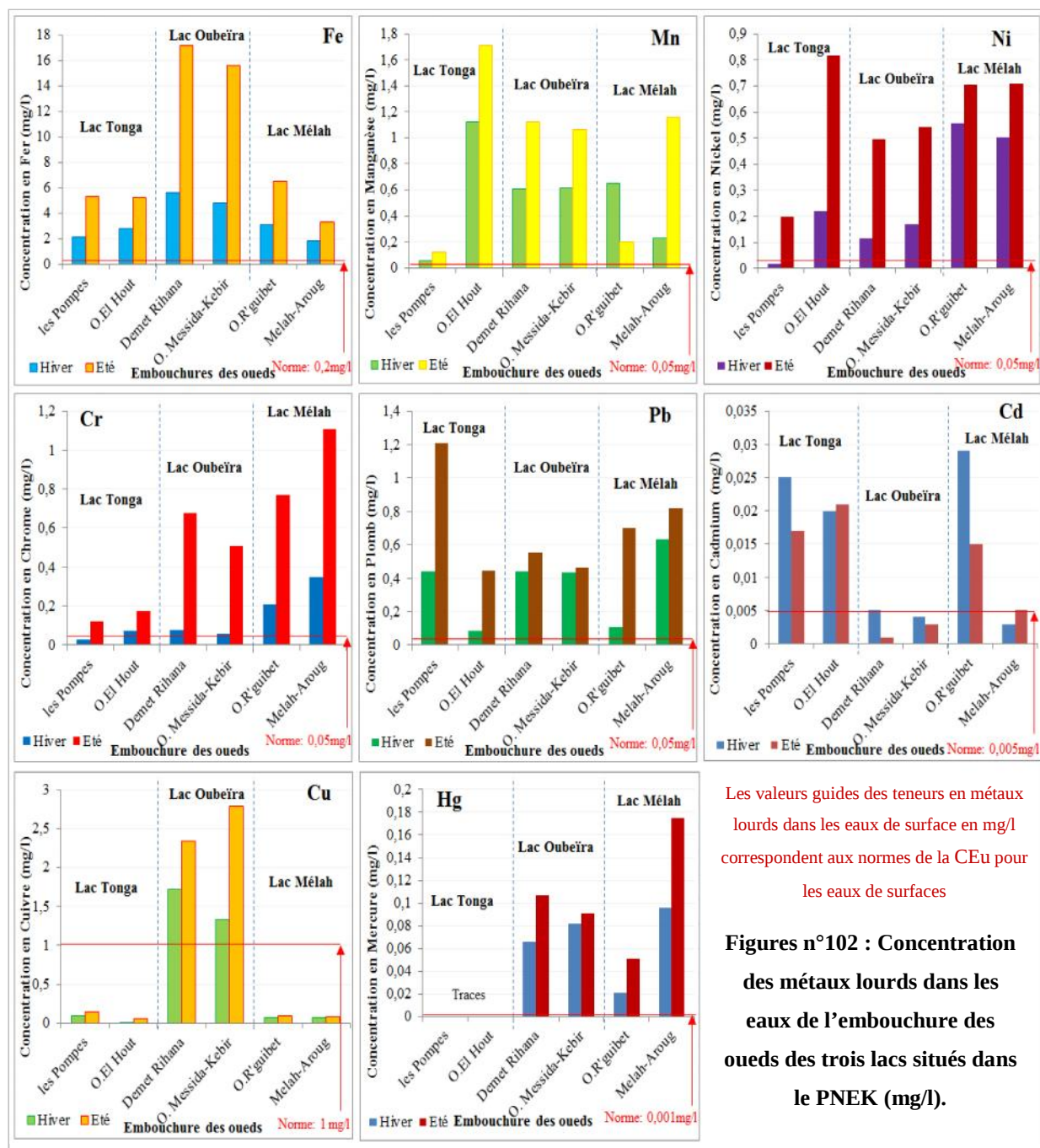


Traitées source : Bendjama



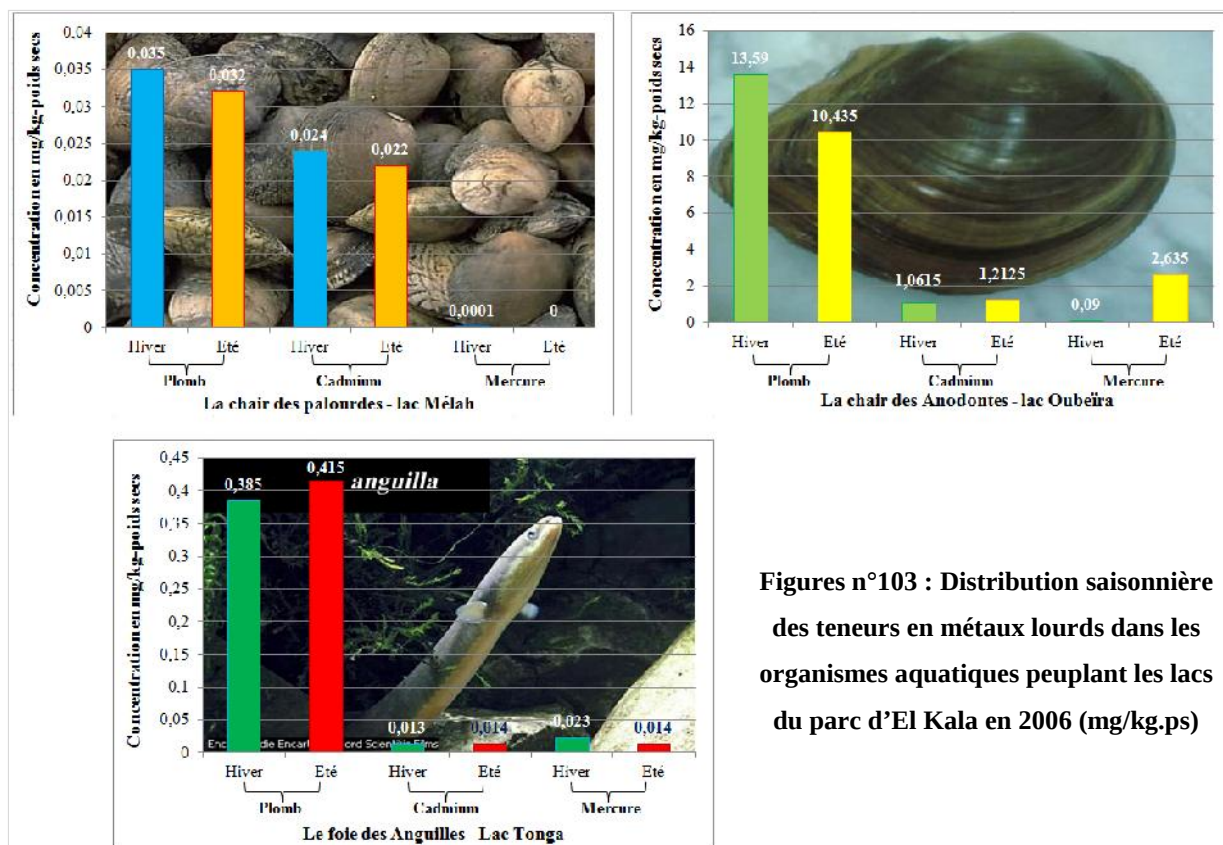
VI-2-3-1/ Conséquences sur la faune

La concentration des métaux lourds à des fortes proportions dans les eaux naturelles peut conduire à la toxicité certaines espèces aquatiques en s'accumulant dans leurs organes vitaux et peuvent même provoquer leur mort.

Pour constater le degré de la contamination de certaines faunes vivaient dans les eaux, Bendjama (2007) a choisi d'étudier des espèces aquatiques utilisées comme bio- indicateurs

d'une pollution métallique et qui sont capables de bio- accumuler des métaux dans leurs chairs. Deux types de bivalves, qui sont la palourde prélevée au niveau du lac Méléh et l'Anodonte pour le lac Oubeïra, ont un habitat très étendue et diversifié (benthique, saumâtre, douce, marins...). Au niveau de l'étang du Tonga, on a prélevé un poisson euryhalin très connu dans la région et qui est doté d'une grande valence écologique ; c'est l'anguille.

Traitées source : Bendjama



Figures n°103 : Distribution saisonnière des teneurs en métaux lourds dans les organismes aquatiques peuplant les lacs du parc d'El Kala en 2006 (mg/kg.ps)

Les variations saisonnières des teneurs en plomb, cadmium et en mercure existaient dans les organismes aquatiques répartis dans les trois lacs, Méléh, Oubeïra et Tonga, sont indiquées dans la figure n°103 (Tab. 19 - annexe). On peut déduire que :

✚ Les teneurs en plomb relevées dans la chair de palourde (Méléh) varient de 0,035 à 0,032 mg/kg de p.s. avec une légère diminution en été. La norme du plomb recommandée pour cette espèce étant égale à 1,5 mg/kg (VGF), on peut dire que les palourdes du lac Méléh sont indemnes de toute contamination par le plomb. Les concentrations en cadmium de la chair de palourde sont proches et sont comprises entre 0,024 et 0,022 mg/kg de p.s. La norme admise du cadmium étant égale à 0,5 mg/kg (VGF), on peut dire que les palourdes du lac Méléh sont indemnes de toute contamination par le cadmium. La chair de palourde montre, en hiver, des teneurs en mercure très faible, de l'ordre du millième de mg/kg de p.s. En période

estivale, ce métal est en revanche rencontré à l'état de traces. La norme du mercure étant égale à 0,1 mg/kg (VGF), on peut dire que les palourdes sont indemnes de toute contamination par le mercure.

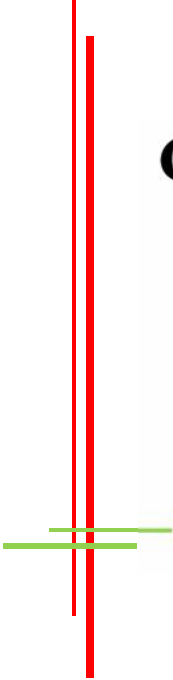
✚ La chair d'anodonte (Oubeïra) présente des teneurs en plomb comprises entre 13,59 et 10,43 mg/kg de p.s avec une légère diminution en été. La norme du plomb pour cette espèce étant égale à 1,5 mg/kg (VGF), on peut dire que les anodontes du lac Oubeïra sont contaminés par le plomb. Les teneurs en cadmium contenu dans la chair d'anodonte sont comprises entre 1,06 et 1,2 mg/kg de p.s; La norme du cadmium pour cette espèce étant égale à 0,5 mg/kg (VGF), on peut considérer que les anodontes sont contaminés par le cadmium. Les teneurs en mercure rencontrées dans la chair d'anodonte ne dépassent pas 0,1 mg/kg de p.s en période hivernale. Toutefois, en période estivale, la teneur en mercure de l'anodonte atteint 2,6 mg/kg de p.s. La norme du mercure étant égale à 0,1 mg/kg (VGF), on peut considérer que les anodontes sont contaminés par le mercure.

La chair d'anodonte présente aussi des fortes teneurs en manganèse, en nickel, en chrome et en cuivre et qui dépassent les valeurs guides françaises, on peut dire que les anodontes sont contaminés par ces métaux (Tab. 19 - annexe).

✚ Le foie d'anguille (Tonga) montre des teneurs en plomb qui varient entre 0,38 et 0,41 mg/kg de p.s. Il montre une hausse en été et une baisse en hiver. La norme du plomb étant égale à 2 mg/kg (CEu), on peut dire que les anguilles du lac Tonga sont indemnes de toute contamination par le plomb. Le cadmium contenu dans le foie d'anguille est à des concentrations proches entre les deux saisons et sont comprises entre 0,013 à 0,014 mg/kg de p.s. La norme du cadmium étant égale à 0,50 (CEu), on peut considérer que les anguilles du lac Tonga sont indemnes de toute contamination par le cadmium. Le foie d'anguille indique des concentrations en mercure qui varient entre 0,023 et 0,014 mg/kg de p.s. Il montre une hausse en été et une baisse en hiver. La norme du mercure étant égale à 5 mg/kg (CEu), on peut dire que les anguilles sont indemnes de toute contamination par le mercure.

Il faut signaler que ces espèces aquatiques sont vendues dans les marchés et sont donc consommées par la population humaine. Il faut dire que la consommation des anodontes est interdite car ces métaux, une fois dans le corps humain, vont s'accumuler dans des organes vitaux sensibles comme le cerveau, le foie... Pour les anguilles et les palourdes, les teneurs en métaux lourds sont plutôt inférieures aux normes recommandées, donc leur consommation est normale mais à long terme l'impact pourra être visualisé.

Concernant l'origine de ces métaux lourds dans les échantillons analysés, on note que pour le plomb, le cadmium et le mercure l'origine est anthropique [BENDJAMA, 2007].



CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

ii-1/ CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Le parc national d'El Kala est un héritage d'importance nationale qui renferme une richesse naturelle et culturelle rarissime ; c'est pour cette raison que l'UNESCO l'a classé comme réserve de la biosphère en 1990. Le PNEK se situe à l'extrême Nord- Est de l'Algérie et plus précisément dans la wilaya d'El Tarf. Il couvre une superficie de 786,28 km². Le territoire du parc d'El Kala possède une géomorphologie très diversifiée ; on aperçoit des éminences couvertes de forêts, des dépressions occupées par de nombreux lacs et oueds et un couloir maritime dessiné par des dunes sableuses et des récifs rocheux qui donnent à ce milieu une belle physionomie pour les espèces marines. La zone d'étude qui appartient au domaine géologique du Tell algérien nord- oriental, est caractérisée par les affleurements des grés et des argiles du Numidien et l'étendue des formations quaternaires. Elle est cependant avant tout un pays de plis Cénozoïque et les déformations structurales plicatives et cassantes qui l'ont touchées correspondaient à la phase de néotectonique poste- tortonienne. Le parc national d'El Kala est conçu d'importants écosystèmes qui lui offrent une richesse remarquable en espèces animales et végétales connues comme rares et magnifiques. De plus sa richesse naturelle, le parc abritent des sites archéologiques et historiques dévoilant encore son importance culturelle.

Le territoire du parc national d'El Kala est réparti entre neuf communes de quatre daïrates et il est protégé par un siège public à caractère administratif doté de directions et de personnels et qui préside le parc à travers trois secteurs de gestion : Secteurs de Bougous, de Brabtia et d'Oum Teboul. Pour mieux contrôler sa richesse naturelle, le PNEK est dessiné en cinq classes de protection des zones. La population humaine, vivaient à l'intérieur du parc, a évoluée remarquablement et qui a atteint les 77000 habitants en 2008. Cette évolution est accompagnée d'une croissante socio- économique indéterminée au détriment de l'écosystème qui est normalement protégé. L'exemple de la ville d'El Kala montre l'extension continue de l'urbanisme sur des terres sauvages engendrant d'énormes quantités de déchets non traités dispersés dans le sol, le sous- sol et même dans l'eau. Le PNEK comporte un réseau routier spacieux et surtout avec la traversée d'un tronçon de l'autoroute Est- Ouest sur des superficies où il est interdit toute plantation des édifices humains. Les populations du parc ont toujours été majoritairement composées d'éleveurs et d'agriculteurs. L'exploitation des surfaces agricoles utiles s'est augmentée de 15 889 hectares en 2003 à 16172 hectares en 2010. On déduit que cette exploitation agricole s'exerce au détriment des surfaces forestières et des pelouses qui se contractent avec l'extension des terres agricoles. L'élevage des animaux est

une nécessité exercée dans le PNEK, les animaux domestiques (bovins, ovins, caprins) se sont haussés de 88645 têtes en 2003 à 106483 têtes en 2012. L'industrie est pratiquement inexistante dans le parc national d'El Kala ; seulement dix unités de production industrielles existaient avec une grande concentration dans les communes d'El Kala et de Bouteldja.

Le climat du parc national d'El Kala, pour une précipitation et une température moyennes annuelles respectivement de 770,1mm et 18,22°C (1971/72-2009/10), est du type méditerranéen tempéré avec une saison humide allant du mois de septembre jusqu'au mois de mai et une saison sèche qui débute du mois de mai et qui s'achève au mois d'août. Selon la méthode de C. W. Thornthwaite, 66% des précipitations sont captées par l'évapotranspiration (ETR=505,22mm). Le déficit agricole est moins élevé par rapport à l'excédent qui est de l'ordre de 264,88mm. Le bilan hydrologique, pour un ruissellement de 20% et une infiltration de 14% de la précipitation annuelle, est un bilan excédentaire.

Le parc d'El Kala est inclus dans le bassin versant de la Mafragh et il est constitué de plusieurs sous bassins versants d'une superficie d'environ 1142,36 km². Les valeurs de l'indice de compacité de Gravelius montrent que ces sous bassins versants possèdent des formes rectangulaires. Les reliefs sont assez forts à modérés. Le réseau hydrographique est unique car on observe un réseau d'oueds dense qui se réunit à plusieurs mares d'eau dans un même endroit ; nous pouvons citer les oueds : El Kebir- Est, Bougous, Eurg, Mélah et les lacs : Tonga, Mellah, Oubeïra, Noir... Ce réseau hydrographique est plutôt dendritique. Deux barrages sont construits dans le PNEK afin de satisfaire les besoins en eau dans la région ; le barrage de Mexa d'une capacité totale de 47 Hm³/an et le barrage Bougous d'une capacité totale de 65 Hm³/an.

A partir des renseignements que nous ont fournis les colonnes et les cartes hydrogéologiques, nous avons distingué trois nappes aquifères. Une nappe superficielle (libre) composée de sables et de graviers de grès d'épaisseur d'environ 60 mètres et localisée au nord de la région. Une nappe profonde (semi- captive) à réservoir constitué de graviers et de sables et argiles sableuses à toit et substratum argileux imperméable localisée dans la plaine d'El Tarf et d'Oum Teboul. La nappe des grès ou la nappe des graviers caillouteux d'épaisseur allant à 20 mètres et qui renferme de nombreuses sources jaillissantes. L'infiltration représente la principale source d'approvisionnement de ces aquifères.

L'examen de la carte piézométrique réalisée en 2011 montre une même allure des courbes pour les deux périodes (hautes et basses eaux) où les eaux souterraines s'écoulent du Sud et l'Est vers l'intérieur aboutissant à l'alimentation des principaux lacs et les aquifères profonds mais la morphologie des courbes ne se rassemble pas car le sur- pompage (période sèche) des

puits désoriente le dessin des courbes mais l'écoulement des eaux suit la topographie de la région. L'interprétation des données hydrodynamiques montrent que la perméabilité est bonne à moyenne dans les formations dunaires libre et moyenne à faible dans les formations profondes semi- captives. Les potentialités en eaux souterraines disponibles montrent que le parc d'El Kala est exploité par plusieurs puits et forages et la présence des sources de bonne qualité permet à la population du parc de les utiliser continuellement.

Une analyse chimique et organique des eaux réparties entre superficielles et souterraines nous a permis d'évaluer le comportement de ces eaux en interaction avec son écosystème et d'identifier les pollutions probables d'origine naturelle et anthropique. D'après l'interprétation des paramètres physico- chimiques, nous pouvons constater que les eaux ont un pH avoisinant la neutralité avec une légère trace alcaline. Les températures des eaux, en surface, sont influencées par celle de l'air alors, qu'en profondeur, elles s'inversent ; mais en majorité elles ne dépassent pas les normes de l'OMS. La conductivité électrique et la salinité montrent une minéralisation moyenne à forte selon les eaux analysées surtout dans le côté est de la région d'étude.

L'analyse chimique révèle que la variation des différents paramètres chimiques majeurs, en profondeur, est en fonction de plusieurs facteurs liés à la lithologie des terrains. En surface, d'autres facteurs (climatiques et humains) interviennent sur le comportement chimique des eaux. Les éléments chimiques majeurs indiquent, dans leur majorité, des concentrations inférieures aux normes recommandées. Le faciès chimique dominant pour les eaux souterraines et superficielles, à partir de la formule ionique, du diagramme de Piper et de Stiff, est chloruré sodique et un peu moins le faciès bicarbonaté calcique. Des corrélations réalisées entre certains éléments chimiques confirment les origines naturelles géologiques des eaux analysées en présence des argiles et, dans certains endroits, des formations carbonatées et salifères.

L'analyse des paramètres organiques indiquent de fortes concentrations en phosphates et en azotes (l'ammonium, le nitrate et le nitrite) dont ses origines sont purement anthropiques ; les rejets des eaux usées polluées et des déchets organiques solides, l'utilisation intensive des engrais et des pesticides sont les causes. L'évaluation de la pollution anthropique à partir de l'interprétation des méthodes de pollution organiques (IPO / Lisec-Index / IHE) nous a permis de constater que les eaux sont polluées mais à des degrés différents.

L'utilisation des eaux pour l'irrigation, par l'interprétation des diagrammes de Richards et Wilcox, montre une variation des classes dans la distribution des échantillons traités et qui est, d'une manière générale, caractérisée par des eaux d'une qualité bonne à admissible à

l'irrigation des cultures. En période des basses eaux, nous apercevons que deux échantillons (P₂ et P₄) sont caractérisés par une eau d'une qualité médiocre à mauvaise. L'accroissement de l'utilisation des eaux irriguées surtout en période de sécheresse (Basses eaux) traduira l'apparition des sels sur les sols et permettent une augmentation de la minéralisation qui détériora la qualité des eaux.

Les activités anthropiques clandestines exercées dans le parc national d'El Kala sont remarquées surtout par la surexploitation des terres et des forêts et qui sont les véritables abris de nombreuses espèces vivantes qui ont octroyé à ce parc cette importance mondiale. Une croissance démographique continue suivie d'une bâtisse intense et anarchique au détriment de l'espace vert. L'utilisation indispensable des engrais et des pesticides de la part des agriculteurs, les rejets liquides déversés dans la nature, et même pour les ordures ménagères, vont libérer des quantités de métaux lourds, toxiques pour l'écosystème et même pour les êtres humains. Le sol est pollué, l'eau est polluée et l'air aussi ; un trafic routier croissant et de nombreux véhicules circulent sur des routes qui sont en train de se propager avec l'achèvement du tronçon de l'autoroute Est- Ouest qui, à long terme, finalisera la netteté du lieu par le dégagement des bruits et des corps toxiques libérés des automobiles.

Les conséquences de ces activités sont illustrées à travers une étude synthétique réalisée en interprétant quelques travaux réalisés dans la région d'étude. Des analyses chimiques et organiques réalisées sur des échantillons d'eau et du sol ont évoqué leur contamination par de fortes concentrations des éléments polluants et toxique au voisinage des dépotoirs sauvages où on trouve des déchets de toutes natures. La contamination de certaines espèces végétales (*Pistacia lentiscus*) par des substances polluantes expulsées des gaz d'échappements des automobiles et qui troublent leur mode de vie. Du fait de la pollution des lacs par des métaux lourds, quelques espèces aquatiques connues dans la région (*Palourdes, anodontes et anguilles*) ont dévoilées la présence de certains métaux toxiques dans leurs organismes vitaux à des concentrations distinctes et indiquant leur contamination.

Le PNEK est un milieu où l'eau, la faune et la flore se sont réunies pour dessiner une vraie mosaïque de nature. Derrière cette beauté rarissime se cache une horrible image d'une inconscience humaine envers la pérennité de cet espace. L'impact négatif de l'homme sur son environnement et sur la dégradation de la qualité des eaux en surface et en profondeur est aperçu. L'homme peut épurer l'eau mais il trouvera des difficultés à épurer ce qu'il consomme de fruits, de légumes et de la viande car il ignore leur contamination.

Malgré les lois présidentielles, les décrets ministérielles et les réglementations rigoureuses de la part des responsables du parc d'El Kala mais on a toute une vie humaine et ses accessoires socio- économiques qui continuent à se croître et à exercer des pressions sur l'écosystème. Il serait légitime de notre part de proposer des conseils et des recommandations afin de mieux et de bien préserver, maîtriser et rafraichir la dépendance positive entre l'homme et son environnement :

- ✓ Convaincre les autorités locales concernées à sensibiliser les habitants du parc, les touristes à l'importance de cette aire protégée et à éduquer les enfants sur la propreté de l'environnement par des programmes pédagogiques qui permettent aux enseignants, du primaire au lycée, de développer des plans exemplaires et des travaux in situ. Des panneaux d'informations techniques et instructives sont également à implanter à proximité des agglomérations. Les mentalités des individus qui constituent la société du PNEK doivent être réconciliées davantage pour apprendre l'importance de ce qu'elles ont sous leurs pieds. Ça serait la première et l'importante étape vers la préservation de l'environnement.

- ✓ Contrôler, voir stopper l'extension croissante de l'habitat diffus afin d'épargner le plus possible les surfaces naturelles. S'intéresser aux maisons écolos qui interagissent avec l'écosystème et recycler les eaux grises et les réutilisées. Les rejets solides doivent être classifiés et recyclés aussi.

- ✓ Restaurer des espaces dégradés et réduire la déforestation et l'abaissement du niveau d'eau. Le parc n'existait pas pour des intérêts agricoles et il serait mieux d'adopter l'agriculture bio, elle est utile. Le sur- pompage des eaux des lacs et des puits profonds doit être interdit ou contrôlé car le parc, à présent, se dispose de deux barrages capables d'alimenter plusieurs agglomérations en eau.

- ✓ L'activité pâturage dans le parc doit être cernée et limitée pour prévenir tout risque de pollutions fécales et le piétinement des zones humides.

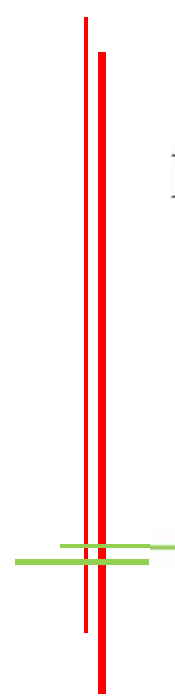
- ✓ La mise en place de réseaux de surveillance piézométrique permanents pour permettre l'observation et l'évolution des niveaux de nappes souterraines, des débits exploités et de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux.



Références bibliographiques

Listes appropriées

Annexes



Références bibliographiques

- [01] ABH-CSM (2004) – *Les cahiers de l'Algérie. Le bassin du Kebir- Rhumel*. MRE, n°8. 44P.
- [02] AKROUM. H (2013) - *Perspectives de développement écotouristique au parc national d'El Kala*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 118P.
- [03] ANCTIL. F & ROUSSELLE. J & LAUZON. N (2012) - *Hydrologie: cheminements de l'eau*. Livre. Presses internationale Polytechnique, Canada.365P.
- [04] ANRH. (2013) - *Données climatiques du siège régional*. Constantine, Algérie.
- [05] AOUADI. A (2009) - *Cartographie de la distribution de la pollution atmosphérique d'origine automobile au niveau de la région d'El Kala en utilisant: Pistacia lentiscus*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 85P.
- [06] BAHROUN. S (2006) - *Impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naturelles dans la région d'El Tarf*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 122P.
- [07] BELOUAHEM-ABED. D (2012) - *Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-Est algérien)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 239P.
- [08] BELOULOU. L (2011) - *Cours d'hydrologie fondamentale avec exercices d'application*. UBM Annaba, Algérie. 29P.
- [09] BENDJAMA. A (2007) - *Niveaux de contamination par les métaux lourds du complexe lacustre (Tonga, Oubeïra, El-Mellah) du parc national d'El-Kala*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 157P.
- [10] BENTOUILI. M Y (2007) - *Inventaire et Qualité des Eaux des Sources du Parc National d'El Kala (N-Est algérien)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 113P.
- [11] BOUAZOUNI. O (2004) - *Parc National d'El Kala Etude socio-économique du PNEK*. Projet régional MedMPA, UNEP. 51P.
- [12] BOUGUERRA. S A (2014) - *Quantification et modélisation du transport solide dans un cours d'eau de l'Algérie septentrionale : cas du bassin versant de l'oued Boumessaoud (Tlemcen)*. Mémoire Magister. UNIV ABOUBEKR BELKAID, TLEMCEN, Algérie. 127P.
- [13] BOUKHNOUNA. S (2008) - *Impact de l'oued Bounamoussa sur la qualité des eaux de la nappe alluviale superficielle d'El Asfour (wilaya d'El Tarf)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 112P.
- [14] BOULAKOUD. Z (2009) - *Variations quantitatives et qualitatives des ressources en eau des nappes superficielles de la région de Annaba*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 111P.
- [15] BOUSNOUBRA. H & ROUABHIA. A K & KHERICI. N & DERRADJI. E & EL KANDJ. Y (2009) - *Vulnerability to the pollution and urban development of the massive dune of Bouteldja, northeastern Algerian*. Journal Geographia Technica, no°.1. 7P.

Références bibliographiques

- [16] **BOUZIANI. M (2000)** - *L'eau. De la pénurie aux maladies*. Livre. Editions IBN- Khaldoun, Algérie. 243P.
- [17] **BRAHMIA. A (2008)** - *Etude de la structure profonde du système aquifère du fosse d'effondrement de Terraguelt, haute Seybouse*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 109P.
- [18] **BRAHAMIA. K & SEMOUK. A (2010)** - *Activité touristique dans un espace fragile : cas du Parc National d'El kala*. El-Tawassol. N° 26, P 34-57.
- [19] **CASTANY. G (1982)** - *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Livre. Dunod université Paris, France. 238 P.
- [20] **CENEAP-PNEK (2011)** - *Problématique de la gestion des zones humides : le cas particulier du Parc National d'El Kala*. Cahier synthèse. Journée d'étude, El Kala, Tarf, Algérie. 23P.
- [21] **CHAOUI. W (2007)** - *Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'oued Seybouse et de l'oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 97P.
- [22] **CHEKCHAKI. S (2012)** - *Caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies glutineuses du complexe lacustre (Parc National d'El Kala)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 123P.
- [23] **CHENORKIAN. R & ROBERT. S (2014)** - *Les interactions hommes- milieux. Questions et pratiques de la recherche en environnement*. Livre. Editions Quae, France. 176P.
- [24] **DANVERS. F (2012)** - *S'orienter dans la vie : la sérendipité au travail ? Dictionnaire de sciences humaines et sociales – Tome 2 de la 501^e à la 600^e considération*. Livre. Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, France. 1068P.
- [25] **DE BELAIR. G (1990)** - *Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre Eco-complexes lacustres et marécageux (El-Kala, est algérien)*. Thèse de doctorat, Univ. de Montpellier II, France. 193P.
- [26] **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 Seybouse, N-Est Algérien*. Thèse doctorat. Univ de Franche- comté, France. 200P.
- [27] **DELCAILLAU. B (2004)** - *Reliefs & tectonique récente*. Livre. Vuibert éditions, Paris, France. 259P.
- [28] **DEROUICHE. A M (2008)** – *Impact des eaux du rejet sur la qualité des eaux de la nappe libre d'Oued Souf*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 148P.
- [29] **DERRADJI. F (2004)** - *Identification quantitative et qualitative des ressources en eau dans la région d'Annaba -El Tarf (Nord-est de l'Algérie)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 200 p.
- [30] **DERRADJI. F, BOUSNOUBRA. H, KHERICI. N, ROMEO. M, CARUBA R (2007)** - *Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est Algérien*. Revue sécheresse, Vol. 18, N°1, P 23-27.

Références bibliographiques

- [31] **DJABRI. L (1996)** - *Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse- Origine géologique, industrielle, agricole et urbaines*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 261P.
- [32] **DJEDDI. M (2015)** - *Contexte géodynamique, tectonique et sismologique du nord- oriental de l'Algérie*. 63P.
- [33] **DJELLOUL. R (2013)** - *Cartographie des champignons au niveau du Parc National d'El Kala (Nord Est Algérien)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 188P.
- [34] **DJEMAI. M (1985)** - *Hydrologie du bassin versant du haut Sébaou : hydrogéologie des formations alluviales (Algérie)*. Thèse doctorat. Univ Scientifique et Médicale de Grenoble, France. 236P.
- [35] **DJIDEL. M (2008)** - *Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 165P.
- [36] **DUCHESNE. R & CAMBROSIO. A (1984)** - *Enjeux du Progrès*. Livre. Presses de l'université du Québec, Canada. 356P.
- [37] **ELMEDDAHI. Y (2008)** - *Contribution à l'étude hydrogéologique des réservoirs aquifères du bassin du Moyen Cheliff*. Mémoire Magister. Univ Hassiba Ben Bouali, Chleff, Algérie. 137P.
- [38] **FERCHICHI. W (2010)** - *Etude de la législation sur les aires protégées en Tunisie*. Rapport de synthèse. MEDD & UICN, Tunisie. 24P.
- [39] **GAAGAI. A (2008)** - *Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de Babar sur oued El Arab, région est de l'Algérie*. Mémoire Magister. UNIV de Batna, Algérie. 107P.
- [40] **GHERZOULI. C (2013)** - *Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est- algérien : apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire*. Thèse doctorat. Université Toulouse 2 Le Mirail, France. 181P.
- [41] **GHRIEB. L (2011)** - *Impact de la minéralisation des formations triasiques sur la qualité de l'eau et du sol en zone semi- aride : cas de la plaine Bekkaria- Tébessa (extrême Nord-Est algérien)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 136P.
- [42] **GILLI. E & MANGAN. C & MUDRY. J (2004)** - *Hydrogéologie Objets, méthodes, applications*. Livre. Dunod, Paris, France. 303P.
- [43] **GOUAIDIA. L (2008)** - *Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est algérien*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 130P.
- [44] **GRIMES. S (2005)** - *Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf)*. Projet MedMPA, UNEP. 130P.
- [45] **GROSCLAUDE. G (1999)** - *L'eau: Usages et polluants (tome II)*. Livre. INRA éditions, Paris, France. 209P.

Références bibliographiques

- [46] GUEFAIFIA. O (2007) - *Identification et caractérisation d'un milieu karstique et sa contribution à l'alimentation du champ captant : Hammamet - Aïn Chabro. Cas de la zone de Bouakkous-Hammamet. Région de Tébessa.* Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 124P.
- [47] HAIED. N (2008) - *Impact des eaux de réalimentation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe libre du massif dunaire de Bouteldja (NE Algérien).* Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 120P.
- [48] HAMOUDA. S (2012) - *Parcs nationaux, réserves de biosphère et activités agricoles. Enjeux au sein du parc national d'El- Kala. (Algérie).* Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 250P.
- [49] HAMZAOUI. S (2011) - *Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement, El Tarf commune.* Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 105P.
- [50] HANDOUZI. M A (2011) - *Evolution du chimisme des eaux du barrage Mexanna (Nord-Est Algérien).* Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 103P.
- [51] HARBI. A & MAOUCHE. S (2009) - *Les principaux séismes du Nord- Est de l'Algérie.* Mémoires n°16 du service géologique national, Alger, Algérie. 81P.
- [52] HERTIG. J A & al (2006) - *Etudes d'impact sur l'environnement.* Livre. PPUR presses polytechniques, Lausanne ; Suisse. 529P.
- [53] HOMEWOOD. K M (1993) - *Livestock economy and ecology in El Kala, Algeria, evaluating ecological and economic costs and benefits in pastoralism systems.* 18P.
- [54] HOUBIB. H (2012) - *Analyse Multicritères des composantes du Milieu à l'aide des techniques de la géomatique pour un aménagement intégré de la vallée de Oued Mellagou- Bouhmama W. KHENCHELA.* Mémoire Magister. Univ El Hadj Lakhdar, Batna, Algérie. 181P.
- [55] <http://www.craag.dz/>
- [56] <http://www.ramsar.org/>
- [57] HUFTY. A (2001) - *Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau.* Livre. Les presses de l'université Laval & De BOECK université, Canada. 545P.
- [58] JOLEAUD. L (1936) - *Etude géologique de la région de Bône et de la Calle.* Bulletin du service de la Carte géologique d'Algérie. 200p.
- [59] KACHI. S (2007) – *Vulnérabilité de la nappe alluviale de Tébessa- Morsott face aux polluants.* Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 159P.
- [60] KHELFAOUI. H (2014) - *Modélisation des écoulements et de transport de masse dans une région industrielle : Exemple de la nappe de Berrahal, Nord-Est Algérien.* Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 161P.
- [61] KHERICI. N (1985) - *Aquifère sableux de bords de mer. Hydrodynamique et hydrochimie. Exemple de la nappe de Bouteldja (Nord Est algérien).* Thèse Docteur 3^{ème} cycle USTL, Montpellier, France. 202p.

Références bibliographiques

- [62] **KHERICI. N (1993)** - *Vulnérabilité a la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole (Annaba - la Mafragh) NE algérien*. Thèse de Doctorat. UBM Annaba, Algérie. 170P.
- [63] **LABORDE. J P (2000)** - *Eléments d'hydrologie de surface*. Livre. CNRS, Univ de Nice, France. 192P.
- [64] **LAMBERT. R (1996)** - *Géographie du cycle de l'eau*. Livre. Presses Universitaires du Mirail, Univ de Toulouse, France. 426P.
- [65] **LEDUC. G A & RAYMOND. M (2000)** - *L'évaluation des impacts environnementaux: un outil d'aide à la décision*. Livre. Éditions MultiMondes, Québec, Canada. 319P.
- [66] **LEFRANC. E (1867)** - *La Calle, topographie, botanique et climatologie*. Livre. Extrait du bulletin de la société botanique de France. Imprimerie de Martinet, Paris, France. 26P.
- [67] **LEVEQUE. N (2009)** – *Synthèse des premiers éléments de création d'un réseau méditerranéen de gestionnaires de zones humides littorales en vue d'échanges d'expériences*. Diplôme master. Université Paul Valéry Montpellier III, France. 34P.
- [68] **MANSOURI. Z (2009)** - *Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdane (Nord -Est algérien)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 128P.
- [69] **MAOUI. A (2006)** - *Evolution et origine du chimisme des eaux de l'aquifère superficiel de Zaâfrane : région de la steppe Sud Algéroise .Etude de la variation spatiale de la salinité et ses risques sur les sols et la végétation*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 248P.
- [70] **MEBARKIA. A H (2011)** - *Etudes des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de Aïn Zada wilaya de Bordj Bou-Arredj (Nord-Est algérien)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 192P.
- [71] **MEJI´A. A I & NIEMANN. J D (2008)** - *Identification and characterization of dendritic, parallel, pinnate, rectangular, and trellis networks based on deviations from planform self-similarity*. Journal of geophysical research, vol. 113. 21P.
- [72] **MERIAUX. P & ROYET. P & FOLTON. C (2004)** – *Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations*. Livre. CEMAGREF éditions, France. 201P.
- [73] **MORGAN. N C (1982)** - *An ecological survey of standing waters in North West Africa: II. Site descriptions of Tunisia and Algeri.*, Biol. Conserv.24: 83-113.
- [74] **MUSY. A & HIGY. C (2003)** - *Hydrologie: Une science de la nature*. Livre. PPUR éditions, Lausanne, suisse. 261P.
- [75] **NOUAR. T (2007)** - *Impact de la pollution sur les ressources en eau superficielles et souterraines de la région de Guelma*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 150P.

Références bibliographiques

- [76] OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES (2011) - V^o Recensement Général de la Population et de l'Habitat – 2008 : Armature urbaine. Collections statistiques n°163/2011-série S, Alger, Algérie. 220P.
- [77] OUELMOUHOUB. S (2005) – *Gestion multi- usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie)*. Thèse Master science. IAM, Montpellier, France. 100P.
- [78] PICARD. C (2011) – *Transfert de matière dans un biofilm aéré sur membrane*. Thèse doctorat. Univ de Toulouse III, France. 170 P.
- [79] RAACHI. M L (2007) - *Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au Nord-Est Algérien*. Mémoire du Service des bibliothèques, Université du Québec à Montréal, Canada, 104P.
- [80] RAMDANI. A (1996) - *Hydrogéologie et modélisation de la nappe dunaire de Bouteldja*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 138 P.
- [81] RIAD. S (2003) - *Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles a partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc*. Thèse doctorat. Univ. Sci Tech Lille, France & Univ Ibnou Zohr d'Agadir, Maroc. 127P.
- [82] RICKLEFS. R E & MILLER. G L (2005) - *Écologie*. . Livres. De Boeck éditions, Bruxelles. 825P.
- [83] RODIER. J (1996) - *L'analyse de l'eau- eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. Livres. 8^e édition, Dunod, Paris, France. 1357P.
- [84] ROUABHIA. A K (2006) - *Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod, Nord-Est algérien*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 160P.
- [85] SAADALI. B (2007) – *Etude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie extrême nord orientale)*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 84P.
- [86] SALAH- SALAH. H (2009) - *Dynamique de l'urbanisation dans un espace littoral protégé, le cas d'El- Kala*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 172P.
- [87] SEDRATI. N (2011) - *Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est algérien*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 160P.
- [88] SEGHIR. K (2008) - *Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 136P.
- [89] SEVIN. A & al (2012) - *Chimie générale : tous les cours en fichiers*. Livre. Dunod, Paris, France. 505P.

Références bibliographiques

- [90] **TERREAUX. J Ph (2005)** - *Economie des équipements pour l'eau et l'environnement*. Livre. CEMAGREF éditions, Montpellier, France. 208P.
- [91] **THOMAS. J P (1975)** - *Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala (Est algérien)*. Thèse de spécialité en écologie végétale, U.S.T.L, Montpellier, France. 113P.
- [92] **VIERS. G (1970)** - *Géographie zonale des régions froides et tempérées*. Livre. Paris, Nathan. 206P.
- [93] **VILA. J M (1980)** - *La plaine alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens*. Thèse de Doc. Sc. Nat. Univ. P et M. Curie. Paris VI, France. 2 tomes, 588P.
- [94] **WACKERMANN. G & ROUGIER. H (2010)** - *L'eau. Ressources et usages*. Livre. Ellipses éditions, Paris, France. 259P.
- [95] **YOUBI. A (2008)** - *Politiques publiques et aires protégées. Paysage –patrimoine, outils de gestion du parc national d'El Kala ?*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 187P.
- [96] **ZAAFOUR. M D (2012)** - *Impact des décharges sauvages sur les Zones Humides de la région d'El-Tarf*. Mémoire Magister. UBM Annaba, Algérie. 112P.
- [97] **ZERIRI. I (2013)** - *Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 54P.
- [98] **ZERROUKI. H (2013)** - *Aspects quantitatifs et qualitatifs de la source de Bouakkous : impact sur le champ captant d'Aïn Chabro (zone semi-aride Tébessa)*. Thèse doctorat. UBM Annaba, Algérie. 165P.

Abréviations

ABH- CSM:	Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue
AEP:	Alimentation en eau potable.
Alsat 2A :	Deuxième satellite artificiel algérien
ANBT:	Agence Nationale des Barrages et transferts
ANRH:	Agence Nationale des Ressources Hydriques
ASAL :	Agence Spatiale Algérienne
BE :	Basses eaux.
°C :	Degré Celsius.
Ca²⁺ :	Calcium.
CaCO₃:	Carbonate de calcium ou le calcaire.
CaSO₄.2H₂O :	Sulfate de calcium dihydraté ou le gypse.
Cd :	Cadmium.
CENEAP :	CEntre National d'Etudes et d'Analyses pour la Population et le développement.
CEu :	Conforme aux exigences de l'Union européenne (CE)
Cl⁻ :	Chlorure.
cm :	Centimètre.
CO₂ :	Dioxyde de carbone.
Cp_a :	Le coefficient pluviométrique annuel
Cp_m :	Le coefficient pluviométrique mensuel
CRAAG :	Centre de Recherche e Astronomie, Astrophysique et Géophysique.
Cu :	Cuivre.
DA :	Le déficit agricole.
DBO₅ :	Demande biochimique en eau pendant 5 jours.
DCO :	Demande chimique en eau.
DHW :	Direction Hydraulique de Wilaya.
Dj:	Djebel (Mont).
DPAT :	Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire.
DMS :	Degré – minute – seconde.
DSA :	Direction des services agricole.
ENE :	Est- Nort- Est.
Eq/H :	Equivalent par habitant.
ETM :	Eléments traces métalliques
ETP :	L'évapotranspiration potentielle
ETR :	L'évapotranspiration réelle
EURL:	Entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée.
Exc :	L'excédent
g/l:	Gramme par litre.
GME :	Grande Menuiserie de l'Est
h :	Heures.
hab :	Habitant.
HCO₃⁻ :	Bicarbonate ou hydro- géno- carbonate.
HE :	Hautes eaux.
Hm³/an :	Hectomètre cube par an.
I :	Infiltration
i_A :	L'indice d'aridité mensuel
I_A :	L'indice d'aridité annuel
I_g :	Indice de pente globale en m/km
I_M :	L'indice pluviométrique de Moral
IND:	Alimentation en eau pour l'industrie.
IRRI:	Alimentation en eau pour l'irrigation.
K⁺ :	Potassium.
K_G :	Indice de compacité de Gravelius

km :	Kilomètre.
K^t:	Koudiat.
m :	Mètre.
Meq/l :	Milliéquivalent- gramme par litre.
MES :	Matières en suspension.mg/l : Milligramme par litre.
MgSO₄:	Sulfate de magnésium.
MI :	Mixtes.
m³/j :	Mètre cube par jour.
mm :	Millimètre.
MM :	Magnitude de Moment.
m/sec:	Mètre par seconde.
Mta :	Mechtat (rassemblement d'habitations de familles ou de tribu).
n°:	Numéro.
Na⁺ :	Sodium.
Mg²⁺ :	Magnésium.
NH₄⁺ :	Ammonium.
NO₂⁻ :	Nitrite.
NO₃⁻ :	Nitrate.
NPK :	Engrais riches en Azote – Phosphate – Potassium.
O₂ :	Oxygène dissous.
OMS :	Organisation mondiale de la santé.
ONA:	Office national de l'assainissement
ONM:	Office national de la météorologie.
O.R.S.T.O.M :	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
P :	Précipitations.
PAW :	Plan d'aménagement de Wilaya.
Pb :	Plomb.
PDAU:	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
PNEK :	Parc national d'El Kala.
PO₄³⁻ :	Phosphates.
P₂O₅ :	Phosphore total.
PU :	Prédominance urbaine.
R :	Le ruissellement.
RAMSAR:	Ville en Iran, siège de la convention sur les zones humides.
R_c :	Le rapport de circularité de Miller
RFU :	La réserve facilement utilisable.
RN:	Route nationale.
RW:	Route wilaya.
SARL :	Société à responsabilité limitée.
SAT :	Superficie agricole totale.
SAU :	Superficie agricole utile.
SEATA :	Société de l'Eau et de l'Assainissement d'el Tarf et d'Annaba.
SO₄²⁻ :	Sulfate.
SPOT :	Satellite Probatoire d'Observation de la Terre.
T :	Températures.
TR :	Totalement rurales.
UICN :	Union internationale pour la conservation de la nature.
UNESCO :	Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture.
µS/cm:	Micro- siemens par centimètre.
UTM :	Universal Transverse Mercator
VGf :	Valeur guide française.
WSW :	Ouest- Sud- Ouest.
WTW:	Marque du groupe Xylem spécialisé dans le domaine de l'eau.
ZHUN:	Zone d'Habitat Urbain Nouvelle.
Zn :	Zinc.

Liste des figures

Figure n°01 : Répartition des parcs nationaux et des réserves naturelles en Algérie.....	7
Figure n°02 : Répartition des zones humides dans la wilaya d'El Tarf.....	8
Figure n°03 : Localisation géographique du parc national d'El Kala (Extrait la carte topographique d'Algérie 1/500 000 : Constantine + traitement).....	12
Figure n°04 : L'emplacement administratif du PNEK dans la Wilaya d'El Tarf + la répartition de ses secteurs de gestion.....	14
Figure n°05 : L'organisation administrative du PNEK.....	15
Figure n°06 : Les différentes zones du parc d'El Kala.....	17
Figure n°07 : L'accroissement de la population humaine dans la région d'étude (1856/2009)...	18
Figure n°08 : La répartition de la population humaine à l'intérieur du PNEK en 2008.....	19
Figure n°09 : Répartition des agglomérations sédentaires dans la région du PNEK + les principales routes existantes (Support : google- earth / juillet 2013).....	21
Figure n°10 : Principaux types de résidences de la population du PNEK en 2007.....	22
Figure n°11 : Amplification urbaine de la ville d'El Kala + modification.....	24
Figure n°12 : La croissance démographique dans la commune d'El Kala.....	25
Figure n°13 : Les proportions des déchets solides dans la ville d'El Kala en 2008.....	26
Figure n°14 : L'exploitation des superficies agricoles utiles dans les communes du PNEK (2003 et 2010).....	30
Figure n°15 : La croissance des terres agricoles dans le PNEK en hectares.....	31
Figure n°16 : Extension des terres agricoles au détriment des terres fertiles (1993- 2007).....	33
Figure n°17 : Les superficies forestières incendiées dans la région du parc d'El Kala.....	35
Figure n°18 : L'occupation des sols dans le PNEK (Extrait de la carte agricole de la wilaya d'El Tarf).....	36
Figure n°19 : L'élevage du bétail dans les communes du PNEK.....	38
Figure n°20 : Nombre de travailleurs dans l'industrie pour les communes du PNEK (2003 et 2007).....	40
Figure n°21: La diversité géomorphologique de la région d'étude (Site web: topographic-map.com + traitement).....	43
Figure n°22 : Coupe topographique du cap Rosa au Djebel Ghorra + le positionnement de la coupe dans la carte topographique (Assemblage des cartes topographiques 1/50000e de Blandan, Bougous, El Kala1&2).....	44

Figure n°23 : Le réseau hydrographique du parc d'El Kala (Assemblage des cartes topographiques 1/50000e :El Kala1&2-Bouteldja-Bougous + traitement).....	49
Figure n°24 : Esquisse structurale de la région d'étude (Extrait de la carte structurale au 1/500.000e de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens – J.M Vila, 1978 + traitement).....	51
Figure n°25 : Aperçu lithologique des terrains dans le parc national d'El Kala (D'après les travaux réalisés par L. Joleaud, 1936 ^[58] + traitement).....	53
Figure n°26 : Colonne litho- stratigraphique de la région d'El- Tarf (D'après Tchoulanov, 1980 + modification).....	55
Figure n°27 : Représentation schématique des principaux effets de la néotectonique_J M Vila	60
Figure n°28 : Coupes géologiques représentatives dans la région d'étude (Extrait des coupes réparties entre Bône et la Calle ^[58] : + traitement).....	61
Figure n°29 : Coupes géologiques réalisées dans le parc d'El Kala	63
Figure n°30 : Le patrimoine forestier réparti dans le parc d'El Kala + Traitement.....	65
Figure n°31 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air en % à la station d'El Kala (1984/85- 2009/10).....	69
Figure n°32 : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/sec) à la station d'El Kala (1984/85- 2001/02).....	70
Figure n°33 : Précipitations moyennes mensuelles en mm à la station d'El Kala (1971/72- 2009/10)	71
Figure n°34 : Précipitations annuelles et la moyenne annuelle en mm à la station d'El Kala (1971/72- 2009/10).....	72
Figure n°35 : Répartition des précipitations moyennes saisonnières en % à la station d'El Kala (1971/72- 2009/10).....	74
Figure n°36 : Répartition saisonnière des précipitations en % pour les périodes 1990/1991 et 2008/2009 à la station d'El Kala	74
Figure n°37 : Variations des coefficients pluviométriques annuels à la station d'El Kala (1971-72/2009-10)	75
Figure n°38 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station d'El Kala (1971/72- 2009/10)	77
Figure n°39 : Températures annuelles et la moyenne annuelle en °C à la station d'El Kala (1971/72- 2009/10).....	78

Figure n°40 : Diagramme pluvio-thermique (Gaussen-Bagnouls) de la station d'El Kala (1971/72- 2009/10).....	79
Figure n°41 : Diagramme pluvio -thermique (Walter, 1955) de la station d'El Kala (1971/72- 2009/10)	80
Figure n°42 : Abaque de l'indice d'aridité Annuel d'après de Martonne	82
Figure n°43 : Abaque de l'indice d'aridité mensuel d'après de Martonne	82
Figure n°44 : Estimation de l'ETR suivant les abaques de Wundt à la station d'El Kala (1971/72-2009/10)	85
Figure n°45 : Représentation graphique du bilan hydrique (D'après Thornthwaite) à la station d'El Kala (71/72-09/10).....	89
Figure n°46 : La délimitation + la répartition hypsométrique des bassins versants répartis dans la région d'étude (1).....	92
Figure n°47 : La délimitation + la répartition hypsométrique des bassins versants répartis dans la région d'étude (2).....	93
Figure n°48 : Répartition et courbes hypsométriques des bassins versants dans la région du PNEK (1)	100
Figure n°49 : Répartition et courbes hypsométriques des bassins versants dans la région du PNEK (2)	101
Figure n°50 : Répartition et courbes hypsométriques des bassins versants dans la région du PNEK (3)	102
Figure n°51 : Réseau hydrographique des bassins versants répartis dans la région d'étude (1) ..	108
Figure n°52 : Réseau hydrographique des bassins versants répartis dans la région d'étude (2)...	110
Figure n°53 : Divers formes des réseaux hydrographiques d'après la classification de Howard (1967)	112
Figure n°54 : Ordre d'un bassin hydrographique d'après la classification de Strahler (1957)....	113
Figure n°55: Relation pluies/ débit (année 1996/97).....	120
Figure n°56: Fortes pluies enregistrées dans les stations pluviométriques (W. El Tarf).	121
Figure n°57: Imagerie satellitaire des Inondations à El Tarf + traitement	122
Figure n°58 : Systèmes aquifères existés dans la région d'étude	124
Figure n°59 : Forage d'eau réalisé dans le secteur de Mélah	125
Figure n°60 : Forage d'eau réalisé dans la nappe superficielle d'Oum Teboul	125
Figure n°61 : Forage d'eau réalisé dans la nappe semi- captive d'Oum Teboul	126
Figure n°62 : Forage d'eau réalisé dans la nappe dunaire de Bouteldja	126
Figure n°63 : Forage d'eau réalisé dans la nappe profonde d'El Tarf	127
Figure n°64 : Profil hydrogéologique schématique à travers les dunes de Bou Redim	129
Figure n°65 : Profil hydrogéologique schématique à travers le secteur du lac Noir	129

Figure n°66 : Profil hydrogéologique schématique à travers la plaine d'Oum Teboul	130
Figure n°67 : Profil hydrogéologique schématique à travers la plaine de Mexa	130
Figure n°68 : Carte piézométrique du PNEK (hautes eaux - mars 2011)	133
Figure n°69 : Carte piézométrique du PNEK (basses eaux - juillet 2011)	133
Figure n°70 : Caractéristiques hydrodynamiques suivant la composition lithologique des terrains (Extrait de Carte Hydrogéologique de l'Algérie du Nord)	135
Figure n°71 : Inventaires des points d'eau analysés répartis dans le PNEK	139
Figure n°72 : Observation des couches lithologiques dans le parc d'El Kala	140
Figure n°73 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale des températures de l'eau (°C).....	142
Figure n°74 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale du pH	143
Figure n°75 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale des conductivités électriques (uS/cm).....	144
Figure n°76 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale de la salinité des eaux (gr/L).....	146
Figure n°77 : Histogramme de la concentration du calcium - Ca^{2+} - dans les eaux (Meq/l)	149
Figure n°78 : Histogramme de la concentration du magnésium - Mg^{2+} - dans les eaux (Meq/l)...	150
Figure n°79 : Histogramme de la concentration du sodium - Na^{+} - dans les eaux (Meq/l).....	150
Figure n°80 : Histogramme de la concentration du potassium - K^{+} - dans les eaux (Meq/l)	151
Figure n°81 : Histogramme de la concentration des chlorures - Cl^{-} - dans les eaux (Meq/l)	152
Figure n°82 : Histogramme de la concentration des bicarbonates - HCO_3^{-} - dans les eaux (Meq/l).....	153
Figure n°83 : Histogramme de la concentration des sulfates – SO_4^{2-} - dans les eaux (Meq/l).....	154
Figure n°84 : Evolution et distribution des faciès hydrochimiques	158
Figure n°85 : Faciès chimiques des eaux superficielles selon le diagramme de Piper (2011).....	159
Figure n°86 : Faciès chimiques des eaux souterraines selon le diagramme de Piper (2011)	160
Figure n°87 : Faciès chimiques des eaux souterraines d'après le diagramme de Stiff (2011).....	161
Figure n°88 : Origine du calcium dans les eaux (juillet 2011).....	162
Figure n°89 : Origine du sodium dans les eaux (juillet 2011).....	163
Figure n°90 : Comportement des anions suivant le pH et la conductivité électrique (juillet 2011).....	164
Figure n°91 : Cycle de l'azote	166
Figure n°92 : Variation de l'ammonium dans les eaux (2011).....	166
Figure n°93 : Concentration des nitrates dans les eaux (Juillet 2011).....	167
Figure n°94 : Concentration des nitrites dans les eaux (Juillet 2011).....	168
Figure n°95 : Concentrations en DBO5 et DCO dans les eaux (Juillet 2011).....	169
Figure n°96 : Concentration des phosphates dans les eaux (2011).....	171
Figure n°97 : Variation de l'oxygène dissous dans les eaux (2011).....	172

Figure n°98 : Qualité des eaux dans le parc national d'El Kala (Juillet 2011)	175
Figure n°99 : Classification des eaux destinées à l'irrigation suivant le SAR (Diagramme de Richards)	185
Figure n°100 : Classification des eaux destinées à l'irrigation suivant le %Na (Diagramme de Wilcox)	186
Figure n°101 : Cartographie de la distribution de la pollution automobile au niveau du site de Bou Redim	195
Figure n°102 : Concentration des métaux lourds dans les eaux de l'embouchure des oueds des trois lacs situés dans le PNEK (mg/l)	198
Figure n°103 : Distribution saisonnière des teneurs en métaux lourds dans les organismes aquatiques peuplant les lacs du parc d'El Kala en 2006 (mg/kg.ps).....	199

Liste des photos

Photo n°01: La culture des terres par la population du parc national d'El Kala.....	28
Photo n°02: Tronçon de l'Autoroute Est- Ouest traversant le parc national d'El Kala à Aïn El Assel.....	29
Photo n°03: L'élevage dans le parc national d'El Kala.....	37
Photo n°04: Kef el Fedda-Bougous	42
Photo n°05: Vue du lac Bleu (de près) et Méléah (de loin).....	42
Photo n°06: Marécages de Bou Redim.....	42
Photo n°07: Plage de la vieille Calle.....	42
Photo n°08: Plage du Cap Rosa.....	42
Photo n°09: Djebel Ghorra.....	42
Photo n°10: Vue panoramique du lac Noir.....	46
Photo n°11: Vue panoramique du lac Mellah et du lac Bleu.....	46
Photo n°12: Vue panoramique du lac Oubeïra.....	46
Photo n°13: Oued El Kébir- Est (Aïn El Assel).....	48
Photo n°14 : Etang de Tonga.....	49
Photo n°15 : Marais de Bou Redim.....	49
Photo n°16 : Bastion de France.....	67
Photo n°17 : Barrage de Mexa	117
Photo n°18 : Barrage de Bougous	118
Photo n°19 : Retenue collinaire sur l'oued Sebaa	118

Photo n°20 : Station hydrométrique d'Aïn El Assel	119
Photo n°21 : Des terres inondées à El Tarf (Février 2012)	121
Photo n°22 : Stations de traitement des eaux usées dans le PNEK	189
Photo n°23 : Échappées des eaux usées	-190
Photo n°24 : Quelques décharges solides situées dans le PNEK	190
Photo n°25 : Quelques décharges solides situées dans le PNEK	192

Liste des tableaux

Tableau n° 1 : La répartition de la surface des communes dans le PNEK.....	13
Tableau n° 2 : La répartition de la densité des habitants dans le PNEK en 2008	20
Tableau n° 3 : Evolution des taux d'urbanisation par commune	22
Tableau n° 4 : Progression des habitats et des surfaces bâties dans la ville d'El Kala	26
Tableau n° 5 : Extension des terres agricoles au détriment des terres forestières (en hectares)..	32
Tableau n° 6 : Occupation du sol dans le PNEK pour deux périodes différentes (en hectares)	35
Tableau n° 7 : Principales unités industrielles au niveau du PNEK	39
Tableau n° 8 : Le patrimoine faunistique du PNEK (Par espèces)	64
Tableau n° 9 : Le patrimoine floristique du PNEK (Par espèces).....	64
Tableau n°10 : Coordonnées géographiques de la station météorologique choisie.....	68
Tableau n°11 : Répartition saisonnière des précipitations à la station d'El Kala.....	73
Tableau n°12 : Coefficients pluviométriques mensuels à la station d'El Kala (1971-72/2009-10).....	76
Tableau n°13 : Valeurs de l'indice d'aridité mensuel à la station d'El Kala	81
Tableau n°14 : Evapotranspiration potentielle (D'après C. W. Thornthwaite).....	84
Tableau n°15 : Valeurs estimées de l'évapotranspiration réelle	86
Tableau n°16 : Le bilan hydrique (D'après C. W. Thornthwaite) pour la station d'El Kala (1971/72- 2009/10).....	88
Tableau n°17 : Estimation des paramètres constituant le bilan hydrologique à la station d'El Kala	90
Tableau n°18 : Caractéristiques géométriques des bassins versants répartis dans la région d'étude	96
Tableau n°19 : Répartition des surfaces des bassins versants par tranche d'altitude (1)	98
Tableau n°20 : Répartition des surfaces des bassins versants par tranche d'altitude (2)	99
Tableau n°21 : Classification du relief (Selon l'ORSTOM-France).....	104

Tableau n°22 : Caractéristiques orographiques des bassins versants répartis dans la région d'étude.....	106
Tableau n°23 : Longueurs cumulées des thalwegs des bassins versants (en kilomètre).....	114
Tableau n°24 : Caractéristiques hydrographiques des bassins versants répartis dans la région d'étude.....	116
Tableau n°25 : Pluies et débits enregistrés dans la région d'Aïn El Assel (année 1996/97)	119
Tableau n°26 : Valeurs du Coefficient de perméabilité suivant la nature lithologique	134
Tableau n°27 : Inventaire des puits domestiques situés dans le PNEK (2011)	137
Tableau n°28 : Forages hydrauliques réalisés dans la région d'étude (DHW- Tarf.2004)	137
Tableau n°29 : Informations sur les dis- sept échantillons analysés.....	147
Tableau n°30 : Détermination de l'équivalent- gramme des éléments chimiques majeur	147
Tableau n°31 : Le faciès hydrochimique par la classification des ions (Formule ionique).....	156
Tableau n°32 : Grille de la qualité des eaux superficielles	174
Tableau n°33 : Grille de la qualité des eaux souterraines	174
Tableau n°34 : Intervalle des classes	176
Tableau n°35 : Indices de contamination calculés	177
Tableau n°36 : Intervalle des classes des paramètres de la pollution organique (Leclercq et Maquet, 1987).....	177
Tableau n°37 : Grille du degré de l'indice de la pollution organique	177
Tableau n°38 : Intervalle des classes des paramètres de la pollution organique (Lisec-Index (Beckers & Steegmans 1979)).....	178
Tableau n°39 : Grille de la qualité et la pollution des eaux par la méthode Lisec-Index	178
Tableau n°40 : Intervalle des classes des paramètres de la pollution organique (Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, 1986).....	179
Tableau n°41 : Grille de la pollution des eaux par la méthode de l'IHE	179
Tableau n°42 : Valeurs des indices et les classes correspondantes pour chacun des trois méthodes indiquées.....	180
Tableau n°43 : Aptitude des eaux à l'irrigation d'après la conductivité électrique	181
Tableau n°44 : Rendements des cultures d'après la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.....	182
Tableau n°45 : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation	183
Tableau n°46 : Stations d'épuration existantes dans le parc d'El Kala	189
Tableau n°47 : Décharges solides existantes dans le parc d'El Kala	191
Tableau n°48 : Résultats d'analyse au voisinage de quelques décharges solides	193

Liste des Formules

Formule n°1 : Coefficient pluviométrique annuel	75
Formule n°2 : Coefficient pluviométrique mensuel (1)	76
Formule n°3 : Coefficient pluviométrique mensuel (2)	76
Formule n°4 : Indice d'aridité annuel	80
Formule n°5 : Indice d'aridité mensuel	81
Formule n°6 : Indice de Paul Moral	81
Formule n°7 : Bilan hydrologique	83
Formule n°8 : ETP- formule de Thornthwaite (1)	84
Formule n°9 : ETP- formule de Thornthwaite (2)	84
Formule n°10 : Ajustement de l'indice thermique annuel	84
Formule n°11 : L'indice thermique annuel	84
Formule n°12 : L'indice thermique mensuel	84
Formule n°13 : L'ETR – Selon Turc	84
Formule n°14 : Pouvoir évaporant.....	84
Formule n°15 : L'ETR – Selon Coutagne	85
Formule n°16 : Coefficient des températures.....	85
Formule n°17 : Réserve facilement utilisable	86
Formule n°18 : Le déficit agricole	87
Formule n°19 : Le ruissellement de surface (1).....	90
Formule n°20 : Le ruissellement de surface (2).....	90
Formule n°21 : L'infiltration (1)	90
Formule n°22 : L'infiltration (2)	90
Formule n°23 : Indice de compacité de Gravelius	94
Formule n°24 : Rapport de circularité de Miller	95
Formule n°25 : Longueur du rectangle équivalent	95
Formule n°26 : Largeur du rectangle équivalent	95
Formule n°27 : Altitude moyenne d'un bassin versant	97
Formule n°28 : Indice de pente globale	103
Formule n°29 : La dénivelée spécifique	103
Formule n°30 : Indice de pente de Roche (1).....	104
Formule n°31 : Indice de pente de Roche (2).....	104
Formule n°32 : Pente moyenne d'un bassin versant (1)	104
Formule n°33 : Pente moyenne d'un bassin versant (2).....	105

Formule n°34 : Densité de drainage	113
Formule n°35 : Coefficient de torrentialité	114
Formule n°36 : Fréquence des thalwegs d'ordre 1	114
Formule n°37 : Temps de concentration	115
Formule n°38 : Vitesse d'écoulement de l'eau	115
Formule n°39 : Gradient hydraulique	132
Formule n°40 : Notion d'équivalence	147
Formule n°41 : Calcul de la concentration en milliéquivalent.....	147
Formule n°42 : Balance ionique	148
Formule n°43 : Rapport du sodium absorbable	182
Formule n°44 : Le pourcentage du sodium	183

ANNEXES
