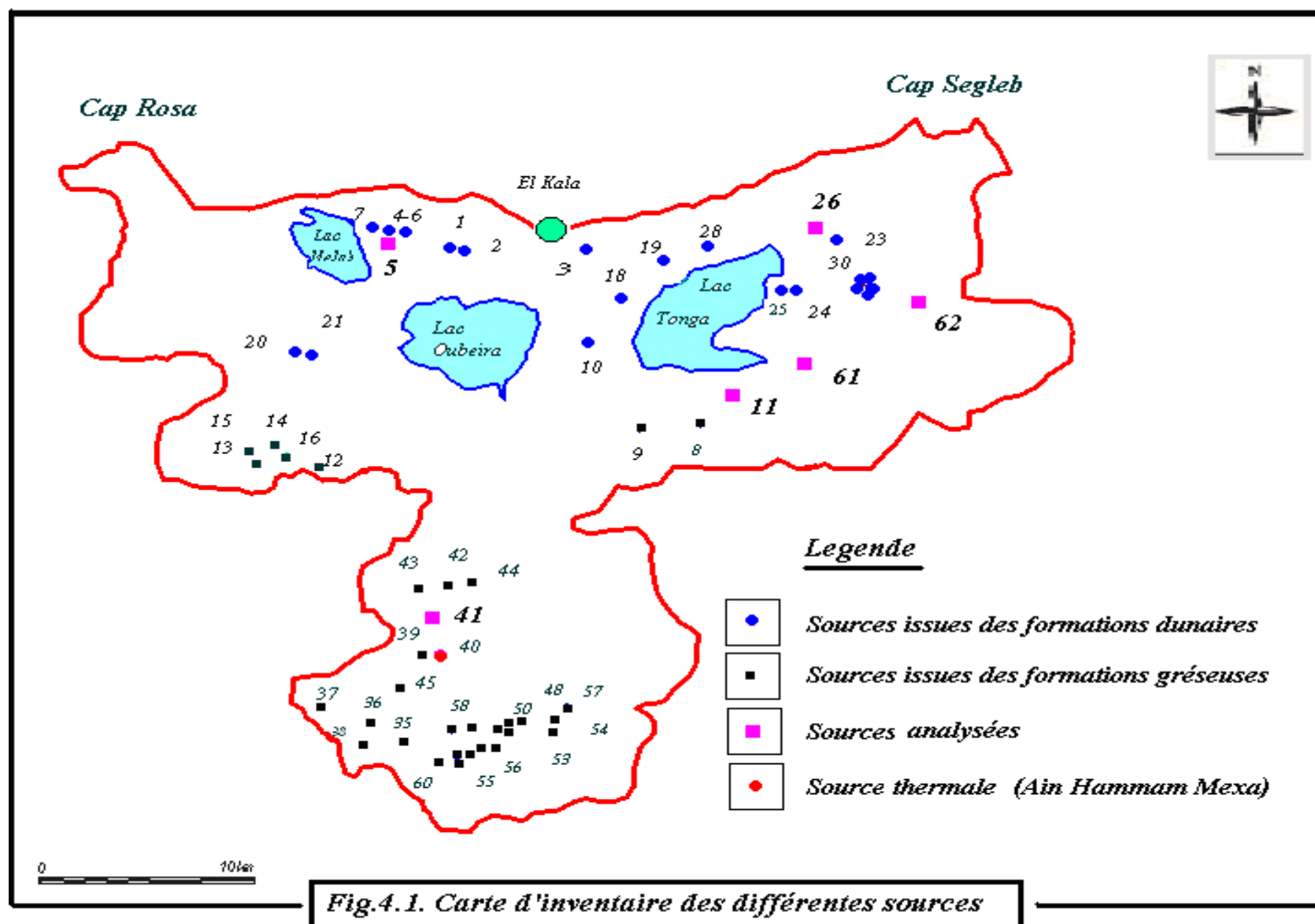
Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.

La nature du matériau du récipient de prélèvement est importante, car celui-ci ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser => Passage en solution d'éléments chimiques entrant dans la composition du flacon ou fixation de certains ions de l'eau sur les parois du récipient... Le matériau idéal n'existe pas et l'emploi de tel produit plutôt que tel autre dépend de la nature des éléments à doser

Tab.4.1. Inventaire des différentes sources avec dénomination et coordonnées

N° de La Source	Nom de la Source	Coordonnées Est	Coordonnées Nord	Altitude en (m)
1	El Aouaina	008°24,443	36°54,367	64,6
2	El Aouaina2	008°24,665	36°54,283	60,9
3	Pompe Bleue	008°26,425	36°52,314	73,4
4	Ain Lehnin	008°22,400	36°54,785	50,1
5	Ain Stah	008°22,597	36°54,709	61,7
6	Chaaba el Hamra	008°22,711	36°54,688	59,4
7	Nachaat eddardara	008°22,178	36°54,769	68,4
8	Ain el Karma	008°32,059	36°49,176	45,9
9	Ain el Gannourya	008°30,178	36°49,024	51,3
10	Mcht Fid Mrad	008°28,552	36°51,590	25,4
11	Ain Tebib	008°32059	36°49,170	45
12	Bir Hssin	008°19,370	36°48,279	31,8
13	Ain el Ghomd	008°18,300	36°48,023	21,2
14	Ain el Mzdra	008°18,421	36°47,947	25,4
15	S1	008°17,775	36°48,542	121,9
16	Ain Mohguin	008°19,252	36°48,222	27,6
17	Ain el Barda	008°19,275	36°48,264	27,6
18	Mehtet Tonga	008°29,551	36°52,909	2,7
19	El Aouinet	008°31,039	36°53,841	1,1
20	S2	008°19,520	36°51,292	189,5
21	S3	008°20,085	36°51,200	19,6
22	Ain El Kef	008°31,471	36°53,871	42,7
23	Ain Seglab	008°36,305	36°54,601	20,2
24	Ain Terchay	008°34,991	36°53,092	9,4
25	Ain Boulghar	008°34,208	36°53,156	16,8
26	Ain Melloul	008°32,615	36°35,762	15,9
27	Ain Mgatt Hdid	008°31,601	36°53,800	115,8
28	Ain Belabes	008°32,139	36°54,041	262,3
29	Ain Belabes 2	008°32,179	36°54,036	254,7
30	Ain Dar Leguouared	008°37,00	36°53,158	297,5
31	Ain Dar Leguouared2	008°37,190	36°53,068	235
32	Mgatt Sbaya	008°37,238	36°53,163	230
33	Mgatt Sbaya 2	008°37,307	36°53,368	235
34	Mgatt Sbaya 3	008°37,231	36°53,373	217,2
35	Ain les rebeles	008°22,929	36°39,723	179
36	Ain goustou 1	008°19,847	36°38,487	257
37	Ain goustou 2	008°19,866	36°38,491	248
38	Ain el Hamra	008°21,791	36°38,842	228,6
39	Ain Goteaya	008°23,4322	36°42,305	178
40	Ain Hammam Mexa	008°23,918	36°42,296	113
41	Ain Legsab	008°23,790	36°43,421	110,20
42	Ain Spactour	008°22,418	36°36,251	864,3
43	Ain Fersig	008°23,018	36°36,464	986,1
44	Ain Reggala	008°22,093	36°38,676	244

45	Ain Boumendjel	008°22,785	36°41,307	225
46	Ain Bounouara	008°24,500	36°39,273	459
47	Ain Khechba	008°24,559	36°39,146	507,06
48	Ain Oued erteb	008°26,585	36°40,333	430
49	Ain Le rak'ha	008°24,989	36°40,138	309,6
50	Ain Gnen chem	008°26,217	36°40,272	379,5
51	Ain Le Hazhaza	008°26,080	36°39,995	447,9
52	Ain Dar djabra	008°25,872	36°40,114	389,7
53	Ain Ettercha	008°27,462	36°39,997	704,3
54	Ain Kentila	008°27,541	36°40,389	629,5
55	Ain Elkbir	008°25,274	36°39,516	449
56	Ain Bougaila	008°25,686	36°39,534	497
57	Ain Sbayes	008°27,951	36°40,736	584,3
58	Ain Kihana	008°23,034	36°29,025	361
59	Ain Charchara	008°24,900	36°39,353	426,3
60	Ain Erragga	008°23,936	36°39,127	442
61	Ain Bergougaya	008°35,388	36°50,952	329
62	Ain Smail	008°35,454	36°47,871	321.3



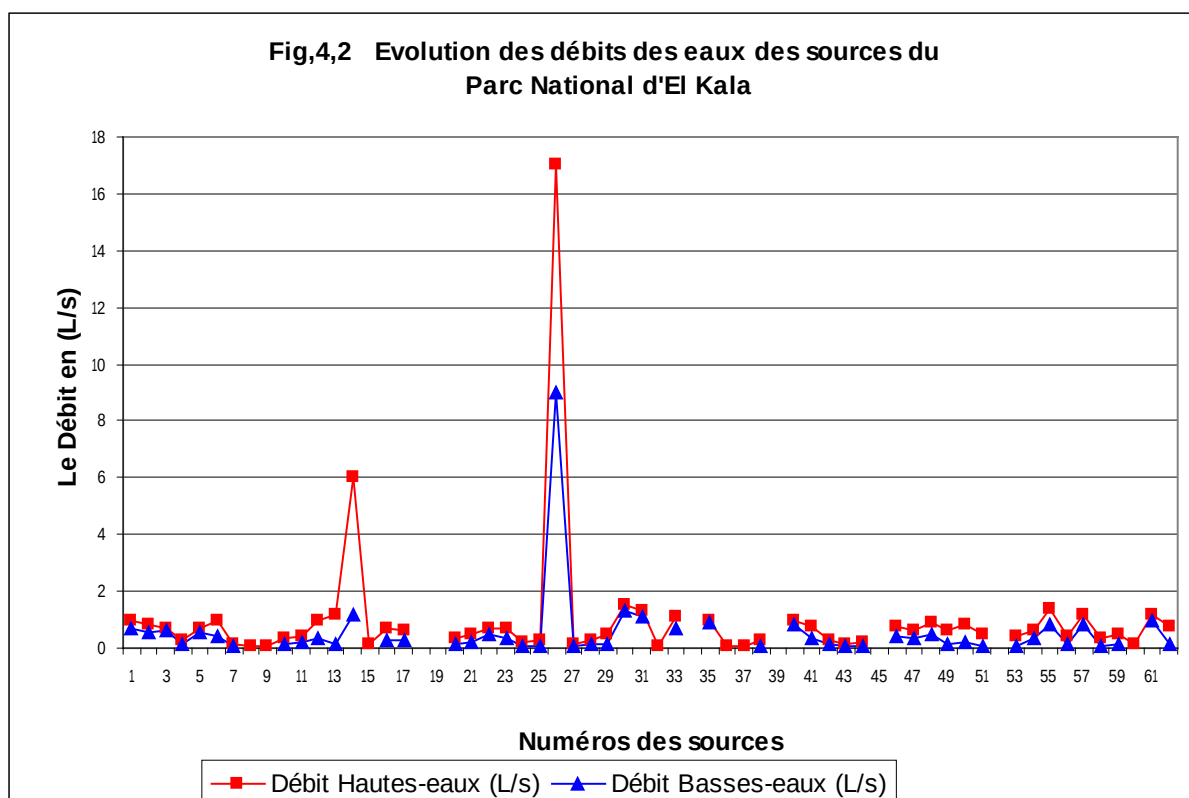
1.2. Evolution des débits des grandes sources

Afin d'étudier les mécanismes d'évolution des débits des principales sources deux séries d'échantillons ont été réalisées en 2005/2006 en hautes et basses eaux malheureusement en 2006/2007 on n'a pu faire la mesure des débits à cause de l'absence presque totale des pluies tout au long de l'hiver 2007, la majorité des sources ont gardé leur débits des basses eaux.

Les débits des hautes eaux varient peu par rapport aux débits des hautes eaux (Fig.4.2).

L'autre constatation qu'on a pu suivre sur deux sources de Ain Segleb et celle de Ain Melloul avec l'introduction de paramètres climatiques tels que les précipitations, l'évapotranspiration et la température. Nous avons pu remarquer l'influence de ces paramètres sur la diminution des débits d'ailleurs l'année 2006/2007 et son impact direct.

D'une manière générale toutes les sources du Parc sont dépendantes des précipitations comme les systèmes aquifères.



2. Données des analyses physico-chimiques

La région d'étude est l'une des plus arrosées du pays et de ce fait les eaux de pluie quelque soit leur composition chimique peuvent influencer les eaux des cours d'eau et des nappes de la région. L'eau de pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en CO_2 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, cette dernière se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques conférant aux eaux une nouvelle minéralisation, cette dernière est 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.

Pour atteindre cet objectif, deux (02) campagnes de prélèvement et d'analyses ont été réalisées, la première se rapporte au mois d'Avril 2006 et l'autre concerne le mois d'Octobre 2006. Soixante deux (62) sources réparties à travers le territoire du Parc National d'El Kala ont fait l'objet de mesures sur site et ont porté sur les paramètres physiques suivant :pH, conductivité, T° et turbidité. Par ailleurs douze analyses chimiques portant sur : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- et NO_3^- ont été réalisées au laboratoire central de l'ADE de Annaba.

2.1. Etudes des paramètres physiques

2.1.1. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

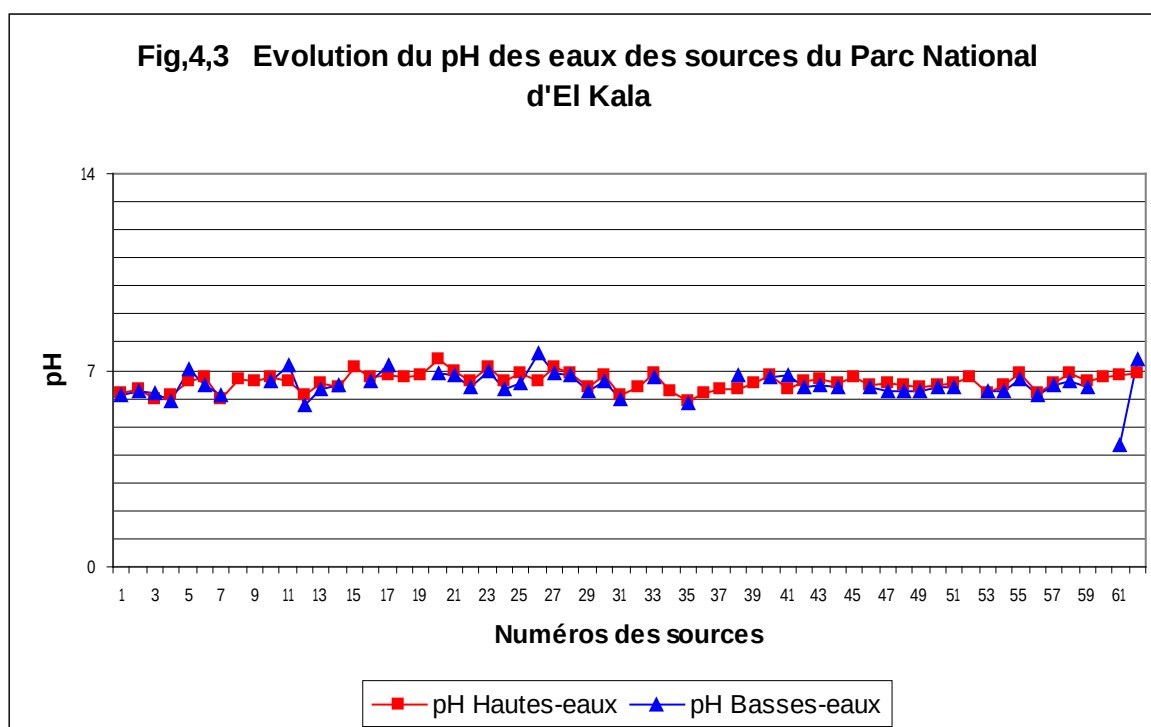
Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

Tab.4.2. Classification des eaux d'après leur pH

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles : 01 échantillon
pH = 7	pH neutre : 02 échantillons
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface : 07 échantillons
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines : 110 échantillons
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense : aucun échantillon

Les résultats des mesures du pH sont enregistrés sur le tableau (A.4.en Annexe).



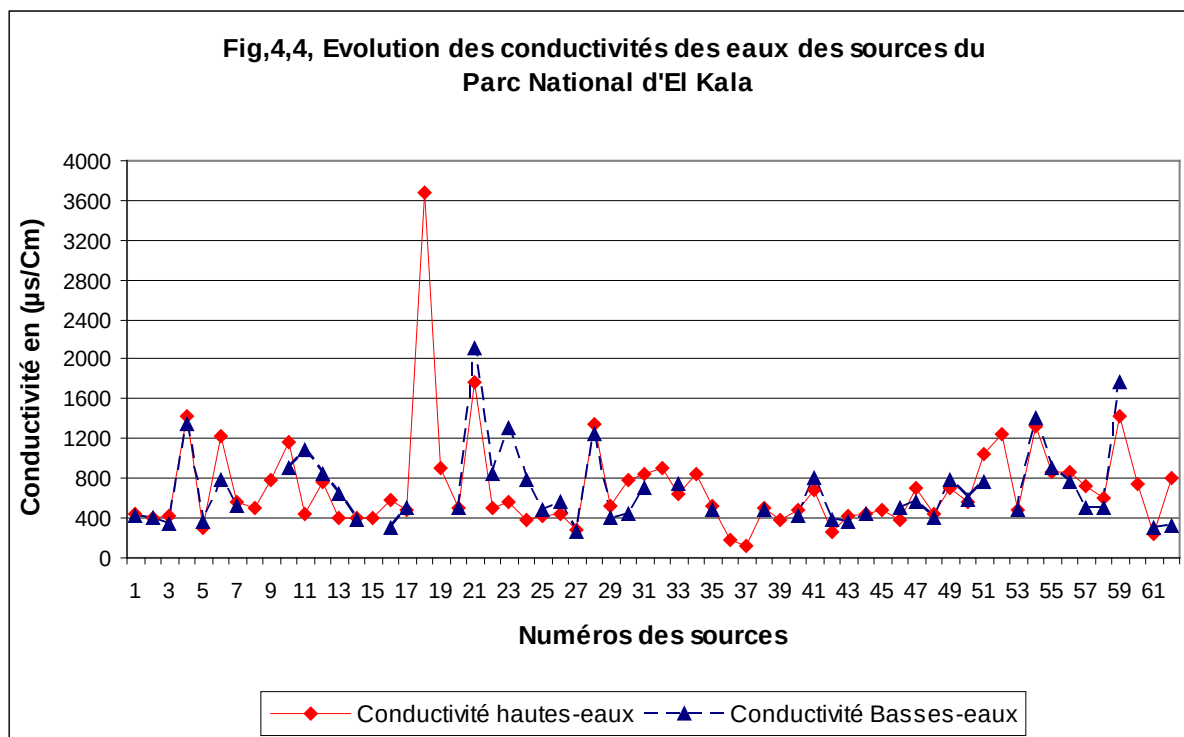
D'une manière générale les eaux de la région (fig4.3.) présentent un pH oscillant entre 6 et 8 proche de la neutralité.

2.1.2. La Conductivité Electronique (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

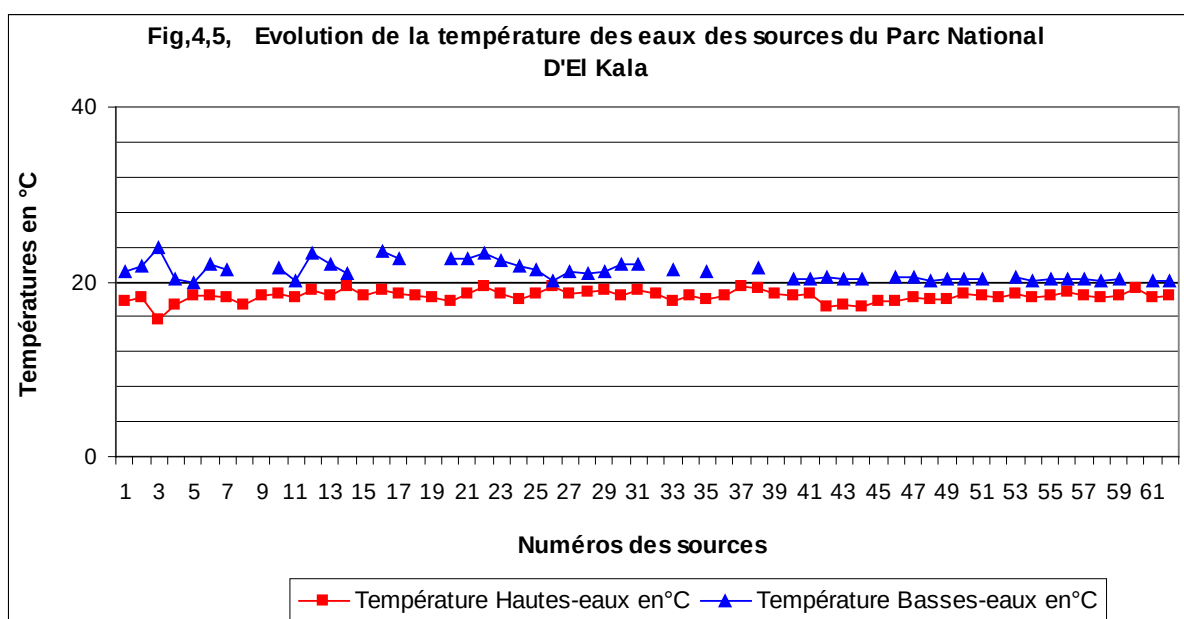
La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en terme de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Les appareils de mesure utilisés sur le terrain effectuent en général automatiquement cette conversion.

Les résultats des mesures ont permis d'observer la variation de la conductivité (fig4.4.), montrant que celle-ci variée entre 400 et 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et ceci pendant les deux périodes considérées.



2.1.3. La Température

La température de l'eau est un paramètre important car elle permet de déterminer l'utilisation des eaux pour le confort des usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.



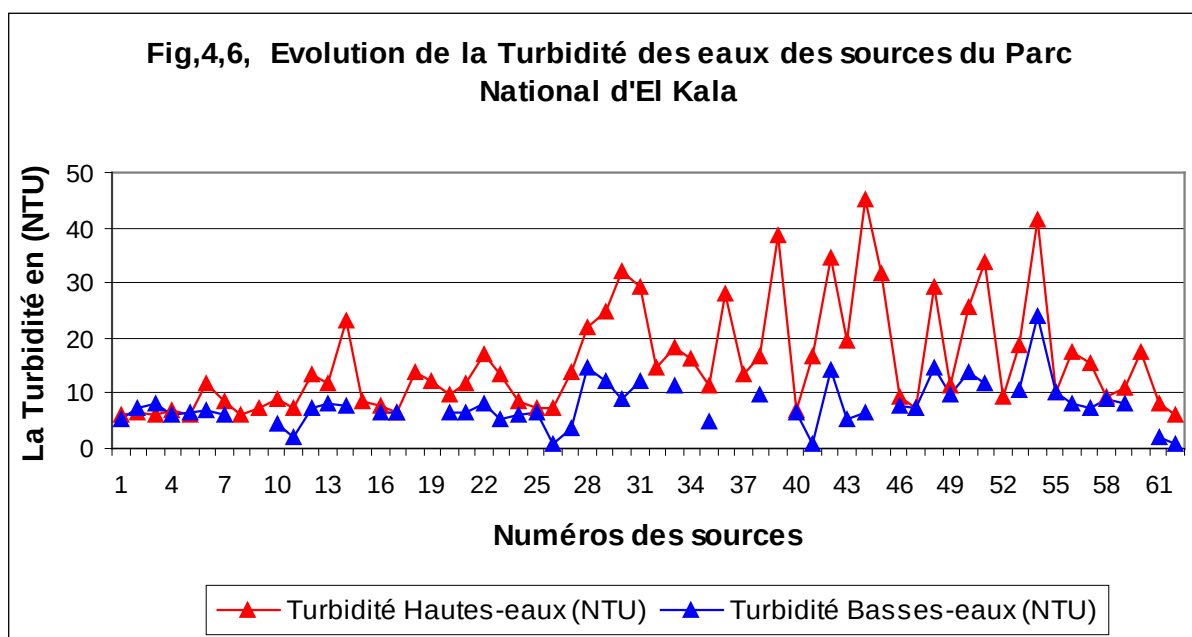
La température des eaux (fig.4.5.) avoisine toujours 20°C et ceci durant les deux périodes d'observations.

2.1.4. La turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.

Tab.4.3. Classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit)

Classes de turbidité usuelles	Nature de l'eau présentant une telle turbidité	Nombre d'échantillons présentant une telle turbidité
NTU < 5	Eau claire	07
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble	97
NTU > 50	Eau trouble	01



Le diagramme (fig.4.6.) réalisé montre qu'à partir de la source 28 la turbidité augmente d'où un apport de particules argileuses en suspension dans l'eau en plus s'ajoute un passage d'animaux sauvages s'abreuver d'où la perturbation de l'eau de la source.

2.2. Etude des paramètres chimiques

2.2.1. Dureté totale (TH °F) ou degré hydrométrique(DHT)

La dureté totale d'une eau 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;

- * une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

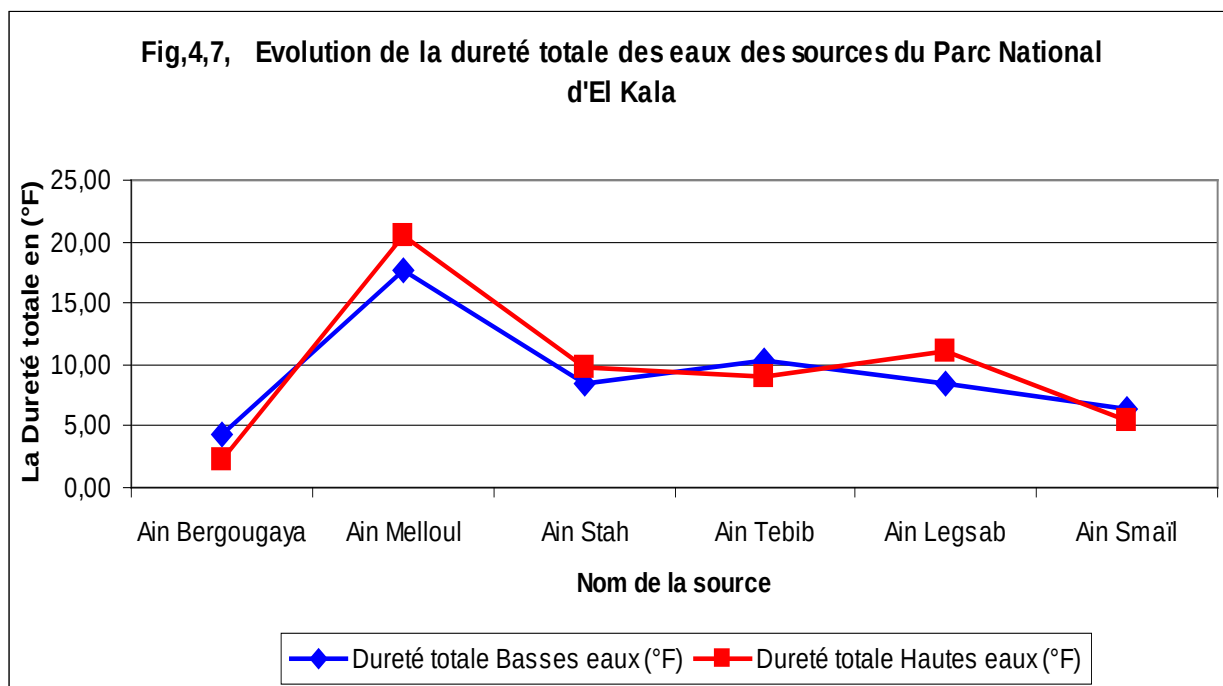
La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1 °F correspond à 10 mg de carbonate de Ca dans 1 litre d'eau.

$$\text{DHT (°F)} = (\text{rCa}^{++} + \text{r Mg}^{++}) \times 5$$

Des valeurs faibles correspondent à des eaux douces (Exemple : dans les sables du Crétacé inférieur du Pays de Bray, l'eau à un titre hydrotimétrique compris entre 5 et 20 °F). Les eaux dures ont un titre compris entre 20 et 35 °F. Des valeurs supérieures indiquent des eaux très dures (nappe captive de la craie, nappes de l'Eocène...)

La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations et des appareils de chauffage, et sur le lavage du linge. Une eau dure donne des dépôts de tartre dans les canalisations, les bouilloires et chauffe-eau, ainsi que dans les filtres des robinets. D'autre part, ces dépôts carbonatés ont un effet bénéfique en protégeant les conduites de la corrosion. Ces eaux dures pourront être adoucies par le distributeur ou par l'utilisateur (échange d'ions sur résine dans l'industrie ou chez le particulier).

La valeur moyenne de la dureté pour les eaux de la région oscille autour de 9°F (Cf. Tableau), ce qui laisse supposer que les eaux de la région sont douces, la valeur maximale atteint 20 °F, montrant que les eaux sont dures, cette valeur de dureté caractérise les eaux de Ain Meloul (fig.4.7.) et ceci durant les deux périodes d'observations.



2.2.2. Les ions majeurs : La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorures, sulfates, et bicarbonates et nitrates. Le traitement statistique effectué et reporté sur le tableau suivant (N°...), indique une conductivité relativement faible démontrant que les eaux sont peu minéralisées, coté cation le calcium et le sodium indiquent presque les mêmes concentrations, au niveau des anions les chlorures dominent et sont suivis par les bicarbonates. Pour visualiser cette répartition on a déterminé les faciès chimiques en utilisant le diagramme de STIEF.

Tab.4.4. Paramètres statistiques des éléments physicochimiques des eaux des sources « 2006 »

Libellé de la variable	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
NO ₃ (mg/l)	4.583	1.935	3.000	10.000
K (mg/l)	2.854	2.300	0.500	9.000
Ca (mg/l)	24.552	18.361	5.610	64.130
Mg (mg/l)	7.998	4.214	2.180	17.590
Na (mg/l)	38.899	29.634	19.320	111.320
Cl (mg/l)	76.398	43.475	31.910	177.500

HCO ₃ (mg/l)	57.699	61.225	1.170	225.700
SO ₄ (mg/l)	22.467	8.609	5.200	38.000
TURB (NTU)	4.956	4.451	1.000	16.520
T (°C)	19.358	0.825	18.300	20.300
pH	6.685	0.790	4.330	7.600
CE (µs/cm)	530.583	249.213	242.000	1093.000
SAL	0.250	0.096	0.100	0.400
Fe (mg/l)	0.004	0.006	0.000	0.020
Zn (mg/l)	0.139	0.115	0.000	0.340
Q (l/s)	2.708	4.895	0.150	17.000
DHT (°F)	9.470	4.982	2.310	20.490

FACIES CHIMIQUES :

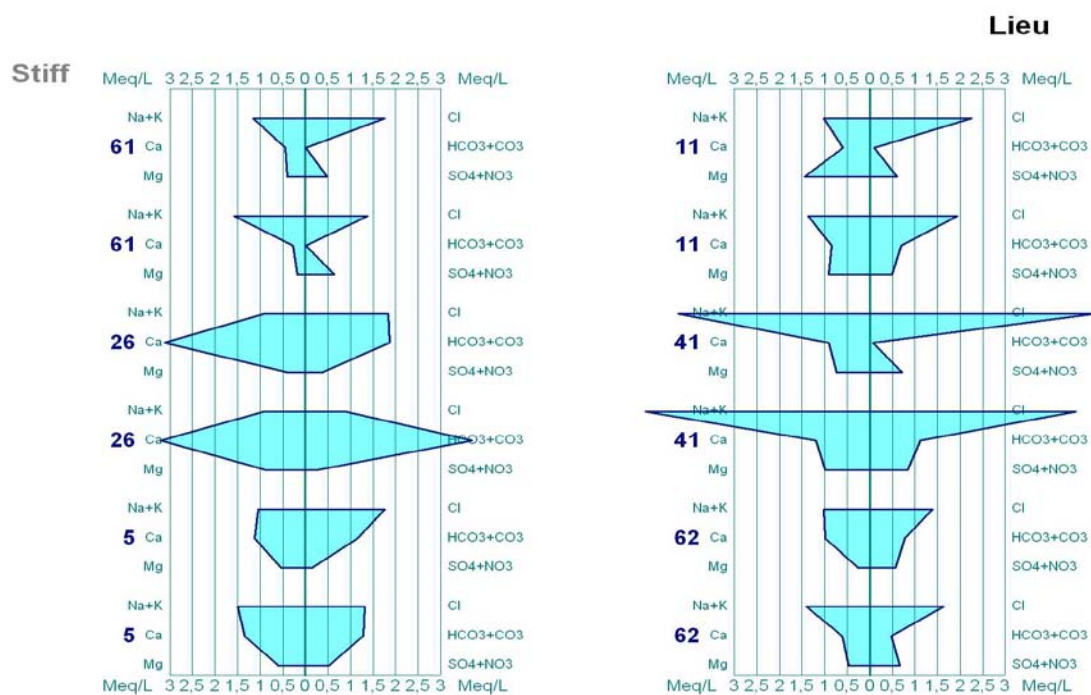
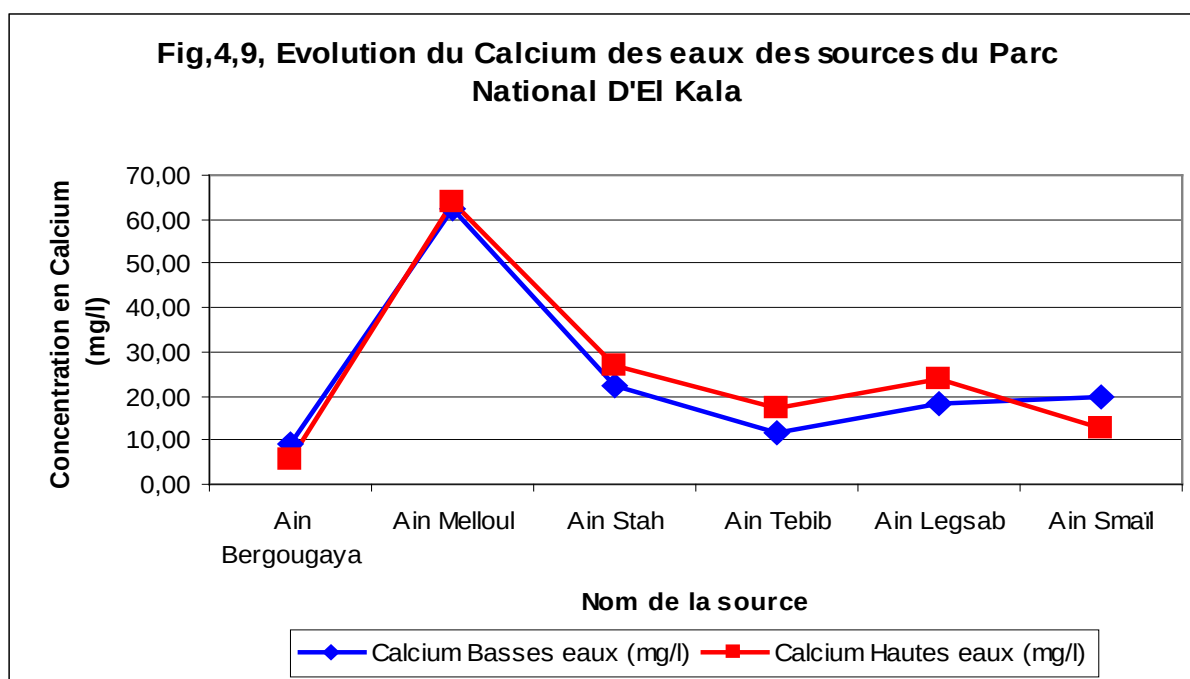


Fig.4.8. Diagramme de Stiff

Dans leur majorité les eaux présentent (fig.) soit un faciès soit chloruré calcique soit chloruré sodique, en relation avec le lieu de prélèvement et sa géologie locale.

2.2.2.1. Calcium (Ca^{++})

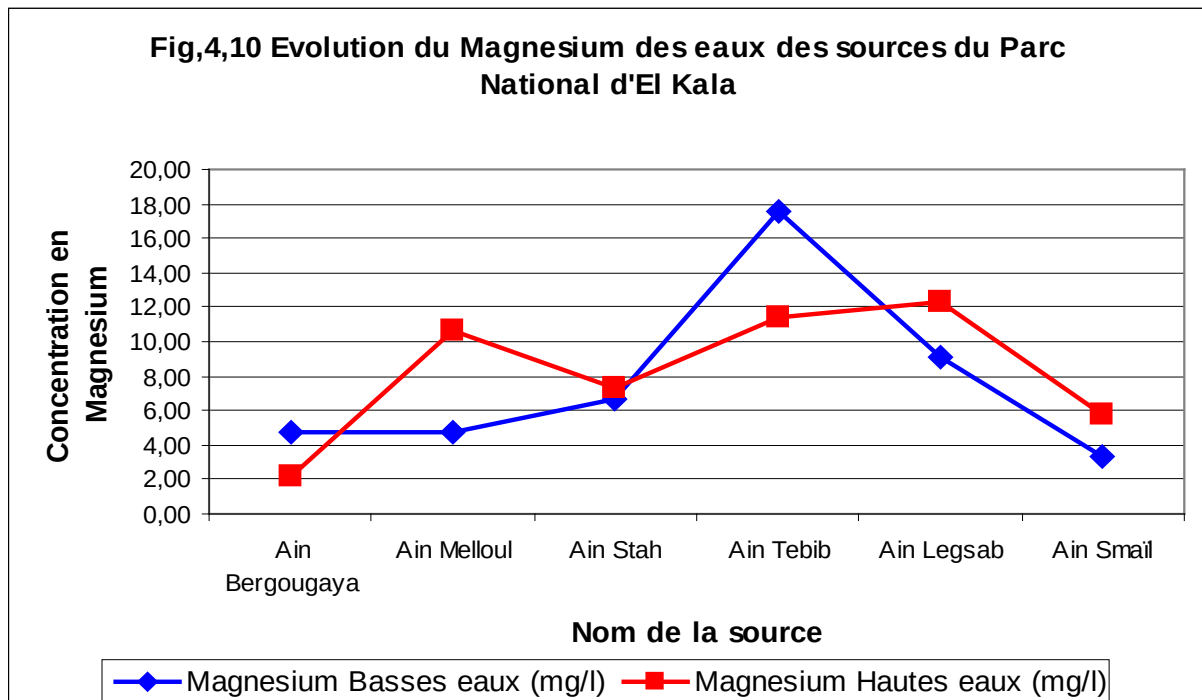
La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations gypseuses CaSO_4 et la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 .



La source Ain Melloul (fig.4.9.) avec des concentrations atteignant 70mg/L, indique les plus fortes teneurs et ceci durant les deux périodes d'observations. La répartition de l'élément calcium ne semble pas évoluer en fonction du climat.

2.2.2.2. Magnésium (Mg^{++})

Les origines du magnésium sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium (magnésite et dolomites).

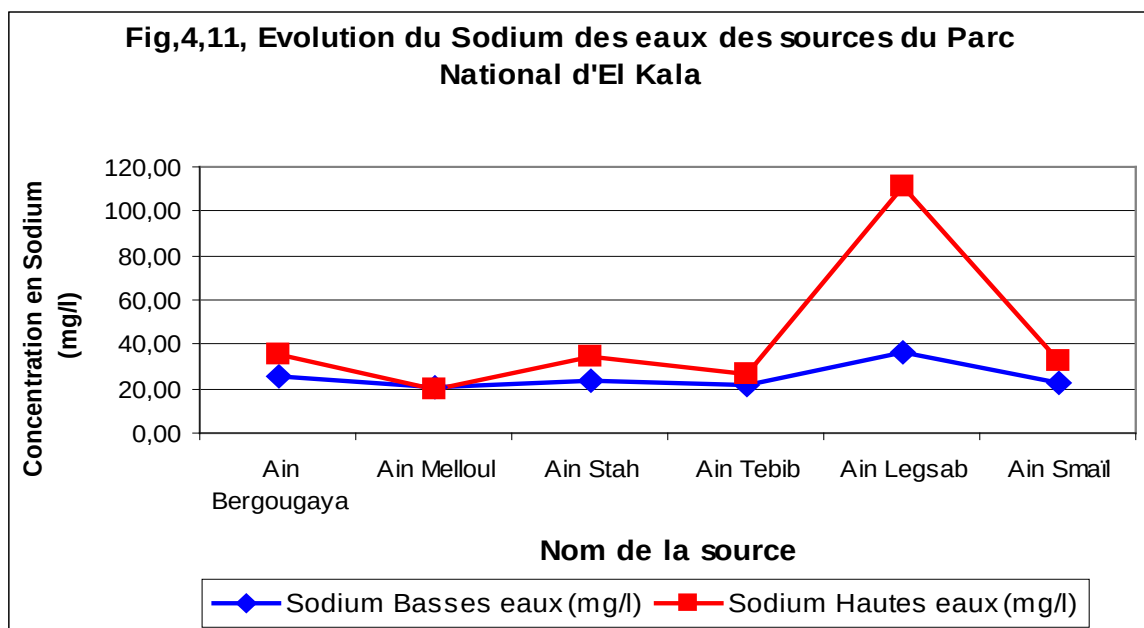


On remarque une variation des concentrations selon la période d'observation, en période de basses eaux, Ain Tebib (fig.4.10.) présente les plus fortes concentrations en magnésium mais en périodes de hautes eaux Ain Melloul et Ain Legsab présentent des eaux riches en magnésium.

2.2.2.3. Sodium :

Le sodium est souvent présent dans les eaux naturelles. En proportions très variables, il provient :

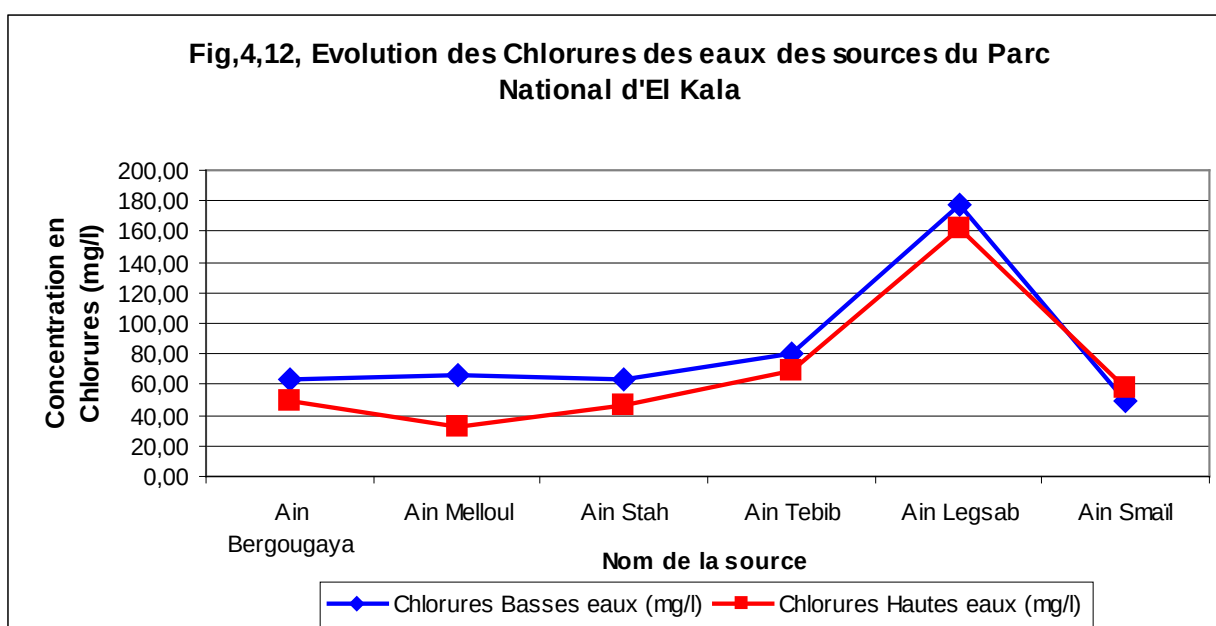
- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques (Plagnes, 1997).
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium.
- Apport atmosphériques (Plagnes, 1997).



Les eaux de Ain Legsab sont riches en sodium (fig.4.11), particulièrement lors de la période de hautes eaux, ce qui laisse supposer un apport d'eau riche en sodium.

2.2.2.5. Chlorures

L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. Ils proviennent aussi de la pollution anthropique et de l'évaporation intense qui provoque l'augmentation des concentrations en ions Cl^- , et qui se produit dans les régions où le niveau statique est proche de la surface du sol.

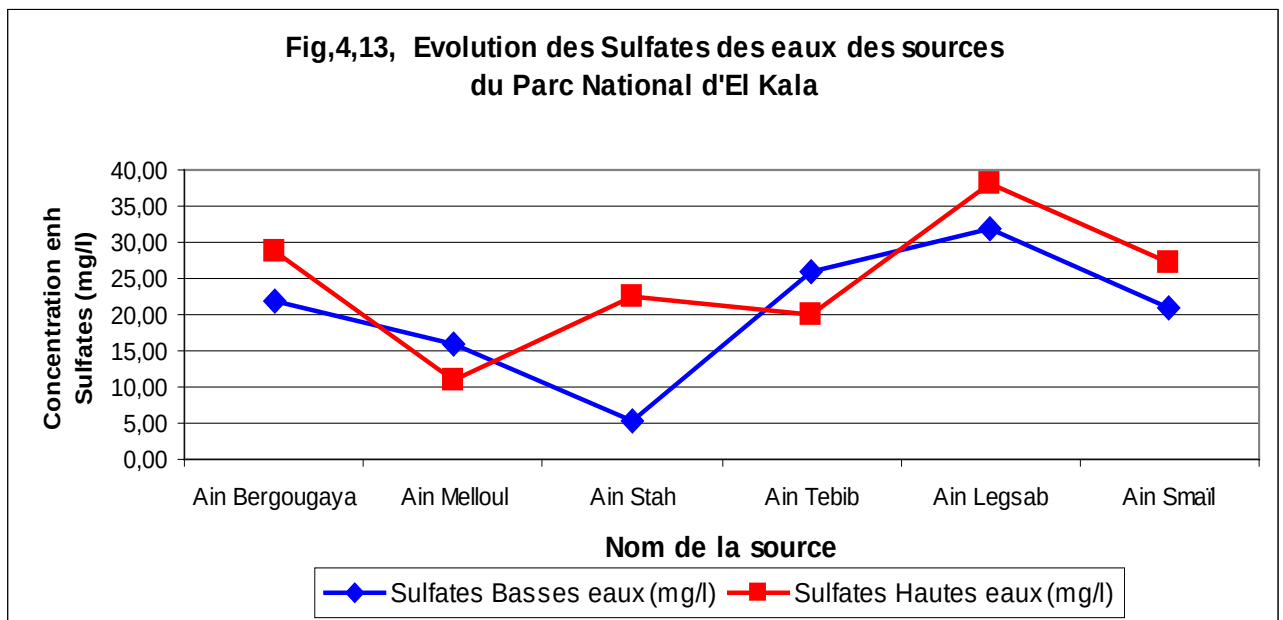


Les eaux de Ain Legsab (fig.4.12.) sont riches en chlorures autour de 200mg/L, durant les deux saisons, le décalage observé entre les deux périodes reste faible, les autres sources montrent toutes les mêmes concentrations au cours de deux périodes et ne dépassant pas 60mg/L.

2.2.2.6. Sulfates

La présence des ions de sulfate dans l'eau est liée essentiellement à :

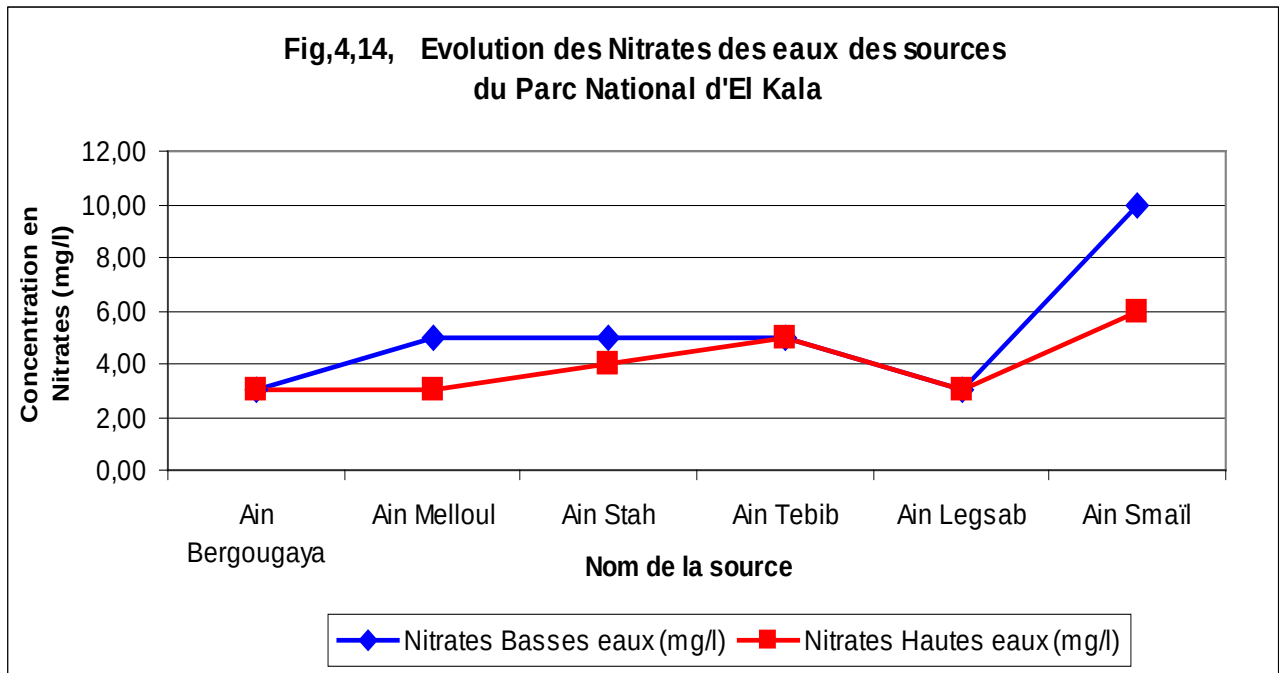
- l'oxydation du soufre présent dans l'atmosphère lors des précipitations ;
- l'oxydation des minéraux sulfurés présents dans les calcaires (pyrite) ou par dissolution de gypse ou d'anhydrite dans les terrains traversés.



Les sulfates (fig.4.13.), sont importants aux cours de la période de hautes eaux, ce qui indique un apport en riche en sulfates. Les sources montrent une évolution inverse entre les deux périodes, les sources Ain Meloul et Ain Tebib montrent une baisse des concentrations par contre les autres montent une augmentation des concentrations.

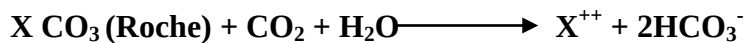
2.2.2.7. Nitrates.

Les nitrates (fig.4.14.) sont importants au niveau de la source Ain Smail, les concentrations sont élevées en période sèche



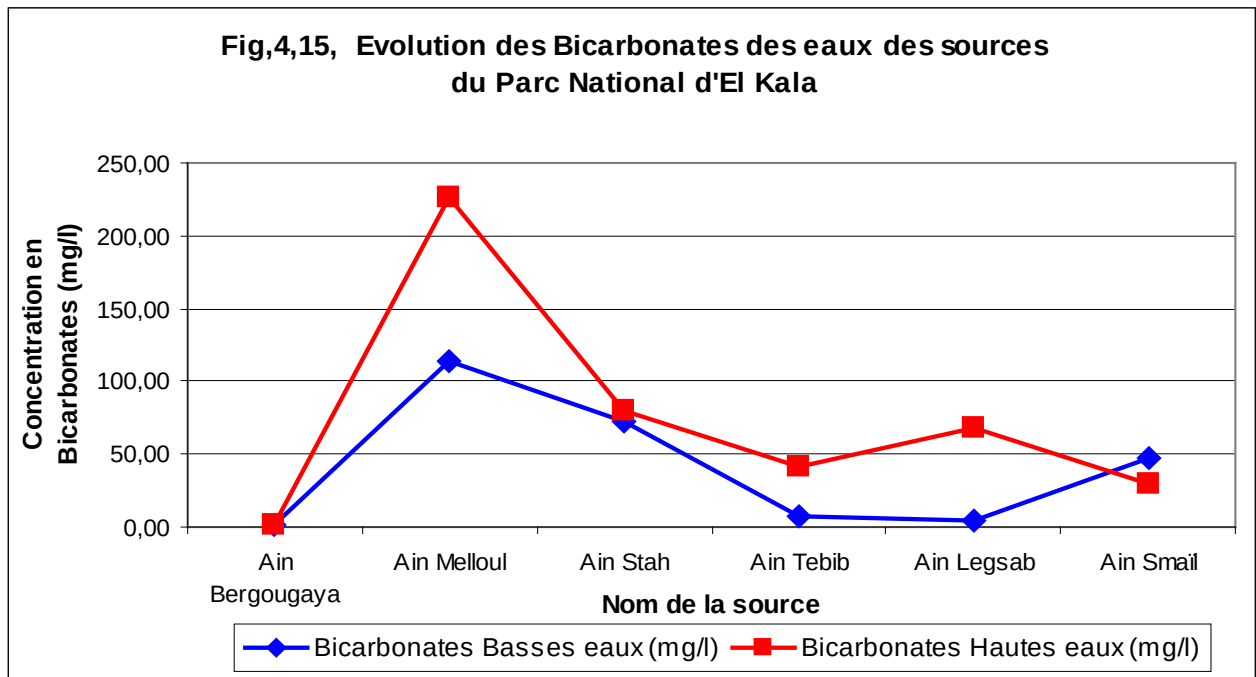
.2.2.2.8. Bicarbonates

Les bicarbonates représentent le résultat de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, selon l'équation générale :



Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont fonction :

- Du pH de l'eau ;
- De la température ;
- De la concentration en CO_2 dissous ;
- De la nature lithologique.



Les concentrations en bicarbonates (fig.4.15.) augmentent en période de hautes eaux pour toutes les sources.

Origines de la minéralisation observée :

* Dans les terrains cristallins (granitiques), sableux et gréseux -c'est à dire riche en minéraux siliceux et silicatés - les eaux sont douces: elles sont peu minéralisées mais acides et agressives pour les conduites: c'est le cas des eaux des réservoirs sableux de l'Albien et de l'Oligocène.

* Dans les réservoirs calcaires, les eaux sont dures, moyennement à fortement minéralisées en sels de calcium et magnésium; elles entartrent les conduites. C'est le cas des eaux de la nappe de la craie. Dans les réseaux karstiques, l'eau peut se charger de particules argileuses en suspension au cours des fortes pluies.

* Au contact du gypse, fréquent dans les terrains tertiaires du Bassin de Paris, l'eau se charge en sulfate de calcium et devient dure (séléniteuse) et impropre à la consommation.

* En bordure de mer, les aquifères peuvent être en contact avec l'eau de mer: échange au niveau du biseau salée, contamination de l'eau d'infiltration par les embruns salés. L'eau de la nappe devient plus ou moins saumâtre. L'invasion de la nappe d'eau douce par l'eau salée est

accélérée par les pompages et le rabattement de la nappe (cas de la nappe de la plaine du Sous au Maroc).

* L'eau des nappes alluviales a une qualité qui dépend de celle de la nappe qui l'approvisionne et de celle de la rivière.

2.2.3. Eléments polluants :

2.2.3.1. Le fer

La présence de fer dans les eaux souterraines a de multiples origines : le fer, sous forme de pyrite (FeS_2), est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes, argiles) et aux roches métamorphiques. Il se retrouve souvent à de fortes concentrations dans les eaux des cuirasses d'altération de socle.

Présent sous forme réduite (Fe^{2+}), le fer est oxydé par l'oxygène de l'air et précipite sous forme ferrique lorsque l'eau est pompée $\Rightarrow \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$

Les résultats montrent que les concentrations déterminées sont inférieures à la norme admise de 0.2 mg/L.

2.2.3.2. Le Zinc

Le zinc est un métal très répandu sur le globe, il entre dans les alliages, la galvanisation des pièces métalliques et dans la fabrication des pigments pour la peinture.

Les concentrations obtenues sont de l'ordre de 0.3 mg/l au maximum et sont très faibles comparativement à la norme admise 5 mg/L, et ce fait ne pose aucun problème pour la santé humaine.

3. les ressources en eau souterraine

Les formations alluviales et dunaires dans le Parc National d'El Kala 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 gréseuses à base argileuses. Là comme ailleurs, il est nécessaire de bien connaître la genèse et la géométrie de ces formations.

Une autre particularité concerne la relation parfois étroite avec les eaux de surface par interaction constante entre la nappe, le cours d'eau et la source. Il en résulte une alimentation qui est bénéfique ou non selon la qualité des apports. Enfin l'importance des sources est liée à la nature du substratum qui joue un rôle déterminant dans le soutien de ces dernières qui leur assure l'étanchéité totale.

Deux nappes aquifères sont observées dans le Parc National d'El Kala

3.1. La nappe aquifère d'Oum Teboul

Afin de préciser la nature de l'évolution latérale de la nappe, ainsi que la morphologie du substratum, quatre coupes hydrogéologiques ont été établies à partir des logs stratigraphiques des quatre forages parfaits : M₂, ZF₁, ZF₃, F₂ dont deux sont des profils schématiques. Fig.4.16 La coupe d'orientation NNW-SSE, traverse l'oued El Eurg juste à proximité du forage ZF₃, met en évidence l'accroissement de la nappe vers le SSE, où elle atteint 52 m d'épaisseur au niveau de ZF₃, correspond à une zone de surcroisement du substratum marno-gréseux, qui vient de buter même à affleurer, au droit de ZF₁ d'où l'on tire l'hypothèse : « qu'il s'agit d'un remplissage d'âge Quaternaire. ».

En remarquant la forme creuse du substratum, on peut constater que la couche des graviers, d'une épaisseur variant de 6 m au niveau du forage M₂ à 40 m au droit du forage ZF₃ continue son évolution latérale sous forme d'un biseau stratigraphique jusqu'à sa disparition complète au niveau du forage ZF₁.

Notons aussi l'existence d'un passage latéral de faciès de la couche sableuse et sablo-argileuse, montrant la couche des graviers entre les forages M₂ et ZF₃, à une couche argilo-sableuse entre ZF₃ et ZF₁, avec quelques lentilles sablo-argileuse.

La coupe de direction N-S permet de suivre l'évolution des différentes couches constituant la nappe. Elle révèle une mince couche de graviers (6 à 4 m) qui tend à disparaître au niveau du forage ZF₁.

On note ici, l'importance de la couche des sables au niveau du forage M₂ (23 m), qui va atteindre son maximum dans le forage F₂, avec une épaisseur de l'ordre de 37 m.

Vers le forage ZF₁, elle devient mince et disparaît au profit de laquelle, les formations argilo-sableuses dominent, ce qui favorise l'hypothèse du passage latéral du faciès.

La coupe de diverses directions, met en évidence l'importance de la nappe dans les secteurs NNW-SSE et WSW-ENE, avec une épaisseur maximale de l'ordre de 52 m au droit du forage ZF₃ qui tend à devenir étroite au niveau du forage ZF₁.

Au nord, vers le forage M₂, la coupe montre une couche graveleuse de 6 m d'épaisseur, devient importante au droit de ZF₃ (40 m), avant qu'elle subisse un rétrécissement pour avoir une épaisseur de 4 m au niveau du forage F₂; au-delà elle disparaît complètement à proximité du forage ZF₁.

La couche argilo-sableuse d'une puissance de 5 à 30 m dans le secteur NNE-SSW, est interrompue par la couche des sables au niveau du forage F₂, avant qu'elle continue son évolution au droit du forage ZF₃, sous forme d'un biseau stratigraphique, par deux lentilles sablo-argileuses.

L'évolution latérale de la nappe dans diverses directions est bien claire dans cette coupe, qui est réservée pour éclaircir cette extension.

Elle montre le maximum de puissance dans les secteurs SSE-ENE et WSW-NNE.

Notons ici que la couche sablo-argileuse discontinue est probablement interrompue par la couche sableuse, dont le témoin est l'existence d'une lentille sablo-argileuse, dans les dix premiers mètres au niveau du forage ZF₃.

On remarque aussi l'importance de la couche des sables vers le forage F₂ (37 m d'épaisseur), appelé forage jaune, par contre; la couche argilo-sableuse atteint une épaisseur moyenne de l'ordre de 4 m, et tend à passer latéralement vers le forage F₂, à une couche sableuse.

Les quatre coupes hydrogéologiques ainsi décrites mettent en évidence l'importance du substratum marno-gréseux qui montre une zone de surcreusement au centre de la plaine, traduisant sa forme creuse.

Ce qui permet de dire, que les alluvions qui l'occupent correspondent à un remplissage récent, qui montre une sculpture souterraine due à l'érosion pendant le quaternaire.

Ces coupes permettent d'identifier deux nappes bien distinctes dans deux secteurs :

Dans le secteur Nord, la nappe s'étend du massif dunaire jusqu'à la rive Sud d'oued El Eurg, elle est libre constituée également d'un horizon graveleux très perméable surmonté d'un toit sableux et sablo-argileux moins perméables.

La nappe dans ce secteur est très puissante, correspond à la zone de surcreusement du substratum, elle est de l'ordre de 37 m au droit du forage M₂ et 44 m au niveau du forage F₂; pour atteindre son maximum au niveau du forage ZF₃ (52 m).

Par contre dans le secteur Sud, qui s'étend de la rive Sud d'Oued El Eurg jusqu'à l'extrême Sud de la zone d'étude. On note le passage latéral du toit sableux et sablo-argileux de la nappe libre, à un toit argilo-sableux traduisant une nappe semi captive.

3.2. La nappe aquifère de Boumalek

La région analysée correspondant à un surcreusement dans les argiles de Numidien rempli par des sédiments quaternaires. Ces argiles de Numidien assurent l'étanchéité souterraine totale de la plaine. D'après la coupe du seul forage (Fig4.17.). Dans la plaine on mentionne l'importance des dépôts sableux dépassant largement les 60 m ce qui a été confirmé par les coupes géoélectriques réalisées lors d'une mission de terrain.

La présence de limons superficiels est assez général et leurs épaisseurs très variables. S'ils sont généralement en place sur ; les sables, ils ont souvent tendance à glisser le long des flancs. Ils proviennent de la désagrégation des formations géologiques environnantes et contiennent généralement peu d'éléments grossiers.

Ces sables d'une épaisseur importante sont à l'origine des massifs gréseux du numidien qui furent intensément érodés, ravinés et conduits vers la nappe et le fond de la vallée. Ces éléments sont facilement et rapidement déplacés par les agents de transport (eaux de surfaces et surtout les vents).

Les vents côtiers dominants, soufflant avec constance du Nord-Ouest, reprenant ces sables qui se repartissent uniformément dans les dépressions, de par leur aptitude à remplir exactement les vides les plus irréguliers, puis forment des bourrelets donc par un mouvement plus ou moins lent, mais continu, les dunes ont recouvert et certainement épousé la forme du substratum Numidien argilo-gréseux.

De nos jours la végétation développée sur les dunes surtout à l'intérieur du pays les a fixées définitivement, en faisant un système mort, tandis que les dunes actuelles, mais qui semblent mourantes, bordent le lac du côté du site de la vieille calle.

Leur formation dépend tend de l'allure générale du rivage que de la qualité du matériau. Ici les conditions sont réunies : existence d'un rivage plat, situé au fond d'un golf ouvert aux vents du Nord Ouest du large sol ondulé relié au rivage, sable fin, siliceux, peu adhésif.

Le sable dunaire de Boumalek, roche détritique (proximal) probablement des grès de Numidie, à l'état pur ces sables (d'après L-Joleaud et Massu) contiennent 80 à 90 % de silice ; il est blanc ou jaune, fin, meuble, coulant entre les doigts. Ils sont souvent mêlés à des impuretés, parfois accompagnées des différents minéraux tels que (CaO, MgO, Al₂O₃, et

Fe_2O_3). Par endroit ces sables renferment une proportion plus ou moins forte d'argiles fines surtout aux limites avec les versants numidiens où pratiquement on assiste à un colmatage en surface de ces sables.

Dans l'ensemble, les sables sont assez homogènes, de granulométrie plutôt fine, 80 % des grains ont un diamètre de 0.3 à 0.5 mm (données acquises après tamisage).

D'après les études effectuées on distingue :

- Les sables blancs ou jaunes clairs, en général perméable, puisqu'il semble dépourvu d'impuretés tel que les limons, les particules argileuses se rencontrent en profondeur.
- Les sables gris dont les grains sont enrobés d'une fine pellicule d'argile lui donnant d'ailleurs sa couleur et de ce fait un peu moins perméable que les précédents. On les rencontre aux rives du lac et aux limites des versants numidiens.

- Enfin des vases sablo limoneuses déposées au fond de chenaux de sources et autour du lac Mellah coté Sud. Elles sont noires, en relation avec la décomposition des végétaux sur le sol. Ce système de dunes et de remplissage est d'âge Néopleistocène (L-Joleaud) qui semble s'effectuer en deux phases ; la première ayant donné les dunes anciennes qui ont été lapidifiées en bordure de la mer et remplacées par un nouveau système dunaire dont l'épaisseur s'accroît d'Ouest en Est et faisant un placage sur les versants du Numidien.

Ces dunes déposées sur le substratum argileux du Numidien imperméable donnant naissance à des réserves aquifères de très bonne qualité tel que la nappe de Boumalek qui alimente les agglomérations rurales telles que El Gantera El Hamra, Boumalek.

L'intérêt hydrogéologique de la plaine dépend de la connaissance de la structure du substratum Numidien sous les sables, de tous les exutoires, de l'épaisseur des sables et des variations du niveau de la nappe aux différentes saisons.

Au premier examen, la plaine de Boumalek se présente comme une unité hydrogéologique à part entière. La nappe continue et peut être étudiée sans avoir au préalable examiné le rôle joué par la formation elle-même, sinon le mécanisme de circulation de cet aquifère est en liaison directe avec la circulation souterraine.

Plus de 20 puits et points d'eau ont été observés lors de la campagne de l'inventaire.

Un phénomène remarquable le long du ravin à l'entrée du douar de Boumalek au cours des pluies, les eaux collectées par les ravins sur les versants argilo-gréseux limitrophes, après un certains parcours vont se perdre dans les sables de plaine, l'absorption de cette dernière est très visible sur le terrain lors des orages et puis réapparaissant en bas vers le lac sous forme de source.

Autrement dit le ravin alimente la dune en point et puis cette dernière alimente le ravin à nouveau sous forme de source où se développe une végétation luxuriante.

On assiste franchement à un phénomène d'alimentation et de drainage. La piézométrie de la nappe est le résultat d'une campagne de mesure des niveaux d'eau dans les différents points d'eaux plus de 20 recensés.

3.2.1. Morphologie de l'aquifère

La nappe de Boumalek est le témoin de surcreusement du substratum numidien correspondant à une auréole creusée dans les argiles du Numidien. Cette auréole souterraine est partout bordée par les argiles sauf au Nord par la mer méditerranéenne et le bourrelet sableux de l'embouchure du lac. Le fond de la plaine est occupé par le vaste lac El Mellah, lagune en communication permanente avec la mer.

Ce lac a trouvé un exutoire au Nord en creusant une sorte de gorge remplie de sable marin. Le lac est alimenté par l'ensemble du réseau hydrographique du bassin du même nom d'une superficie d'environ 8.5 Km². Parmi les cours d'eau qui se déverse dans le lac, le plus important est celui qui provenait de la partie Ouest du bassin (a une liaison avec la terminaison Est du massif dunaire de Bouteldja.), d'ailleurs un débit remarquable est observable même en été le long du chemin de wilaya CW 109 au col. La plaine est légèrement inclinée d'Est en Ouest autrement dit vers le lac qui joue le rôle de drain naturel de ces eaux de surface et souterraines.

La morphologie est dominée par la présence de niveaux de sable de couleurs différentes, qui constituent de vastes secteurs découpés par un réseau hydrographique peu développé et marqué lors de notre passage des affleurements des sources descendants dans la direction du lac affectant même la route en provoquant des dommages.

L'altitude de la plaine se situe entre 10 et 100 m ; elle est partout inférieure à 100 m. la qualité des limons et terres végétales recouvrant les sables de la plaines de Boumalek fait de la région un terrain agricole où on cultive des arachides, des cultures maraichères, arboricultures...etc.

Les forêts des chênes-lièges et maquis de type méditerranéen occupent les auteurs tout autour de la plaine. En bordure de mer, les dunes de sables et marais, situés immédiatement au Nord sont restés à l'état naturel.

3.3. La nappe libre du massif dunaire de Bouteldja : Secteur Bordj Ali Bey

La nappe du massif dunaire de Bouteldja correspond aux dunes entre la Mafrag à l'Ouest, les massifs numidiens du Koursi à l'Est, les marécages de la rive droite du Kebir-Est au Sud et la mer au Nord.

Constituée de sables éoliens dont l'épaisseur passe de 20 m à l'Est jusqu'à 120 m ou 220 m à l'Ouest souvent à intercalations argileuses sous forme de lentilles (KHERICI 1985) ; (RAMDANI 1996). Elle est alimentée par les pluies et les eaux de ruissellement des massifs numidiens. Son régime est caractérisé par une brusque remontée du niveau en période d'hiver. Les profondeurs de la nappe des dunes se situent en général entre 2 et 8 mètres avec parfois un caractère Jaillissant au-dessus du sol. L'écoulement se fait vers la mer et vers la vallée de l'Oued El-Kebir avec des gradients plus importants vers la mer. Les bilans de cette nappe libre ainsi que la modélisation qui y a été menée montre que les apports sont égaux aux sorties. L'importance des débits, les fluctuations de la surface piézométrique atteignant parfois 3 mètres et la bonne perméabilité (10^{-2} à 10^{-4} m/s) montrent la vulnérabilité de cette nappe littorale.

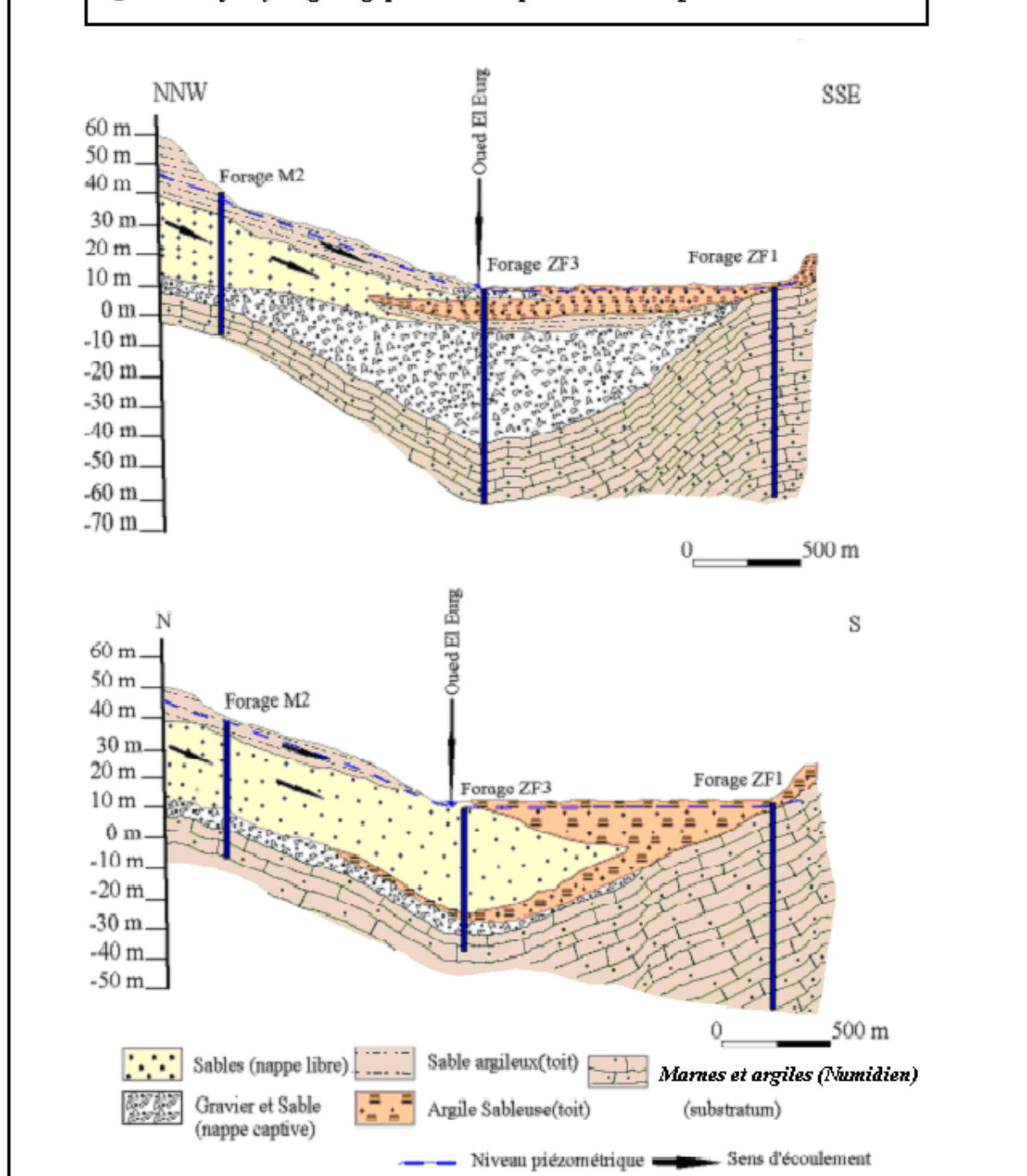
4. Etablissement des profils hydrogéologiques schématiques

L'établissement d'une coupe hydrogéologique a pour but de reconstituer la géométrie de l'aquifère, le type et la nature des nappes aquifères, ainsi que l'évolution latérale de la nappe, tout en se référant aux colonnes stratigraphiques des forages, leur profondeur, l'altitude topographique et les distances entre eux (CASTANY 1968).

4.1. La Plaine d'Oum Teboul

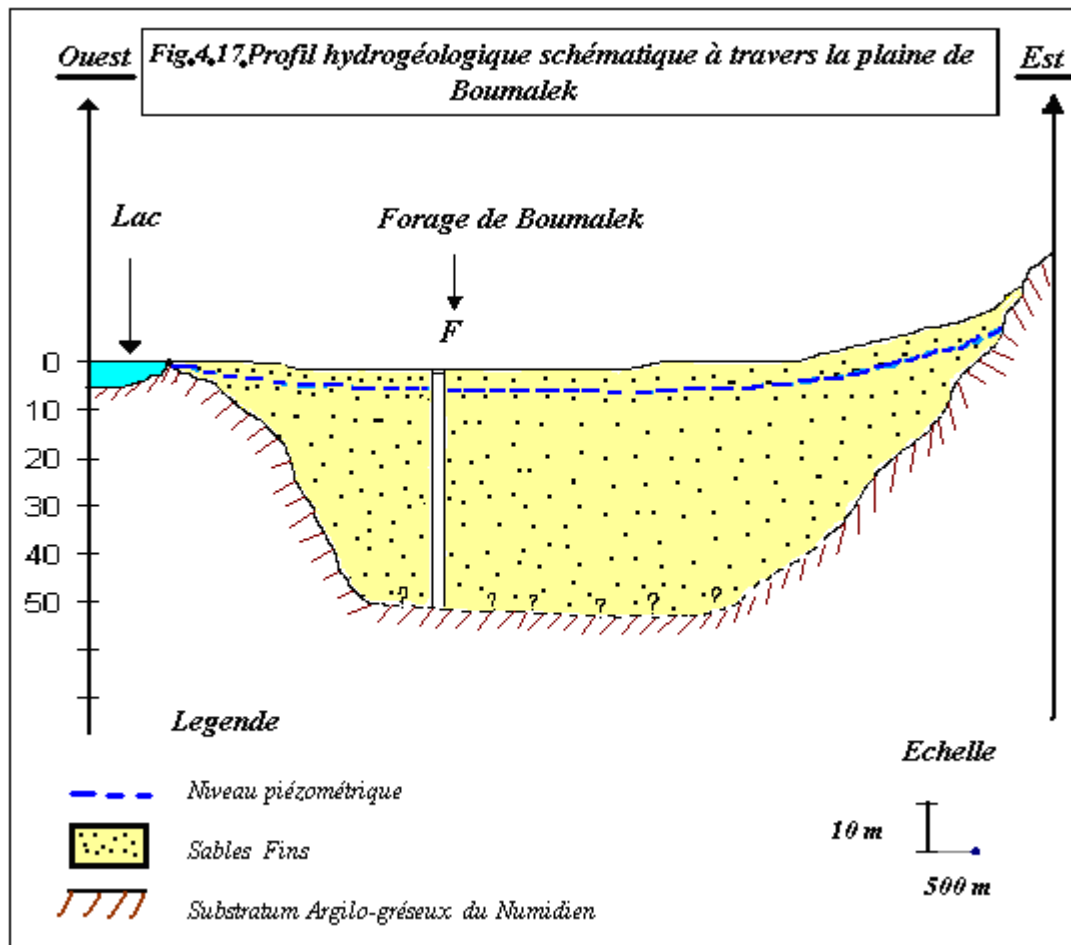
La nappe libre s'étend du Sud au Nord avec un substratum marneux et un toit sableux à sableux argileux; son réservoir se constitue de sable, et de graviers et sable, parfois la puissance des graviers et des sables augmente dans la partie Sud Sud-Est vers le Nord Nord-ouest (Fig4.16.).

Fig.4.16. Profil hydrogéologique schématique à travers la plaine d'Oum Teboul



4.2. La Plaine de Boumalek

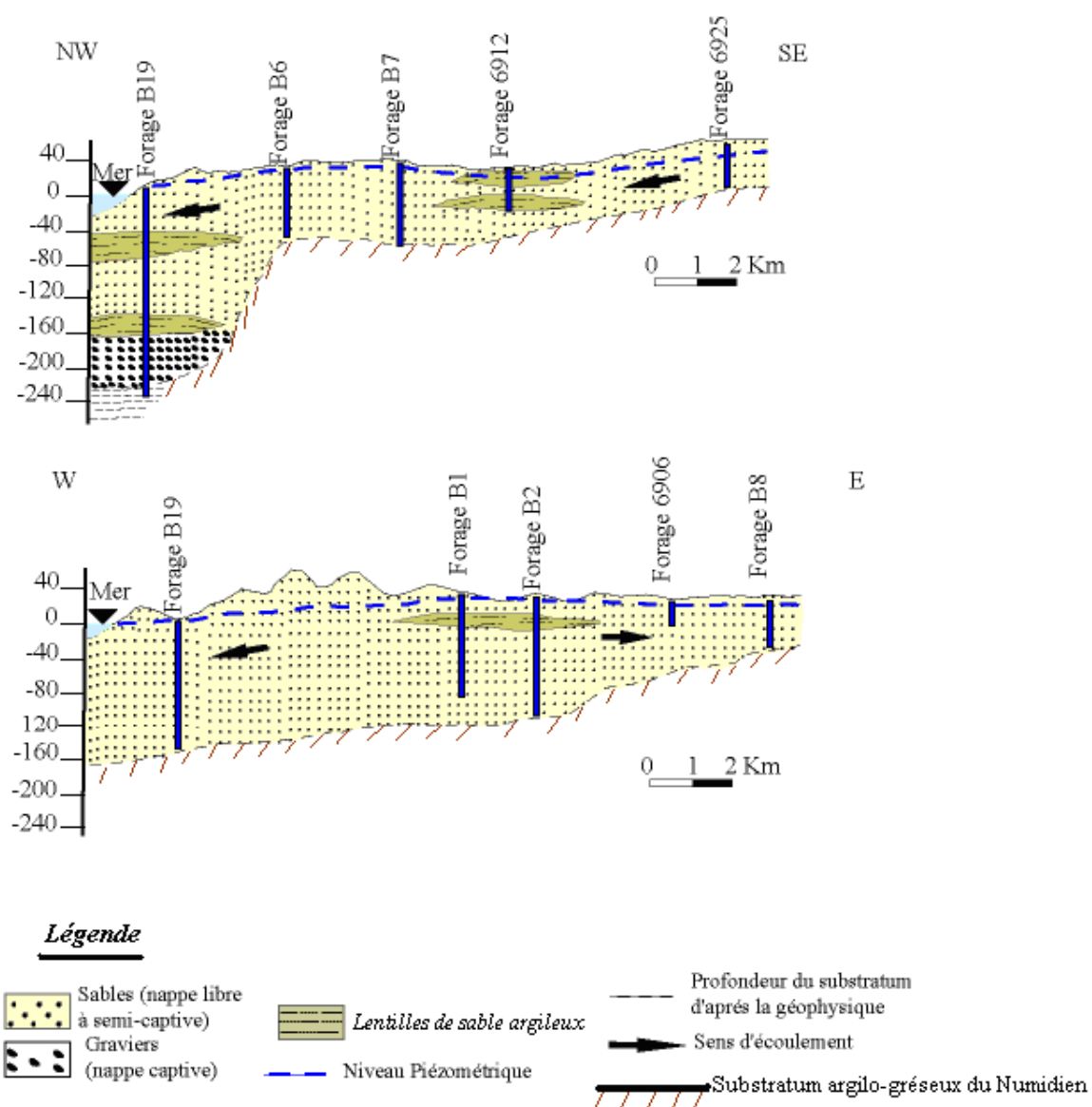
La nappe libre de Boumalek est un surcreusement du substratum argilo-gréseux, elle est partout bordée par les argiles sauf au Nord par la mer méditerranéenne, elle est dominée par la présence de niveaux de sables de couleur différentes.



4.3. La nappe libre du Massif Dunaire de Bouteldja : Secteur Bordj Ali Bey

Il est formé par des sables éoliens, épais de 20 à 120 m et souvent à intercalations argileuses sous forme de lentilles, ce massif forme une nappe libre reposant sur un substratum argilo gréseux imperméable à semi-perméable (Fig.4.18.).

Fig.4.13. Profil hydrogéologique schématique à travers les dépôts sableux de Bouteldja dans le secteur de Bordj Ali Bey



5. Chimie des eaux des nappes aquifères.

Les analyses des eaux des deux nappes présentes dans le Parc National d'El Kala, à la nappe d'Oum Teboul et celle de Boumalek.

5.1. Nappe aquifère d'Oum Teboul

5.1.1. Hautes eaux (Mai 2004)

D'après les résultats des analyses reportées par le diagramme de Piper, on note la tendance d'une domination d'un pôle cationique sodique et d'un pôle anionique sulfaté, donnant à la suite un faciès sulfaté-sodique, dont la projection sur le losange, révèle trois familles des eaux prédominantes, à savoir :

- Sulfaté-calcique ;
- Sulfaté-sodique ;
- Chloruré-sodique.

5.1.2. Basses eaux (Septembre 2004)

L'interprétation du diagramme de Piper, permet de déceler un pôle anionique chloruré et un pôle cationique, à domination calcique, ce qui traduit un faciès chimique chloruré-calcique et révélant trois familles des eaux bien distinctes :

- Chloruré-calcique ;
- Chloruré-sodique ;
- Bicarbonaté-calcique.

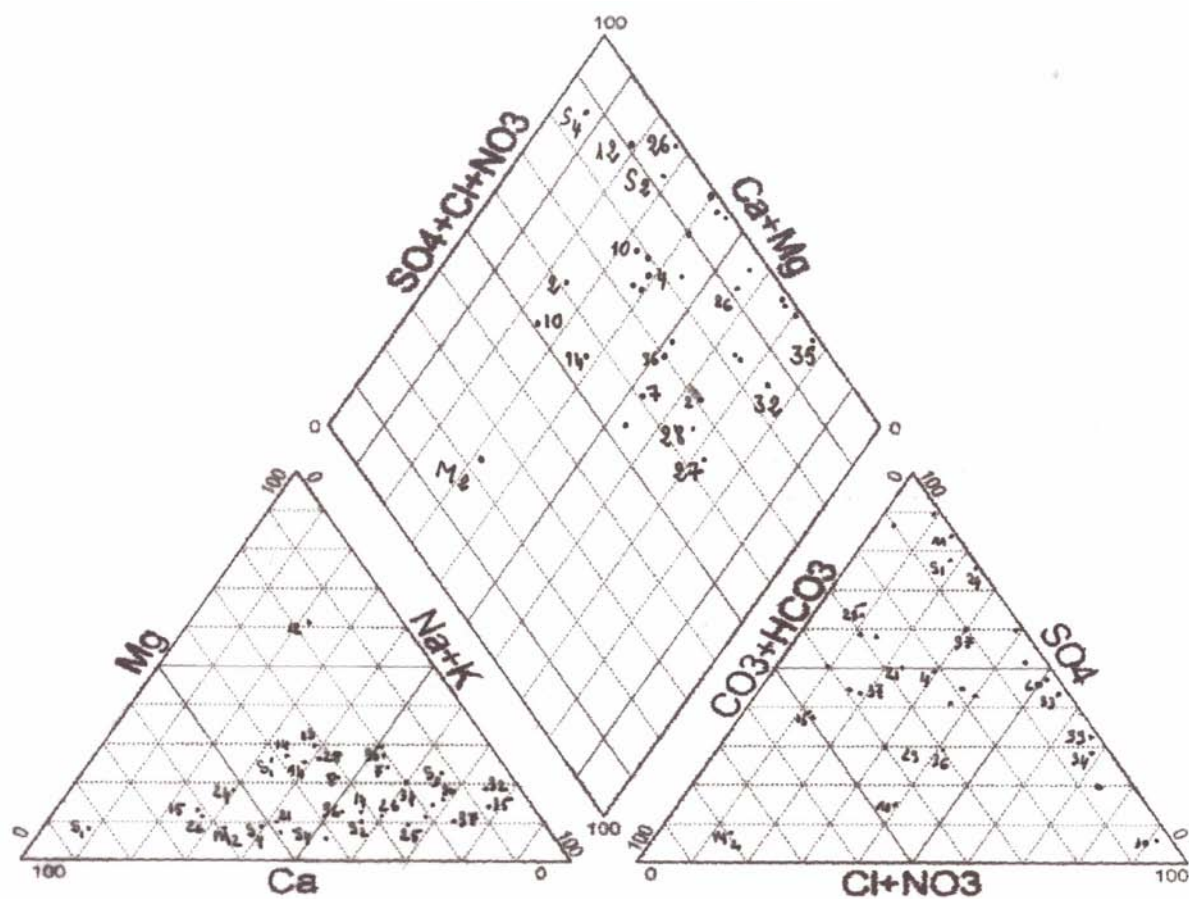
5.2. Nappe aquifère de Boumalek

5.2.2. Basses eaux (Septembre 2004)

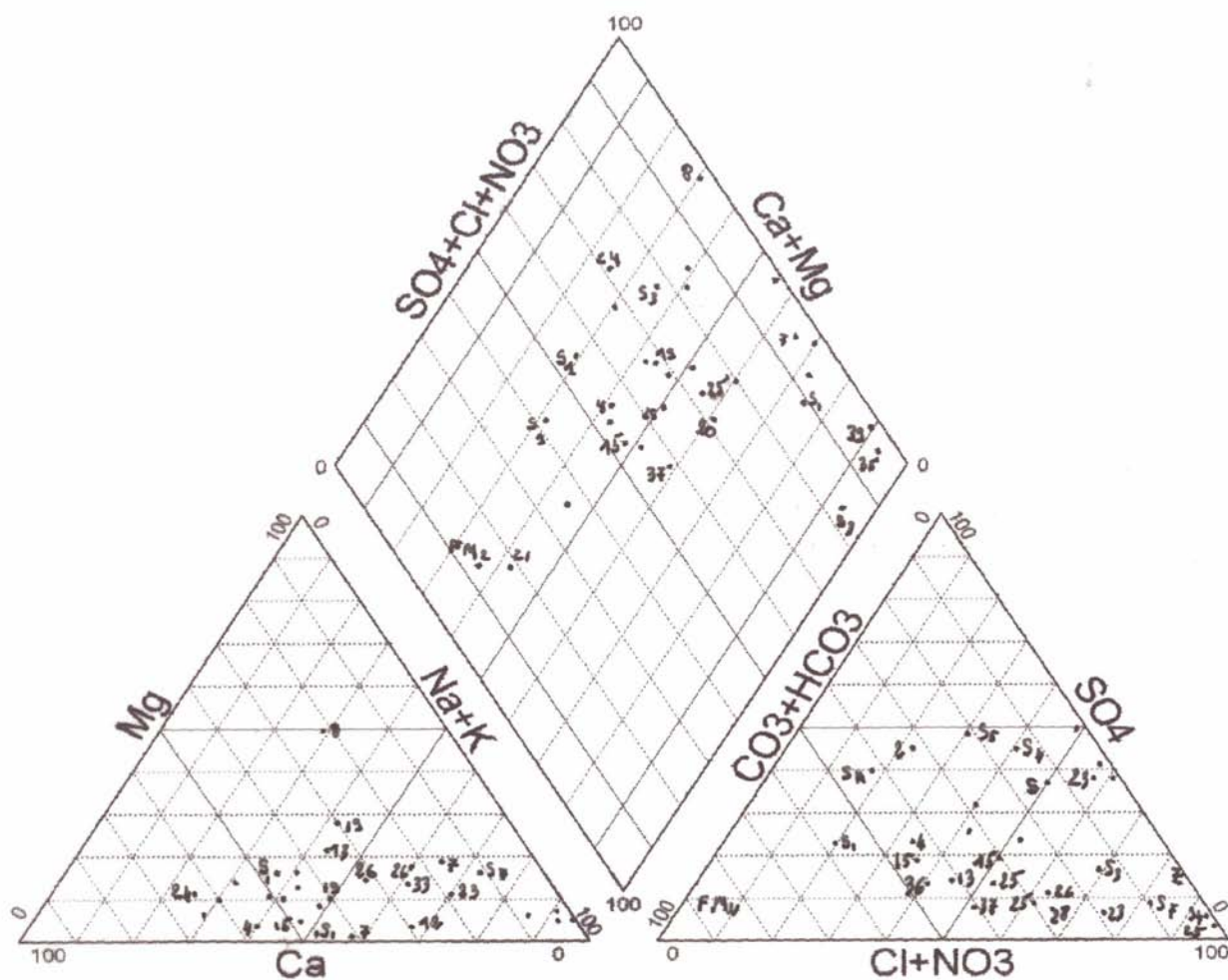
Les eaux de la nappe de Boumalek traduisent un faciès chimique chloruré magnésien et révèlent trois familles des eaux bien distinctes :

- Chloruré-magnésien ;
- Chloruré-sodique ;
- Bicarbonaté-calcique.

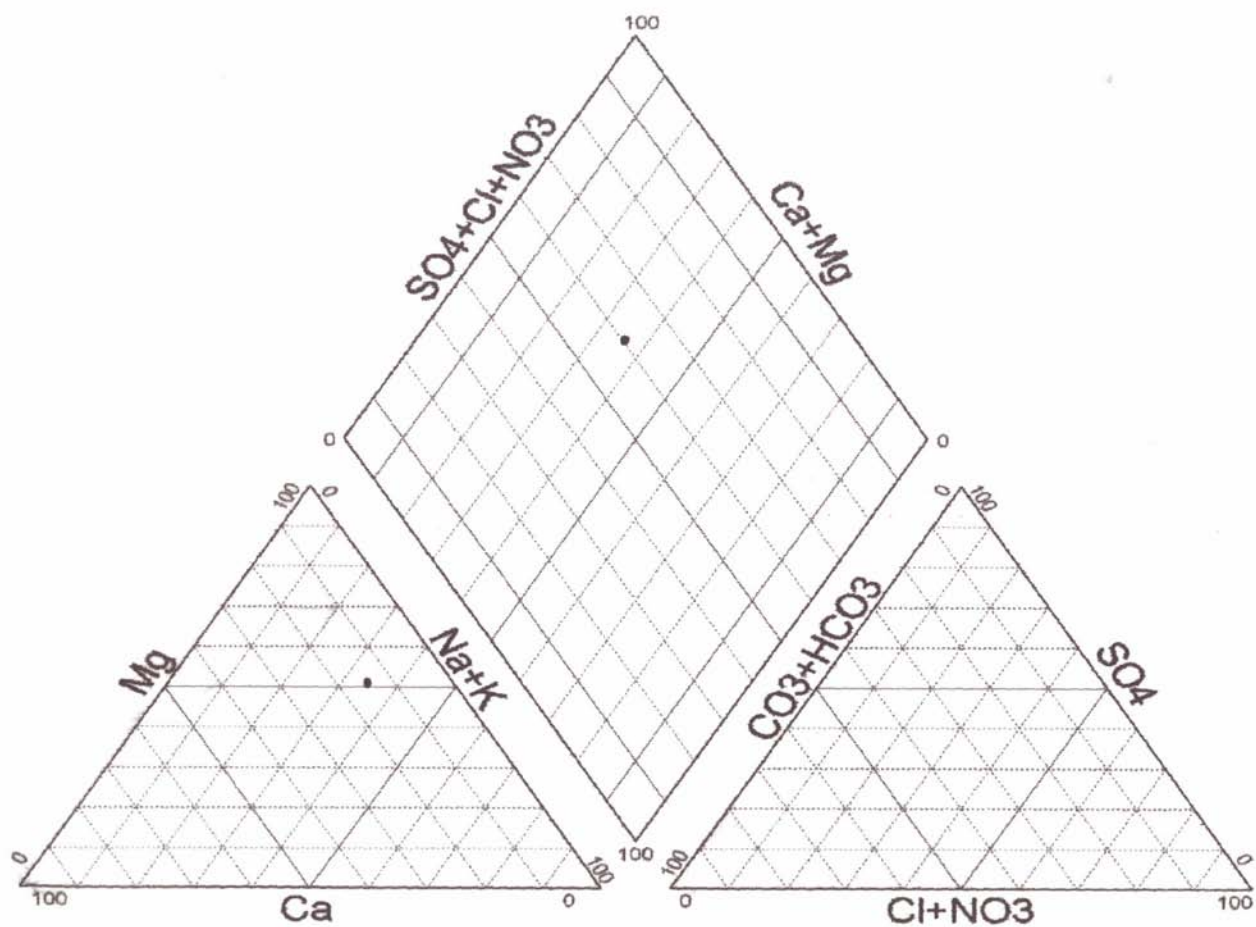
**Fig.4.19. Diagramme de Piper « Hautes eaux (Mai 1992) »
Plaine d'Oum Teboul**



**Fig.4.20. Diagramme de Piper « Basses eaux (Septembre 1992) »
Plaine d'Oum Teboul**



**Fig.4.20. Diagramme de Piper « Basses eaux (Septembre 2004) »
Plaine de Boumalek.**



Le Parc National d'El Kala réserve de la biosphère site unique en son genre en Algérie et dans le bassin méditerranéen à vocation agro forestière dans un état pratiquement vierge. Il y a une vingtaine d'année a connu une urbanisation importante des communes avec pour conséquences des rejets abondants, non traités dans le milieu naturel touchant les lacs, les cours d'eau.... . Aussi, dans un avenir proche, il est à craindre que la qualité des eaux des surfaces, souterraines et celles des sources seront menacées si des mesures réelles et efficaces sur terrain ne seront pas prises et en assistera à la disparition de toutes les richesses du Parc.

1. Problèmes des rejets directs des eaux urbaines

La naissance du parc National d'El Kala est liée en premier lieu à l'existence d'une eau en quantité et en qualité (Lacs, Nappes, sources, cours d'eau...). Malheureusement malgré la préservation du Parc et l'administration du Parc avec ses agents on assiste toujours en observant ces rejets directs sans traitement ni même un simple lagunage. Lors de nos sorties nous avons pu localiser les différents points de rejets, la carte suivante illustre bien la situation.

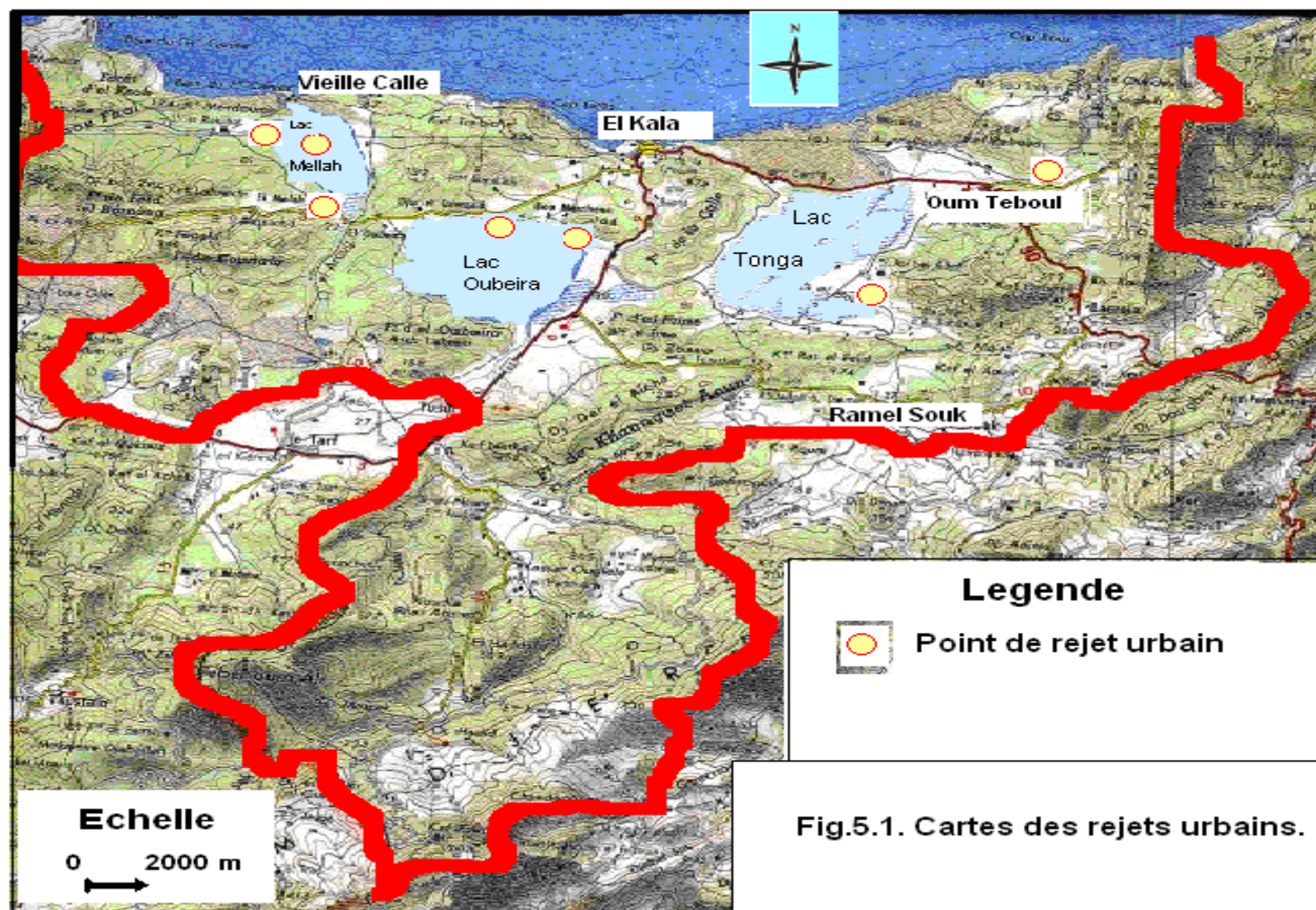


Fig.5.1. Cartes des rejets urbains.

Les rejets sont marqués par les déversements d'égouts très importants de toute une agglomération telle le village d'Oum Teboul directement dans le lac Tonga (Réserve de la biosphère), 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 du lac.

Deux points importants au niveau du lac Tonga, directs celui d'Oum Teboul et l'autre indirect à travers Oued El Hout celui de l'agglomération de Ramel Souk.

Au niveau du lac Oubeira (réserve de la biosphère) ;

Au niveau de ce lac nous avons pu recenser trois points de rejet qui sont ceux de mechtet Rokkaba, La commune de Ain Assel et les quartiers de la ville d'El Kala (Gillas, Djefel Torki).

Au niveau du lac Mellah (Réserve de la biosphère) :

Au niveau de ce lac (Lagune marine) nous avons pu constater trois points de rejets urbains, ceux des agglomérations Guantra el Hamra, El Melha, et de Boumalek.

2. Menace d'origine agricole

Le territoire du Parc National d'El Kala est une région agricole et pastorale où l'on pratique de l'agriculture de montagnes, ce secteur Sud des monts d'El Kala et en zone basses section Nord des plaines d'Oum Teboul, Ain Assel, Berrihane.... . Une polyculture en évolution où on cultive de l'arboriculture, olivier, céréales, cultures maraîchères et surtout les arachides au bord des lacs (Culture grande consommatrice d'eau en été).

Les différentes cultures pratiquées autrefois en Bio, actuellement sont soumises à l'utilisation intensive des épandages d'engrais (Riches en NO_3 , SO_4 , PO_4) et des pesticides, sous une forme où en quantité telles qu'ils ne soient plus retenus par le sol et assimilés par les plantes.

Ainsi, on observe un enrichissement en éléments chimiques des eaux de surface et des nappes où elles sont en contact (par drainance ou confondues).

La menace des pollutions agricoles se fait sentir réellement en basses eaux en l'absence de précipitations (dilutions) et les pompages pour l'irrigation en été.

- Les phosphates (PO_4).

Le phosphore provient essentiellement des rejets domestiques, de l'apport atmosphérique des pertes de sols en substance nutritive, de l'eutrophisation, dont la forme la plus courante et la prolifération d'algues planctoniques qui donne une couleur verte ou brune à l'eau.

Les valeurs de phosphates sont réduites par endroits de l'ordre de 0.003 mg/l, on a 12/19 échantillons qui présentent une bonne qualité, 4/19 échantillons de moyenne qualité et les trois (03) autres sont d'une pollution excessive (qualité très polluée).

Tab.5.1. Grille de qualité des eaux en phosphate- (ANRH- Alger 2001)

Classes de qualité Paramètre	Bonne	Moyenne	Polluée	Très Polluée
PO ₄ (Mg/l)	0 – 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 3	> 3
Nombre d'échantillons	12	4	-	3

2.1. Les Nitrates NO₃

Les nitrates proviennent souvent de l'utilisation des engrais mais aussi des rejets domestiques, toutefois ils ne peuvent favoriser l'eutrophisation en présence du phosphore. Les grandeurs des nitrates sont faibles, en général ne dépassent jamais les 0.09 mg/l, ce qui définit la bonne qualité des eaux en nitrate.

Tab.5.2. Grille de qualité des eaux en nitrate- (ANRH- Alger 2001)

Classes de qualité Paramètre	Bonne	Moyenne	Polluée	Très Polluée
NO ₃ (Mg/l)	<10	10 – 20	20 – 40	>40
Nombre d'échantillons	19	-	-	-

2.2. L'ammonium (NH₄)

L'ammonium est un oligoélément, provenant des rejets domestiques et de l'industrie chimique, notamment de la fabrication d'engrais.

Les quantités d'ammonium sont importantes et dépassent parfois les valeurs limites, les eaux passent d'une qualité polluée à très polluée pour quelques échantillons.

Tab.5.3. Grille de qualité des eaux en ammonium- (ANRH- Alger 2001)

Classes de qualité Paramètre	Bonne	Moyenne	Polluée	Très Polluée
NH ₄ (Mg/l)	0 – 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 3	>3
Nombre d'échantillons	10	-	5	4

3. Menace sur le couvert végétal protecteur du milieu

Devant la nécessité, devenue impérative de nos jours de préserver les ressources en eau et de contribuer à la protection de la santé publique, de nombreux travaux de recherches et procédés mentionnent le rôle phyto-épuration des eaux usées 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 d'El Kala sont particulièrement adaptées aux rôle d'épuration des eaux usées, malheureusement ces dernières vingtaines d'années on assiste aux destructions du couvert végétal au niveau du Parc d'El Kala par :

- Les incendies criminels et naturels ;
- Défrichements illicites ;
- Exploitation de bois illicites ;
- Reboisement par des espèces non adaptés aux milieux tel que les conifères au lieu d'espèces endémiques ;
- Proliférations d'insectes ravageurs des plantes.

Tab.5.4. Principaux insectes ravageurs dans le Parc National

Essence	Ravageurs	Ordre	Effet
Pins	Thaumetopoea pityocampa	Lépidoptères	Défoliateur
	Scolytidés	Coléoptères	xylophage
Chênes	Lymantria dispar	Lépidoptères	Défoliateur
	Cérambyx Cédo	Coléoptères	Attaque les glandes
	Cynips froli	Hyménoptères	Gale du chên zen
Eucalyptus	Phoracanta semi punctata	Coléoptères	xylophage

Tous ces facteurs contribuent à la réduction des espaces forestiers dans te territoire du Parc National d'El Kala. Il risque à moyen terme d'entraîner la dévalorisation du patrimoine naturel du Parc. La destruction du couvert végétal entraîne aussi d'autres fléaux tels que l'évasion, sécheresse..... , qui se répercuteront sur la sédimentation des lacs et leurs disparitions.

4. Urbanisation des communes du Parc

L'autre menace dans un milieu écologique tel que le Parc est l'urbanisation anarchique qui aura des conséquences sur l'environnement et l'augmentation des rejets domestiques.

Cette urbanisation sauvage autour des centres urbains tels que Oum Teboul, El Kala, Ain Assel... altère le paysage où on observe des non-respects des normes de construction, multiplication des constructions rurales partout....

Cette urbanisation anarchique aura pour conséquence et à court terme une augmentation de consommation des eaux, multiplication de décharges sauvages, augmentation des rejets domestiques....

5. Cadre législation et non application des textes qui régissent le Parc National d'El Kala.

5.1. Cadre législatif

5.1.1. La non application de la réglementation

On dénote l'existence d'un nombre important de textes réglementaires en vigueur (Lois, ordonnances et décrets d'application) et d'organes de contrôle et de constatations des délits, cette réglementation n'est pas appliquée sur le terrain. Assez souvent, les opérateurs ignorent leur existence. Dans certains cas, même si elles sont connues, elles ne sont pas respectées lors de l'élaboration des programmes d'exploitation, d'aménagement ou de gestion des milieux naturels et des ressources.

- Au niveau de l'assemblée populaire de wilaya :

Aucune mesure significative n'a été prise dans le cadre de ces prérogatives (notamment les articles 58 et 67) pour favoriser les actions en direction de la protection de l'environnement au sens large. En général, l'initiative ne vient pas de cet organe.

- Au niveau communal :

Au niveau communal, le problème est encore plus important car cette collectivité de base bénéficie de larges prérogatives en matières de protection des richesses naturelles et culturelles.

Sur le terrain, on note des décharges sauvages, des eaux usées non traitées et souvent déversées dans les milieux naturels protégés, des sites et monuments historiques dilapidés, un urbanisme et une architecture anarchique..etc.

- Au niveau de l'application des lois de la république :

Un problème organisationnel des structures chargées de la préservation de la nature et à soulever ; pour ce qui concerne les missions et prérogatives en matière de protection de la nature de l'environnement, on constate, à la lecture du textes qu'il y a une conclusion générale liée à un chevauchement et à la double attribution des prérogatives de différents secteurs.

Exemple : La direction de la protection de la faune et de la flore qui dépend de la direction générale des forêts, elle-même sous tutelle du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, et composées de trois sous directions :

1. La Sous Direction des Parcs et des Groupements Végétaux ;
2. La Sous Direction de la Chasse et des Activités cynégétiques ;
3. La Sous Direction de la Protection du Patrimoine Forestier.

Par ailleurs, la Direction de la Préservation de la Biodiversité et des Espaces Naturels, au sein de la Direction Générale de l'Environnement sous tutelle du Ministère de l'Intérieur, est également constituée par trois sous directions :

1. La Sous Direction des Espaces et des Espèces Protégées;
2. La Sous Direction de la Préservation des Sols contre la désertification et l'érosion ;
3. La Sous Direction des Ressources Naturelles et des Ecosystèmes.

La sous direction 1 de la DGF et la sous direction de la DGE assurent pratiquement les mêmes missions. Par ailleurs, la sous direction 2 de la DGE est érigée en direction au niveau de la DGF, elles ont les mêmes prérogatives.

D'autre part, le Ministère de la Culture a à sa charge les Parcs Nationaux du Sud. Cet exemple montre clairement le chevauchement de prérogatives et les doubles attributions des missions.

En ce qui concerne la non application de la loi, les exemples sont nombreux :

1. Non application de la loi de la chasse

L'article 9 n'est pas respecté. Le décret sur les espèces animales non domestique protégées n'est pas respecté : Les espèces protégées font l'objet de braconnage ; de collecte d'œufs et de destruction de nids ; le dérangement durant la période de nidification ; un nombre important d'espèces sont écrasées sur la route dans le territoire du Parc.

2- Non application de la loi portant régime général des forêts. Ce qui se passe sur le terrain laisse croire qu'il n'y a aucune loi forestière. Celle qui existe est considérée presque comme lettre morte. L'article 26 n'est pas respecté dans sa totalité.

3- Non application de la loi sur l'environnement.

Plusieurs articles de cette loi ne sont pas respectés : article 37, article 41, alinéa 1, article 48, alinéa 4 ; article 90...etc.

4- Non application de la loi portant code des eaux

Les plus importants articles, à savoir l'article 1 et 99 ne sont pas pris en considération ni par les collectivités locales ni par les pouvoirs publics chargés des eaux.

5- Non application de la loi sur l'aménagement du territoire.

L'Article 24 n'est pas respecté car plusieurs sablières et carrières, tracés de routes ...etc sont programmés sans tenir compte de l'impact de ce type de projet sur l'environnement.

6- Non application de l'ordonnance relative aux monuments historiques et naturels.

5.2. Le vide juridique

Certains textes se caractérisent par une carence dans plusieurs domaines. Ce vide juridique doit être comblé par des propositions diverses telle que celles qui visent à :

- Activer la promulgation de décrets d'application pour clarifier et déterminer les dispositions réglementaires des articles de lois qui restent d'une portée générale.
- Proposer l'amendement des lois qui sont dépassées.
- Revoir certains décrets pour les reformuler avec précision et plus de force ;
- Inciter les pouvoirs publique à élaboré les textes de loi manquant (Code rural, loi sur le littoral...etc).

Le Parc National possède des prérogatives très limitées. Le statut type des Parcs Nationaux doit être revu pour lui conférer le statut de puissance publique.

A travers cette étude nous pensons avoir contribué à cerner les grands traits hydrologiques, l'inventaire pour la première fois des sources d'eau du Parc National et les menaces globales qui pèsent sur les ressources en eau et le milieu dans un espace protégé tel que le Parc National (convention de RAMSAR) dont les caractères naturels résident dans sa situation géographique, ses reliefs montagneux, son climat, sa lithologie, son couvert végétal.....lui offrent une richesse en eau de surface et souterraine de bonne qualité.

Dans l'ensemble, le territoire du Parc National d'El Kala d'une superficie de 78000 hectares, se présente comme une cuvette dont le centre est occupé par la zone lacustre (Lac Tonga, Oubeira et Mellah), alors que les bords sont marqués par les reliefs montagneux, les monts d'El Kala et les coteaux du Cap Rosa. Une telle forme définit deux grands domaines morpho-structuraux et lithologiques bien tranchés.

Les reliefs montagneux forment le complexe gréseux numidien (tertiaire) à fortes pentes assurant l'étanchéité totale du territoire du Parc, par contre le domaine des dépressions à remplissage alluviale et lacustre du quaternaire occupant le centre. Le secteur montagneux à sous-sol argilo-gréseux et largement occupé par des forêts de chênes-lièges d'oliviers sauvages de chênes-zéens auxquelles sont juxtaposés des parcours herbeux. Les dunes littorales du cap Rosa, Mellah, Messida sont également fixées par une végétation naturelle chênes-kermès et de maquis. Ces reliefs encadrent des dépressions humides.

De tels facteurs physico-géographiques constituant le toile de fond sur laquelle se déroulent tous phénomènes hydrologiques, nous ont permis d'avoir une certaine connaissance de l'écoulement de surface et souterrain tout en mettant en évidence la lumière sur les sorties des sources d'eau partout dans le parc. En s'appuyant sur le traitement statistique des données pluviométriques malgré leur insuffisance et leur brièveté, nous avons pu quantifier les termes du bilan d'eau et d'approcher les caractéristiques de l'écoulement. L'apport en eau des précipitations est certainement très élevé (plus de 1000 mm/an) tombant sur un sol perméable à semi-perméable créant des nappes aquifères perchées ce qui a donné naissance à de nombreuses sources. Nous avons pu pour la première fois dresser un inventaire des sources d'eau à travers le territoire du parc. Les unes sont issues des massifs montagneux du complexe argilo-gréseux du numidien, les autres soutenues par les systèmes aquifères présents dans les dépôts sableux.

La qualité des eaux des sources en général est liée à la minéralisation naturelle par altération des roches encaissantes. Les résultats d'analyse chimique des sources

qu'on a pu réaliser présentent des faciès soit chloruré-sodique soit chloruré calcique en relation avec le lieu du prélèvement et la lithologie de son encaissant .

Le potentiel en eau de surface réside dans les trois lacs (Tonga, Mellah et Oubeira) à cela s'ajoute la retenue de Mexa destinée à l'alimentation des collectivités .

Le système aquifère se manifeste par la présence de deux nappes souterraines la nappe d'Oum Teboul et celle de Boumalek exploitées par forages et puits alimentant en AEP et irrigation les agglomérations d'Oum Teboul , Boumalek et Gantra Hamra .

Le territoire du parc national d'El-Kala réserve protégée avec toute une administration qui gère cet espace se trouve dépassée par la gestion et des conflits , de vide juridique ... malgré un plan de gestion élaboré pratiquement tous les cinq ans . Le parc avec tout son patrimoine se trouve menacé par une urbanisation anarchique, déforestation , rejets d'eau domestiques sans traitement, décharges sauvages, manque d'éducation de la population entraînant des menaces réelles à moyens termes sur les ressources en eau et les richesses naturelles du parc. Les ressources subissent aujourd'hui une pression anthropique progressive qui devient inquiétante.

Tab. A.1 Répartition en classes des précipitations annuelles

Nombre de classes	Limites de classes	Ni'	Ni	$(Ni - Ni')^2$	$(Ni - Ni')^2/Ni$	χ^2	Stations
1	$P \leq 600$	6	5	1.00	0.17		El Kala
2	$600 < P \leq 700$	6	6	0.00	0.00		
3	$700 < P \leq 800$	6	3	9.00	1.50		
4	$800 < P \leq 900$	6	8	4.00	0.67		
5	$P > 900$	6	8	4.00	0.67	3.00	
1	$P \leq 650$	6	6	0.00	0.00		Ain Assel
2	$650 < P \leq 750$	6	4	4.00	0.67		
3	$750 < P \leq 850$	6	8	4.00	0.67		
4	$850 < P \leq 950$	6	8	4.00	0.67		
5	$P > 950$	6	4	4.00	0.67	2.67	

Tab.A.2 Variation du coefficient d'aridité selon le type du climat

Valeur de (A)	Type du climat
5 – 10	Milieu très sec
10 – 20	Milieu semi aride
20 – 30	Milieu tempéré

Tab.A.3. Bilan d'eau de Thornthwaite à la station d'Ain Assel. (1967/68- 1997/98). (ANRH)

« RFU = 100 mm »

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
Paramètres													
P (mm)	45,83	83,22	111,39	116,95	114,85	99,73	82,79	76,08	37,45	13,49	3,59	7,32	792,70
T°C	23,33	19,77	15,66	12,65	11,65	11,89	12,97	14,82	18,01	21,50	24,35	25,33	17,66
I	10,08	7,86	5,54	4,02	3,55	3,67	4,18	5,10	6,83	8,91	10,75	11,40	81,91
K	1,03	0,97	0,85	0,83	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	/
ETP (mm)	109,60	76,50	43,95	29,16	26,01	26,38	37,87	51,47	81,21	112,84	143,72	144,47	883,16
ETR (mm)	45,83	76,50	43,95	29,16	26,01	26,38	37,87	51,47	81,21	69,73	3,59	7,32	499,02
RFU (100mm)	0,00	6,72	74,16	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	56,24	0,00	0,00	0,00	/
EXD (mm)	0,00	0,00	0,00	61,95	88,84	73,35	44,82	24,61	0,00	0,00	0,00	0,00	293,67
DA (mm)	63,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,11	140,13	137,15	384,16

Tab. A.4. Evolution du débit des sources du Parc National d'El Kala

Region	N° Source	Nom de la source	Débit Hautes-eaux (L/s)	Débit Basses-eaux (L/s)
	1	El Aouaina	1	0,7
El Kala	2	El Aouaina2	0,8	0,55
	3	Pompe Bleue	0,7	0,6
	4	Ain Lehnin	0,25	0,15
	5	Ain Stah	0,7	0,56
Mezzairaa	6	Chaaba el Hamra	1	0,41
	7	Nachaat eddardara	0,15	0,07
	8	Ain el Karma	0,07	/
	9	Ain el Gannourya	0,1	/
Oued el hout	10	Mcht Fid Mrad	0,33	0,11
	11	Ain Tebib	0,4	0,23
	12	Bir Hssin	1	0,33
Ain Khia	13	Ain el Ghomd	1,2	0,15
	14	Ain el Mzdra	6	1,15
	15	?	0,12	/
	16	Ain Mohguin	0,7	0,25
	17	Ain el Barda	0,6	0,3
	18	Mechtet Tonga	important dispersé	/
	19	El Aouinet	/	/
	20	?	0,33	0,15
	21	?	0,5	0,2
Oum Teboul	22	Ain El Kef	0,7	0,5
	23	Ain Seglab	0,7	0,35
	24	Ain Terchay	0,2	0,07
	25	Ain Boulghar	0,25	0,1
	26	Ain Melloul	17	9
	27	Ain Mgatt Hdid	0,15	0,09
	28	Ain Belabes	0,25	0,11
	29	Ain Belabes 2	0,5	0,15
	30	Ain Dar Leguouared	1,5	1,3
Haddada	31	Dar Leguouared2	1,3	1,1
	32	Mgatt Sbaya	0,08	/
	33	Mgatt Sbaya 2	1,1	0,7
	34	Mgatt Sbaya 3	important dispersé	/
	35	Ain les rebeles	1	0,9
	36	Ain goustou 1	0,04	/
Bougous	37	Ain goustou 2	0,04	/
	38	Ain el Hamra	0,25	0,1
	39	Ain Goteaya	faible	/
	40	Ain Hammam Mexa	1	0,8
	41	Ain Legsab	0,74	0,33
	42	Ain Spactour	0,25	0,13
	43	Ain Fersig	0,125	0,07
Ghorra	44	Ain Reggala	0,2	0,05
	45	Ain Boumendjel	faible	/
	46	Ain Bounouara	0,74	0,4

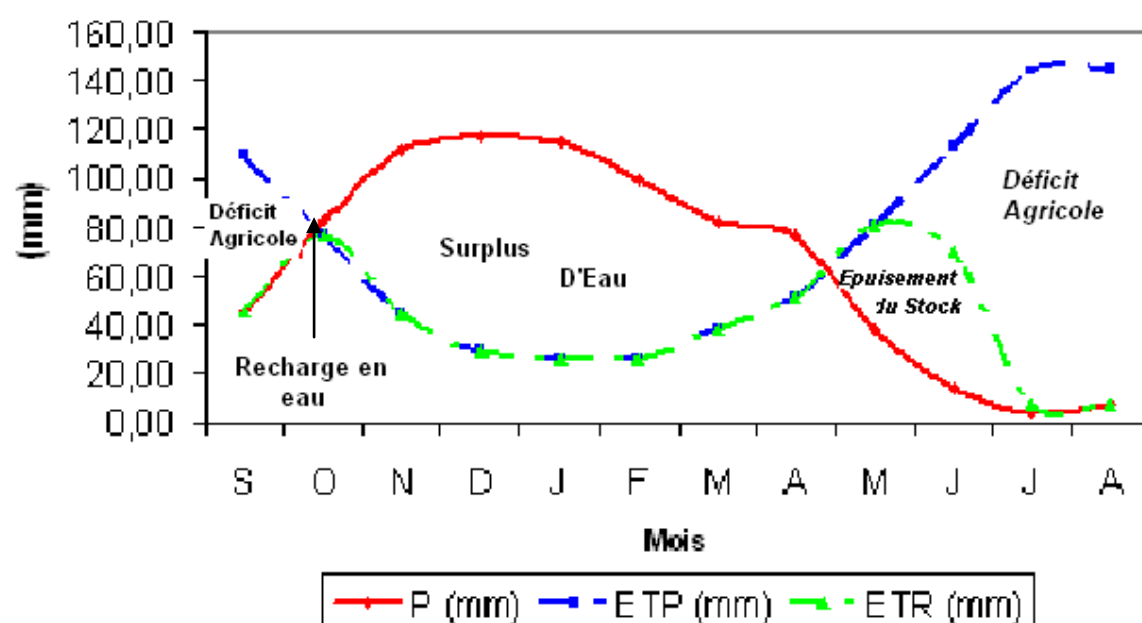
	47	Ain Khechba	0,62	0,33
	48	Ain Oued erteb	0,9	0,5
	49	Ain Le rak'ha	0,6	0,13
	50	Ain Gnen chem	0,8	0,2
	51	Ain Le Hazhaza	0,5	0,1
El Feddane	52	Ain Dar djabra	Q faible	/
	53	Ain Ettercha	0,4	0,1
	54	Ain Kentila	0,64	0,33
	55	Ain Elkbir	1,4	0,85
	56	Ain Bougaila	0,4	0,13
	57	Ain Sbayer	1,2	0,85
	58	Ain Kihana	0,33	0,1
	59	Ain Charchara	0,5	0,13
	60	Ain Erragga	0,15	/
El Aioun	61	Ain Bergougaya	1,2	0,96
Ramel Souk	62	Ain Smaïl	0,78	0,15

Tab. A.5. Evolution du pH des sources du Parc National d'El Kala
Tableau

Region	N° Source	Nom de la source	pH Hautes-eaux	pH Basses-eaux
	1	El Aouaina	6,2	6,14
El Kala	2	El Aouaina2	6,33	6,26
	3	Pompe Bleue	5,98	6,15
	4	Ain Lehnin	6,14	5,89
	5	Ain Stah	6,64	7,02
Mezzairaa	6	Chaaba el Hamra	6,74	6,45
	7	Nachaat eddardara	5,97	6,12
	8	Ain el Karma	6,71	
	9	Ain el Gannourya	6,59	
Oued el hout	10	Mcht Fid Mrad	6,73	6,62
	11	Ain Tebib	6,59	7,17
	12	Bir Hssin	6,12	5,79
Ain Khiair	13	Ain el Ghomd	6,52	6,36
	14	Ain el Mzjdjra	6,38	6,48
	15	?	7,13	
	16	Ain Mohguin	6,73	6,59
	17	Ain el Barda	6,81	7,19
	18	Mechtet Tonga	6,77	
Oum Teboul	19	El Aouinet	6,83	
	20	?	7,41	6,92
	21	?	6,93	6,81
	22	Ain El Kef	6,58	6,42
	23	Ain Seglab	7,12	6,98
	24	Ain Terchay	6,63	6,36
	25	Ain Boulghar	6,91	6,57

	26	Ain Melloul	6,61	7,6
	27	Ain Mgatt Hdid	7,14	6,89
	28	Ain Belabes	6,86	6,82
	29	Ain Belabes 2	6,37	6,26
	30	Ain Dar Leguouared	6,82	6,58
Haddada	31	Dar Leguouared2	6,12	5,94
	32	Mgatt Sbaya	6,37	
	33	Mgatt Sbaya 2	6,92	6,74
	34	Mgatt Sbaya 3	6,23	
	35	Ain les rebeles	5,93	5,84
	36	Ain goustou 1	6,21	
Bougous	37	Ain goustou 2	6,32	
	38	Ain el Hamra	6,3	6,82
	39	Ain Goteaya	6,51	
	40	Ain Hammam Mexa	6,85	6,74
	41	Ain Legsab	6,3	6,82
	42	Ain Spactour	6,61	6,41
	43	Ain Fersig	6,69	6,49
Ghorra	44	Ain Reggala	6,57	6,38
	45	Ain Boumendjel	6,72	
	46	Ain Bounouara	6,49	6,38
	47	Ain Khechba	6,53	6,28
	48	Ain Oued erteb	6,45	6,24
	49	Ain Le rak'ha	6,38	6,27
	50	Ain Gnen chem	6,49	6,38
	51	Ain Le Hazhaza	6,51	6,42
El Feddane	52	Ain Dar djabra	6,73	
	53	Ain Ettercha	6,15	6,28
	54	Ain Kentila	6,5	6,28
	55	Ain Elkbir	6,87	6,69
	56	Ain Bougaila	6,19	6,12
	57	Ain Sbayes	6,55	6,5
	58	Ain Kihana	6,89	6,63
	59	Ain Charchara	6,63	6,41
	60	Ain Erragga	6,72	
El Aioun	61	Ain Bergougaya	6,84	4,33
Ramel Souk	62	Ain Smaïl	6,9	7,4

Fig,A,3,1, Bilan d'eau de C,Thornthwaite, station d'Ain Assel (1967/68 - 1997/98)



- Bahroun. Sofia. 2006 Impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naturelles dans la région d'El Tarf. Mémoire de Magister. Université de Annaba. 171 P.
- Cuenod. M. (1956) Contribution à l'étude des crues. Détermination de la relation dynamique entre les précipitations et les débits des sources. houille blanche, N°3
- Debieche T.H. (2002) Evolution de la qualité des eaux (Salinité, acidité et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline agricole, et industrielle. Application à la basse plaine de la seyhouse, N.Est Algerien. Thèse de doctorat. de l'université de Franche-comté, 200 P
- Djabri. Larbi. (1996) Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la seyhouse- Origine géologique, industrielle, agricole et urbaines. Thèse de doctorat d'état. Université de Annaba. P128 – 132.
- D.H.W. Direction de l'hydraulique de la wilaya d'El Tarf.
- Dubreuil. P. (1974) Initiation à l'analyse hydrologique. Ed Messon. 216 P
- Fisli. Zoulaikha. 2006 Essai d'approche Hydro-écorégionale de la zone lacustre d'El Kala. (Nord-Est Algerien. Mémoire de Magister. Université de Annaba. 119 P.
- Gaud B. (1976) Etude hydro géographique du système de annaba, bouteldja. Synthèse des connaissances et recherche des condition de modilisation. Rapport ANRH (inédit) annaba, 2 vol.230 P.
- Ghadri. A. (1982) Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algerie – Le bassin de la seyhouse. Doc. OPU. 508 P
- Hilly, J.(1962) Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap fer (Est-Constantinois). Bulle N°19 Carte géologique Algérie, Alger. 339 P.
- Joleaud, L. (1936) Etude géologique de la région de Bône et de la calle Bull. Serv. Carte géol. De l'Algérie. 200 P.
- Kiniouar. Hocine. (2006) Influence de la structure et des activités anthropiques sur les eaux du massif de l'Edough - Annaba. Mémoire de Magister. Université de Annaba. 170 P.

- Majour. H. (1996) Utilisation de l'analyse statistique pour l'étude du fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique du réservoir cristallin de l'Edough (N.Est Algérien). Mémoire de Magister. Université de Annaba. 112 P.
- Ramdani. A. (1996) Hydrogéologie et modélisation de la nappe dunaire de Bouteldja. Mémoire de Magister. Université de Annaba. 138 P
- Reminieras. G. (1980) Hydrologie de l'ingénieur. Ed. Eyrolles. 500 P
- Samraoui. B. et de Belair. G. (1998) Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances perspectives de gestion. Revue synthèse, Pub. De l'Université de Annaba (Algérie). N°4. 90 P
- Sedrati. Nassima Vulnérabilité et impact des agglomérations sur la qualité des eaux du massif dunaire de Bouteldja. Mémoire de Magister. Université de Annaba. 107 P.
- Schoeller. H. (1962) Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources. Masson et Cie, Paris. 642 P.
- Vila. J. M. (1980) La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisien. Thèse de doctorat en sciences. Université de Pierre et Marie Curie. Paris. VI