

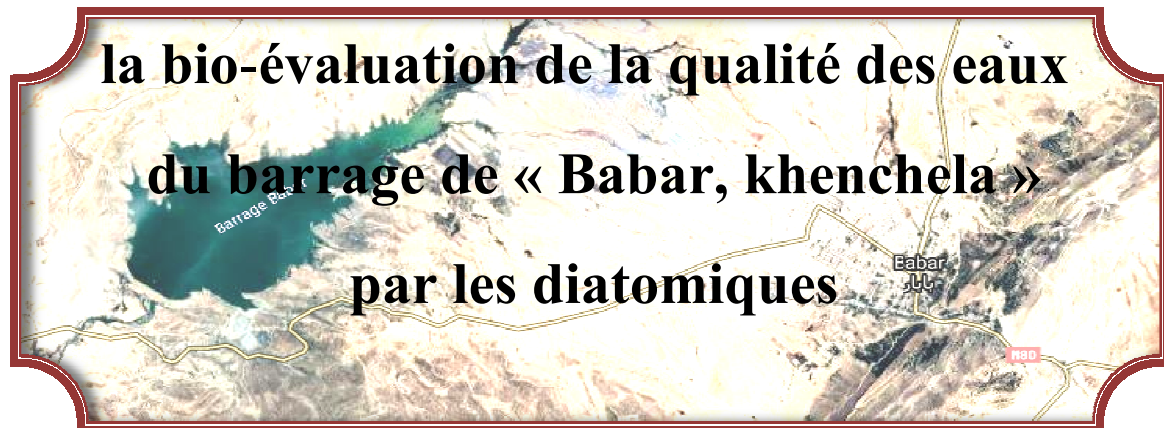


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abbès Laghrou - Khenchela -
Faculté des sciences de la nature et de la vie

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme
De Master Académique**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences Ecologiques
Option : écologie fondamentale et appliquée

Thème :



Présentée par :

■ **BELAFDHEL Nawal**

Devant le jury :

Président	LARBAA RABAH	MCB	Université de Khenchela
Rapporteur	BERKANI CHERIFA	MAA	Université de Khenchela
Examinatrice	LKHEDARI SOMIA	MAA	Université de Khenchela

Date de soutenance :.....

Année : 2019/2020



Résumé

Dans ce contexte le but de cette étude était d'étudier la flore de diatomées dans les eaux du barrage de « Babar, kenchela » à l'amont et l'aval (Entrée et sortie des eaux) et relier la répartition des assemblages d'espèces de diatomées à des variables environnementales et les variations de la qualité des eaux ,la section stable de l'oued El Arab qui s'allonge sur une longueur de 1400 ml et qui déverse dans le barrage Babar wilaya de Kenchela.

Les diatomées sont des algues brunes unicellulaires microscopiques qui se développent dans tous les types de milieux aquatiques (froids ou chauds, d'eau douce ou salées, pollués ou non). Elles constituent l'un des meilleurs groupes bio-indicateurs des eaux.

Pour l'estimation de la qualité biologique de l'eau du barrage ; Cinq (05) indices diatomiques ont été testés : l'indice biologique diatomique (IBD), l'indice biologique de polluosensibilité (IPS) l'indice diatomique générique (IDG), l'indice de biodiversité de Shannon et Weaver, et la fin l'indice de l'autoécologie de Van dam et AL. (1994) qui attribue à chaque espèce de diatomées, des valeurs écologiques par paramètres, créant ainsi différentes classes de qualité des eaux.

Ces indices intègrent des paramètres liés à la présence de la matière organiques, les substances nutritives ainsi que d'autres paramètres, tels les chlorures, la conductivité et le pH. L'analyse a indiqué qu'il n'y avait pas des différences importantes entre la qualité des eaux dans les deux stations.

Quoique les résultats obtenus montrent des peuplements assez hétérogènes en termes d'affinité ou de sensibilité dans la même station. Ce qui indique que le barrage de Babar semble avoir subi par intermittence ou occasionnellement une perturbation ou une pollution par de la matière organique, et à un degré moins prononcé une perturbation anthropique ou naturel qui a engendré un déséquilibre dans la composition minérale des eaux.

Mots clé : l'eau de barrage Babar, les Diatomée, indice diatomique, barrage de Babar

ABSTRACT

In this context, the aim of this study was to study the flora of diatoms in the waters of the “Babar, khenchela” dam upstream and downstream (Water inlet and outlet) and to relate the distribution of the assemblages of diatom species due to environmental variables and variations in water quality, the stable section of the El Arab wadi which stretches over a length of 1400 ml and which flows into the Babar wilaya of Khenchela dam.

Diatoms are microscopic, unicellular brown algae that grow in all types of aquatic environments (cold or hot, freshwater or saltwater, polluted or not). They constitute one of the best bio-indicator groups of water.

For estimating the biological quality of the dam water; Five (05) diatomic indices were tested: the biological diatomic index (IBD), the biological polluosensitivity index (IPS) the generic diatomic index (GDI), the Shannon and Weaver biodiversity index, and the end Van dam et AL's autoecology index. (1994) who assigns each species of diatoms ecological values by parameters, thus creating different classes of water quality.

These indices integrate parameters related to the presence of organic matter, nutrients and other parameters, such as chlorides, conductivity and pH. The analysis indicated that there were no significant differences between the water quality at the two stations.

Although the results obtained show rather heterogeneous stands in terms of affinity or sensitivity in the same station. This indicates that the Babar dam seems to have suffered intermittently or occasionally a disturbance or pollution by organic matter, and to a less pronounced degree an anthropogenic or natural disturbance which has generated an imbalance in the mineral composition of the waters.

Keywords: Babar dam water, Diatoms, diatomic index, Babar dam

ملخص

في هذا السياق ، كان الهدف من هذه الدراسة هو دراسة نباتات الدياتومات في مياه سد "بابار ، خنشلة" عند المنبع والمصب (مدخل ومخرج المياه) وربط توزيع تجمعات أنواع الدياتوم بسبب المتغيرات البيئية والتغيرات في جودة المياه ، القسم المستقر من وادي العرب الذي يمتد على طول 1400 مل والذي يصب في ولاية سد بابار في خنشلة

الدياتومات هي طحالب بنية مجهرية أحادية الخلية تنمو في جميع أنواع البيئات المائية (الباردة أو الساخنة ، المياه العذبة أو المياه المالحة ، ملوثة أم لا). إنها تشكل واحدة من أفضل مجموعات المؤشرات الحيوية للمياه لتقدير الجودة ، لمؤشر (IBD) البيولوجية لمياه السد ؛ تم اختبار خمسة (05) مؤشرات ثنائية الذرة: مؤشر ثنائي الذرة البيولوجي ، مؤشر التنوع البيولوجي شانون وويفر ، والنهائية. (GDI) ، مؤشر ثنائي الذرة العام (IPS) الحساسية للتلوث البيولوجي الذي يخصص لكل نوع من أنواع الدياتومات القيم البيئية حسب Van dam et AL. (1994) مؤشر علم البيئة الذاتية المعايير ، وبالتالي خلق فئات مختلفة من جودة المياه

تشتمل هذه المؤشرات على معلمات تتعلق بوجود المواد العضوية والمغذيات بالإضافة إلى معلمات أخرى ، مثل الكلوريدات والتوصيلية ودرجة الحموضة. وأشار التحليل إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين جودة المياه في المحطتين

على الرغم من أن النتائج التي تم الحصول عليها تظهر مواقف غير متجانسة إلى حد ما من حيث التقارب أو الحساسية في نفس المحطة. يشير هذا إلى أن سد بابار يبدو أنه عانى بشكل متقطع أو عرضي من اضطراب أو تلوث بمواد عضوية ، وبدرجة أقل وضوحًا اضطرابًا من صنع الإنسان أو طبيعي أدى إلى خلل في التركيب المعدني للمياه

الكلمات المفتاحية: مياه سد بابار ، دياتومات ، مؤشر ثنائي الذرة ، سد بابار



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, louange à Dieu et merci

à Dieu qui m'a aidé dans ce travail,

Un merci spécial au professeur superviseur,

madame et le doctore:

Mme. BERKANI Cherifa

qui m'ont beaucoup aidé, surtout par son humilité

merci à tous ceux qui m'ont soutenu et contribué même

avec un mot ou un sentiment dans ce mémoire, en particulier

mes collègues:

ROKIA, AMAL, ZAHERA, YAMINA, SOUAD, NADIA...etc

En fin de compte, je remercie toute ma famille qui a

contribué à la réalisation de mon mémoire, en particulier

ma mère bien-aimée, mon frère Mohammad et

le reste de mes frères, chacun en son nom.

MERCI A TOUS

SOMMAIRE

Chapitre 01 :Synthèse Géographique

1.Généralité.....	02
1.1.Historique des barrages en Algérie	02
2.Qu'est ce qu'un barrage ?.....	02
3.Barrage de Babar (Willaya de Khenchela).....	04
3.1.Situation et l'objectif du barrage.....	04
3.2. Hydrographie.....	05
3.2.1.Type de sols existants.....	05
3.2.2.Le réseau hydrographique.....	05
3.2.3.bassin versant	06
3.2.3.1.Bassin versant de barrage babar.....	06
3.2.3.2.Géologie et homogénéité superficielle de l'oued El Arab.....	07
3.2.4.Le bilan hydraulique des barrages.....	08
4.Conditions Géologiques et hydrogéologiques de la région d'étude.....	09
4.1.Conditions climatiques.....	11
4.2.Précipitations atmosphériques.....	12
5.Caractéristique du barrage	13
6. Les nappes.....	14
6.1.Les nappes phréatiques	15
6.1.1.Milieu hyporhéique	15
6.1.2.Milieu hypothelminorhéique	15
7.Fonctions des zones humides.....	15
7.1.Recharge et protection des nappes phréatiques.....	15
7.2.Résurgence des nappes phréatiques.....	16
8.Les types de barrages.....	16
8.1.Les barrages en béton.....	16
8.1.1.Dans le barrage poids.....	16
8.1.2.Les barrages-voûtes.....	16
8.1.3.Dans les barrages à contreforts.....	16
8.2.Les barrages en remblai se divisent également en trois catégories.....	16
8.2.1.Les barrages en terre homogène.....	16
8.2.2.Les barrages zonés.....	16
8.2.3.Les barrages à masque.....	16
9.Classification des barrages.....	17
10.Quel est l'impact de ces barrages sur les cours d'eau ?.....	18
A. Les barrages sont-ils utiles ?.....	18
B. Les barrages sont-ils toujours efficaces ?.....	18
C. Quels sont les principaux risques ?.....	18
Objectif et Conclusion.....	19

SOMMAIRE

Chapitre 02 :L'eau de barrage de babar

1. Le cycle de l'eau.....	21
1.1. Ressources en eau.....	22
1.2. Les eaux souterraines en Algérie.....	22
1.2.1. Les eaux souterraines dans la Wilaya de Khenchela	22
1.3. Les eaux de surface.....	24
1.3.1. Définition.....	24
1.3.2. La matière organique dans les eaux de surface	24
1.3.2.1. Origines des matières organiques dans les eaux de surface.....	24
1.3.2.2. Catégories de la matière organique naturelle.....	26
1.3.2.1. Caractérisation de la matière organique naturelle.....	26
1.4. La Pollution des Milieux Aquatiques.....	27
1.4.1. Définition et généralités.....	27
1.4.2. Le suivi physico-chimique de la qualité de l'eau.....	27
1.4.3. Le suivi biologique de la qualité de l'eau.....	28
1.5. Différents types de pollution des milieux aquatiques.....	28
1.5.1. Pollution organique.....	28
1.5.2. Pollution chimique.....	28
1.5.3. Pollution de l'eau.....	28
2. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	30
2.1. Détermination des conditions optimales de la clarification des eaux du barrage	30
3. Critères de Qualité des eaux de surface.....	31
3.1. Paramètres organoleptiques.....	31
3.1.1. Turbidité.....	31
3.1.2. Couleur.....	31
3.1.3. Goût et Odeur.....	31
3.2. Paramètres physico-chimiques.....	31
3.2.1. Les matières minérales.....	31
3.2.2. Paramètres minéraux globaux.....	31
3.2.2.1. Conductivité électrique.....	31
3.2.2.2. pH.....	32
3.2.2.3. Taux alcalimétrique complet TAC.....	32
3.2.2.4. La dureté.....	32
3.2.2.5. Matières en suspension (MES).....	33
3.2.2.6. Oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène.....	33
3.2.2.7. Résidu sec.....	33
3.2.2.8. Minéralisation globale.....	33
3.3. Paramètres organiques globaux.....	33
3.3.1. DBO ou demande biochimique en oxygène.....	33
3.3.2. DCO ou demande chimique en oxygène.....	34
Objectif et Conclusion.....	34

SOMMAIRE

Chapitre 03 :les diatomées

1. Description des diatomées.....	36
1.1. Généralités.....	36
1.2. Définition.....	36
2. Historique du test de la diatomée.....	36
2.1. La Recherche des Diatomées en Algérie.....	37
3. Morphologie et Structures des Diatomées.....	38
3.1. La reproduction chez les diatomées.....	39
3.1.1. Diffusion des diatomées.....	39
3.1.2. Rôle dans les écosystèmes.....	39
3.1.3. Cycle de vie d'une diatomée.....	39
3.2. Caractéristiques des diatomées.....	40
3.3. Origine, rôle et évolution des diatomées.....	40
4. Importance Écologique des Diatomées dans les Milieux Aquatiques.....	41
4.1. Potentialités des Diatomées pour la bio-évaluation de la qualité des eaux.....	42
4.2. Les diatomées comme bio-indicateurs.....	42
4.2.1. Utilisation des diatomées comme indicateurs de paléo-environnement.....	43
5. Origine et classification de diatomée.....	44
5.1. Indices diatomiques.....	45
5.1.1. Indice Diatomique Generique (IDG).....	46
5.1.2. Indice Biologique Diatomique (IBD).....	46
6. Principe général du test de la diatomée.....	49
6.1. Test quantitatif.....	49
6.2. Test qualitatif.....	49
7. Variétés des modes de vie.....	50
7.1. Les diatomées planctoniques.....	50
7.2. Les diatomées benthiques.....	51
7.3. Les diatomées épibiontiques.....	51
Objectif et Conclusion.....	52

SOMMAIRE

Chapitre 04 :analyse et Résultats

1. Identification et comptage des diatomées.....	54
1.1. Investigations et diatomées.....	54
1.1.1. Qualité de l'eau.....	54
2. Qualité d'eau (Résultats de la qualité de l'eau du barrage de Babar)	54
2.1. Impact des variations de pH sur les diatomées.....	57
2.1.1. Acidification des océans	57
2.1.2. Les facteurs chimiques.....	57
2.1.2.1. Genres et espèces identifiées dans la station 01.....	57
2.1.2.2. Genres et espèces identifiées dans la station 02.....	58
3. Demandes en chlore des eaux du barrage Babar.....	59
4. Qualité physico-chimique des eaux brutes du barrage Babar.....	60

Liste des tableaux

Tableau N⁰	Titre	Page
01	Répartitions de la perméabilité au niveau du bassin versant de Oued EL Arab.	07
02	Les formations lithologiques du bassin versant de Oued El Arab	11
03	récapitulatif des caractéristiques du bassin versant	13
04	Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes	25
05	Origine des polymères présentent dans les ressources en eaux (Croue et al, 2000 et Malleviale et al, 1982).	26
06	Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Rodier, 2009).	32
07	Interprétation écologique de Classe IBD	44
07-01	Classification s'long Indice Biologique Diatomique	47
07-02	Etat écologique (Indice Biologique Diatomique)	
08-01	Analyses de l'eau du barrage de Babar pour le mois de juin2020	55
08-02	Analyses de l'eau du barrage de Babar pour le mois de juin2020	56
08-03	Analyses de l'eau du barrage de Babar pour le mois de juin2020	56

Liste des figures

figure N⁰	Titre	Page
01	Site du barrage de Babar par satellite	03
02	la prise d'eau du barrage de Babar	04
03	représentation schématique d'un réseau hydrographique (modifié d'après Amoros & petts ,1993)	06
04	bassin versant de barrage de babar	08
05	répartition des barrages dans le nord de l'Algérie	09
06	Carte topographique montrant les différents reliefs de la région Est Algérienne.	10
07	La géologie du bassin versant de Oued EL Arab	12
08	bilan hydrique (en %) du réservoir Babar (2002-2013)	13
09	Carte pédologique et hydrographique du nord-est de l'Algérie	14
10	Classification des barrages	17
11	Cycle de l'eau dans la nature	21
12	levé topographique d'oued El Arab	23
13	Les réservoirs terrestres et cheminement des polluants (Meyback, 1989).	29
14	Clé de détermination Simplifiée des genres de diatomées.	37
15	Structure et composition cellulaire d'une diatomée pennée	38
16	Schéma de division cellulaire chez la diatomée. Une des deux cellules filles est plus petite que la cellule mère.	40
17	exemples de diatomées caractéristiques d'eaux : a/ de mauvaise qualité et b/ de bonne qualité	41
18	Diatomée spécifs Most abundant in Itupanema Beach corés. A-E, planctonique	43
19	Classification des diatomées d'après Agardh (1832)	45
20	On définit ainsi des classes de qualité des eaux, une couleur est attribuée à chaque classe de qualité (de bleue pour excellente à rouge pour mauvaise).	48
21	Genres et espèces identifiées de station 01	58
22	Genres et espèces identifiées de station 02	59

Introduction général

Introduction général

L'eau est essentielle à la vie il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant. Tout le monde en a besoin, et pas uniquement pour boire. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger. L'eau est au cœur des écosystèmes naturels et de la régulation climatique. Le cycle hydrologique est le nom donné au mouvement continu de l'eau en dessous, au-dessus et à la surface de la Terre. Un des problèmes cruciaux des années qui viennent sera celui de l'eau. Le travail présenté dans le cadre de cette thèse s'inscrit dans la thématique de la caractérisation des relations entre surfaces biologiques et métaux, particulièrement au niveau des interfaces de diatomées/solution en raison de leur importance majeure dans les écosystèmes aquatiques. Dans un monde où la population mondiale aura augmentée de deux milliards d'individus,

les questions de l'approvisionnement et de la répartition des ressources en eau potable deviendront des problèmes majeurs dont nombres de conflits actuels sont déjà les précurseurs. Dans un monde où la population mondiale aura augmentée de deux milliards d'individus, les questions de l'approvisionnement et de la répartition des ressources en eau potable deviendront des problèmes majeurs dont nombres de conflits actuels sont déjà les précurseurs. Aujourd'hui, déjà, les problèmes d'assèchement des nappes phréatique, Dans les eaux douces de nos régions, ce sont les Diatomées Pennales qui dominent, les Diatomées Centrales étant peu représentées (une trentaine d'espèces).

Les Diatomées sont des algues constituées d'une unique cellule, donc de taille microscopique, vivant dans l'eau soit en suspension soit sur le fond. Elles possèdent les mêmes organites cellulaires que les autres algues eucaryotes photosynthétiques et notamment des chloroplastes.

Leur originalité ainsi que leur beauté résident dans le fait que la cellule possède une enveloppe, appelée frustule, transparente et rigide car constituée de silice. Ce frustule est semblable à une boîte, dont le fond et le couvercle, appelés valves, portent des ornements d'une extrême finesse.

Les Diatomées sont divisées en Diatomées Centrales et Diatomées Pennales. Les premières ont des valves très souvent circulaires à elliptiques, dont les ornements sont disposés par rapport à un point central ou excentré. Les secondes ont des valves souvent allongées dont les ornements sont disposés

Chapitre 01: Synthèse Géographique



1. Généralité

Les eaux algériennes superficielles, notamment celles destinées à la consommation sont caractérisées par une minéralisation variée et parfois des charges organiques importantes. La pollution physico-chimique et bactériologique par les rejets d'eaux usées urbaines, l'industrie et les engrais est souvent présente dans les eaux de barrages (Achour et al, 2009).

1.1. Historique des barrages en Algérie

A l'Indépendance (1962), le pays hérite de 17 barrages construits par la colonisation, dotés d'une capacité de stockage modeste (864 hm³ au total) (Arrus, 1985). Du fait de l'envasement rapide, ces retenues ont beaucoup perdu de leur capacité initiale, à raison de 2 à 3 % par an en moyenne (Remini, 2001).

La construction de barrages a été relancée au début des années 1980, pour faire face aux tensions aiguës sur l'eau, entre la ville, l'industrie et l'agriculture. Après les interruptions de chantiers de barrages le long des années 1990 (crise sécuritaire et financière), l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT), a soutenu l'effort de réalisation pour ramener la capacité de stockage à 5,8 km³, et le volume régularisé annuel à environ 3 km³ (situation de 2007). Avec la mise en eau et le parachèvement en cours de 13 barrages (dont 8 faisant partie intégrante des systèmes de transfert), la capacité installée est en voie de totaliser 6,6 km³ permettant d'assurer un volume régularisé annuel de l'ordre de 4 km³. Au titre du Plan quinquennal (2010-2014), 19 nouveaux barrages sont en voie de lancement. Le volume régularisé global escompté est de 5 km³ par an (soit la moitié de l'apport total des oueds), pour une capacité installée de l'ordre de 10 km³.

2. Qu'est ce qu'un barrage ?

Au sens de la réglementation, tout ouvrage artificiel, d'une hauteur supérieure à 2m sur le terrain naturel, destiné à retenir un volume de liquide de manière temporaire ou permanente, quel que soit sa typologie constructive est un barrage.

Il s'agit bien entendu des barrages en rivière, mais les bassins de retenue destinés à la production de neige de culture, les bassins d'orage, les canaux, ... peuvent être des barrages.

Les barrages construits en remblai sont ainsi souvent appelés abusivement digues alors qu'il s'agit bien d'un barrage (car la typologie constructive est proche de celle d'une digue).

Les digues sont les ouvrages dont la fonction est d'empêcher les inondations ou la submersion des terres par les eaux d'une rivière ou de la mer en vue de protéger les populations.

la régularisation et le contrôle des ressources en eau. Seuls les ouvrages hydroélectriques dits « à accumulation », par opposition aux barrages construits « au fil de l'eau » qui ne disposent pas de possibilité de stockage et utilisent une partie du débit des rivières pour produire de l'énergie électrique.



Figure N°01: Site du barrage de Babar par satellite

3. Barrage de Babar (Wilaya de Khenchela)

3.1. Situation et l'objectif du barrage

Le barrage Babar est situé dans la wilaya de Khenchla à 30 Km de la dite ville et à 9 km au sud-ouest de la ville de Babar , Ce barrage est draine une superficie de 567 km² sur oued El Arab a la limite est des Aurès ,Il est destiné à la régularisation des apports de l'oued El Arab en vue d'irriguer les terres environnantes (Tebbi,2014).

les cordonnées géographiques longitudes :

X=829.000

Y=216.000

Z=930.000 m

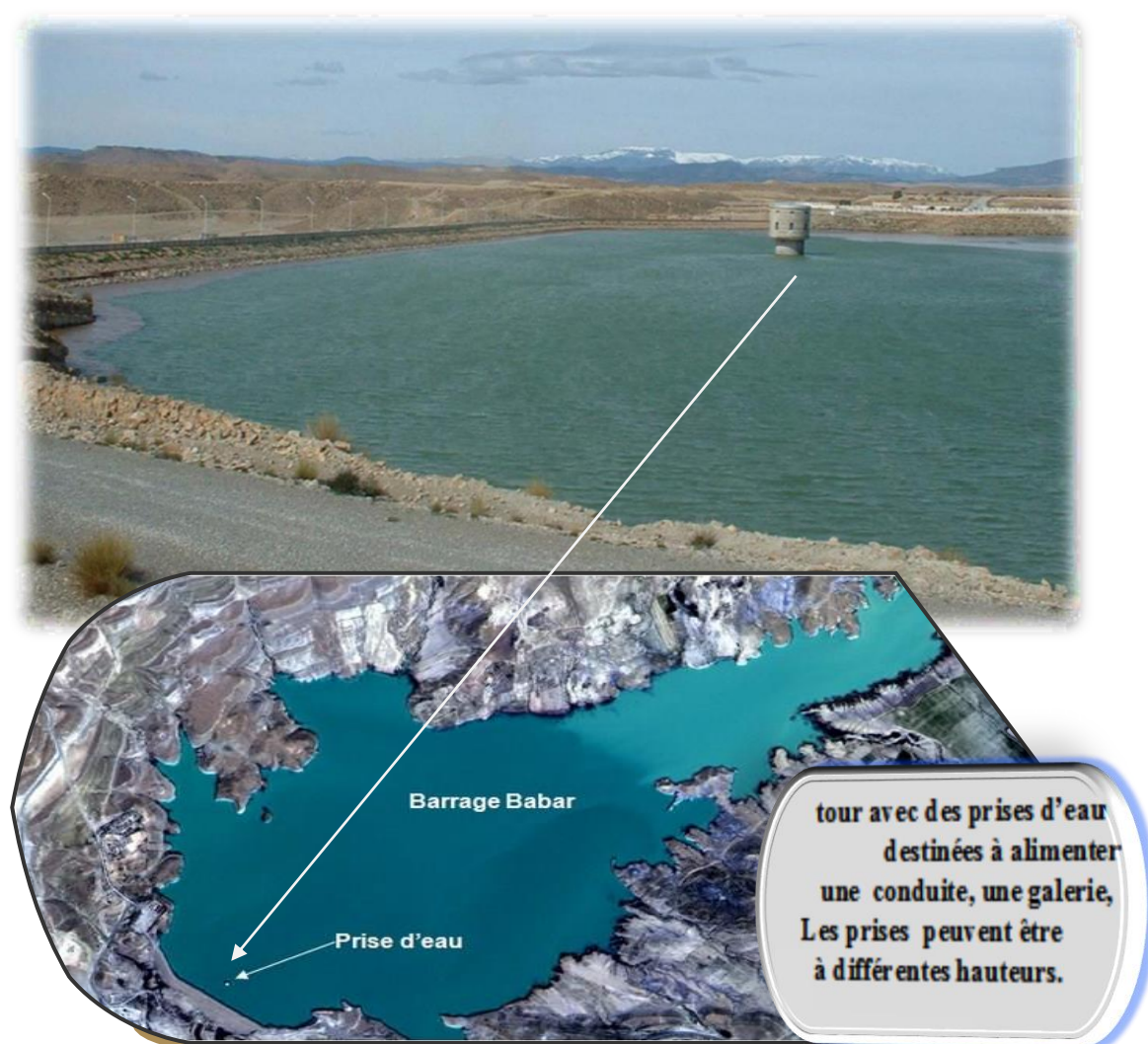


Figure N° 02: la prise d'eau du barrage de Babar

3.2. Hydrographie

L'oued El Arab est tributaire du bassin enfermé du Chott Melghrir et draine les versants sud-est du massif montagneux de l'Aurès et les flancs nord-ouest des monts de Nemenchas. Le point culminant du massif de l'Aurès dans les limites du bassin versant est à la cote de 2326m, des monts de Nemenchas est à 1833m. La cote la plus basse du Chott Melghrir est -14m, Les formations encaissantes sont en majeure partie des calcaires et de dolomies du jurassique supérieur et des alluvions récentes, Presque le quart de la superficie du bassin versant (les flancs sud-est de l'Aurès) est boisé.

3.2.1. Type de sols existants

Les sols de la wilaya de kenchela sont en grande partie pauvres et peu profonds à l'exception des plaines du nord où le sol est relativement plus profond.

- au niveau des hautes plaines : on rencontre des sols alluviaux profonds de texture limoneuse ou argileuse.
- au niveau de la zone centrale montagneuse : on rencontre des sols insaturés humifères des monts de l'Aurès et des sols calcaires humifères.
- au niveau de la zone sud : on rencontre des sols éoliens d'ablation, et de sols basiques, et surtout des sols dont la teneur en chlorure est supérieure à 1.8 %, la majeure partie de la zone, alors que l'extrême sud de la wilaya se caractérise par des sols éoliens d'accumulation (dures de sable).

3.2.2. Le réseau hydrographique

Des oueds à écoulement intermittent, les géomorphologues ont observé depuis longtemps que la densité des cours d'eau était fonction, en particulier, de la nature des terrains. Le réseau hydrographique étant d'autant plus développé et complexe que le sol et le sous-sol sont moins perméables, donc le ruissellement de surface est plus intense. Divers hydrologues ont même tenté de caractériser, par des paramètres, les bassins versants en fonction du développement du réseau hydrographique. Les deux principaux paramètres sont la densité du réseau et le coefficient de drainage. Le réseau hydrographique est dense au niveau de la Wilaya mais, rares sont les cours d'eau permanents.

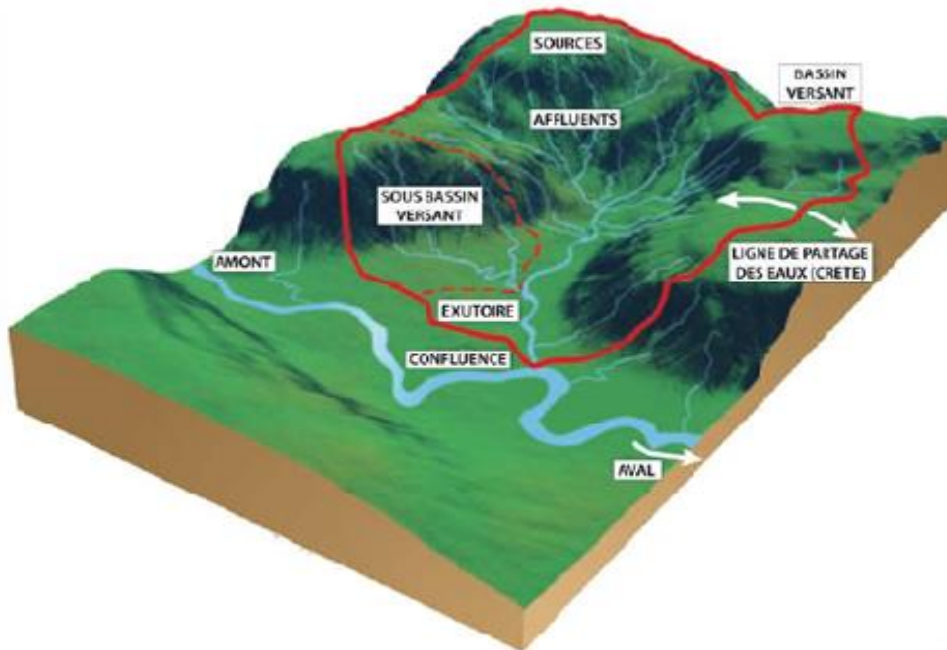


Figure N°03: représentation schématique d'un réseau hydrographique (modifié d'après Amoros & petts ,1993)

3.2.3. Bassin versant

zone de terrains limitée par des lignes de crêtes, sur la quelle toute goutte d'eau de pluie tombée, converge vers le point du cours d'eau où doit se situer le barrage.

3.2.3.1. Bassin versant de barrage babar

Le bassin est d'une forme elliptique irrégulière, étirée du nord-est au sud-ouest. A l'ouest le bassin est limité par le bassin de l'oued Dermoune, au nord-ouest -par le bassin de l'oued El Abiod, au nord – au bassin de l'oued El Gueis, au nord-est- de l'oued Mellègue, et à l'est - de l'oued Ouezzème.

En surface le bassin versant de l'oued El Arab est presque totalement constitué de marnes et de calcaires marneux du crétacé moyen et supérieur, d'une perméabilité assez faible. Seulement la partie du bassin versant adjacente à la crête de partage des eaux dans les limites de l'Aurès est constituée de calcaires et de dolomies du jurassique supérieur et de calcaires et de grès du crétacé inférieur d'une perméabilité moyenne et forte.

Tableau N° 01: Répartitions de la perméabilité au niveau du bassin versant de Oued EL Arab.

Classes de perméabilités	Lithologie	Surface (%)
Perméabilité Élevée	Grés, calcaires fissurés	13
Perméabilité Moyenne	Alluvions	67
Perméabilité Faible à Moyenne	Marno-calcaires, marnes	20

3.2.3.2. Géologie et homogénéité superficielle de l'oued El Arab

La vallée de l'oued El Arab, sur le tronçon examiné, a la structure asymétrique : affluents droits nombreux et assez longs (avec les pentes douces) qui prennent source dans la chaîne Djahfa, et les affluents gauches à pente raide découlant de la chaîne Tardjelt.

Conformément à cette structure générale sur la partie majeure de la vallée on observe le développement de la première et deuxième terrasse d'accumulation sur la rive droite tandis que sur la rive gauche la première terrasse n'existe pratiquement pas et ce n'est que sur certains tronçons qu'on constate la formation des dépôts d'éluviaux.

Parmi les phénomènes physico-géologiques contemporains :

- ✚ Transformation du lit et de terrasse de la vallée de l'oued
- ✚ Ruissellement diffus
- ✚ Processus d'érosion

Pendant les crues intenses le lit de la basse de la vallée de l'oued El Arab change de forme ce qui est du en général à l'affouillement de la couche superficielle avec la déposition des terrains dans le lit de l'oued ou sur les pentes et terrasses,

y compris celles étagées à socle rocheux. Seuls les calcaires affleurant à la surface s'opposent avec succès à ce processus, Les plus importants et les plus prononcés sont les processus érosifs qui ont formé le relief particulier recoupé par nombreux ravins. L'érosion par l'eau a laissé dense sur la rive gauche abrupte constituée des limons d'éluviaux.



Figure N° 04: bassin versant de barrage de babar

3.2.3. Le bilan hydraulique des barrages

un sévère déficit , La carte de répartition des barrages montre qu'ils se concentrent presque exclusivement dans la partie tellienne du pays où les conditions naturelles (ressources en eau et sites favorables) sont optimales. Mais l'indigence des écoulements peut expliquer en partie la faiblesse du taux de remplissage des barrages notamment dans la région ouest du pays et sur les hauts plateaux où règne un climat semi-aride. Cette indigence ne semble pas avoir été suffisamment et sérieusement pris en compte dans l'étude d'avant projet des barrages , De plus, les cours d'eau algériens, de taille relativement modeste, ne semblent pas pouvoir alimenter suffisamment les retenues car si les ressources en eau de surface sont estimées à 12,3 milliards de m³, le volume mobilisable(ou régularisable) ne représente que la moitié 52%.

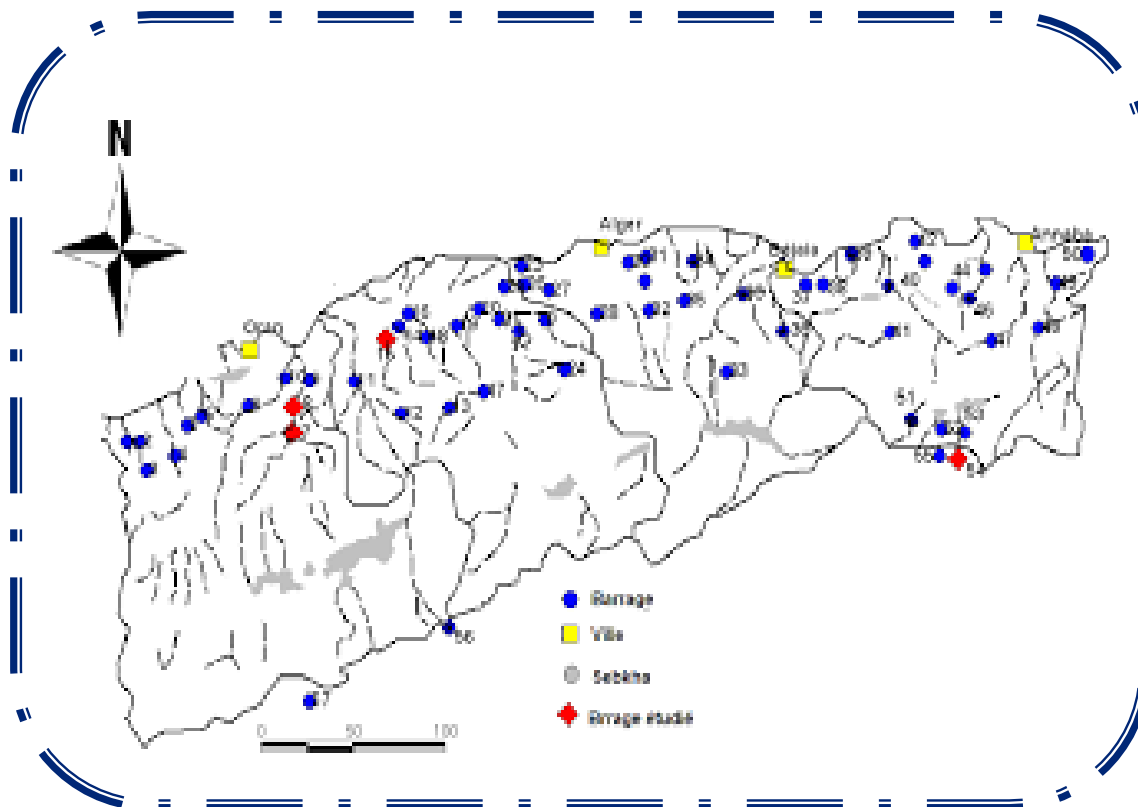


Figure N° 05 : répartition des barrages dans le nord de l'Algérie

4. Conditions Géologiques et Hydrogéologiques de la Région d'étude

Conformément à la zonation physico-géographique de l'Algérie le territoire concerné par l'étude se trouve dans la zone des chaînes montagneuse de l'Atlas Saharien dans les limites de la domaine le plus haut et le plus compliqué : du massif montagneux plicatif de l'Aurès. La structure de l'Aurès représente une série de chaînes plicatives parallèles orientées du sud-ouest au nord-est. Plusieurs sommets de l'Aurès ont l'altitude dépassant 2000 m (le mont le plus haut de la région est le mont Chelia dont la cote absolue est de 2328 m).

Le relief de l'Aurès a subi quelques cycles de rajeunissement et ses formes actuelles sont dues aux surélévations post-pliocènes. Grâce à son relief plus élevé le climat de l'Aurès est plus favorable par rapport aux autres régions de l'Atlas Saharien pour l'accumulation des eaux souterraines et superficielles. Dans les zones centrales de l'Aurès (cotes absolues de 1600-2000m)

Au cours d'autres saisons de l'année les lits des oueds sont presque secs et comme règle générale il n'y a que le courant d'eau souterran et celui d'interflux. Les oueds les plus gros sont El Abiod, El Abdi, El Arab et d'autres coulent au sud, vers du Chott Melghrir qui est le bassin versant local .Pour la mobilisation des apports des oueds on aménage de lacs collinaires et de petits barrages

Du point de vue géologique le massif de l'Aurès est constitué de formations épaisses jurassiques, crétacées et paléogènes dont la puissance sommaire dépasse 6000 m.

Dans la coupe géologique de la région on distingue de grosses séries sédimentaires :

- terrigéno-carbonatée (jurassique supérieur – crétacé inférieur)
- carbonatée (crétacé supérieur, paléocène, éocène inférieur)
- gypsofère (éocène moyen)
- molassique (éocène supérieur – oligocène).

A la différence des zones de l'Atlas d'ouest dans l'Aurès les formations les plus répandues sont celles du crétacé supérieur. Les formations du Quaternaire sont moins développés.

Il est à signaler que les complexes gypsofère et molassique sont pauvres en eau. En plus des complexes aquifères précités, dans la zone en question on observe une nappe aquifère encaissée dans les alluvions du Quaternaire et dans les formations diluviennes qui sont conventionnellement mises à part. Tout de même, vu l'irrégularité de leur

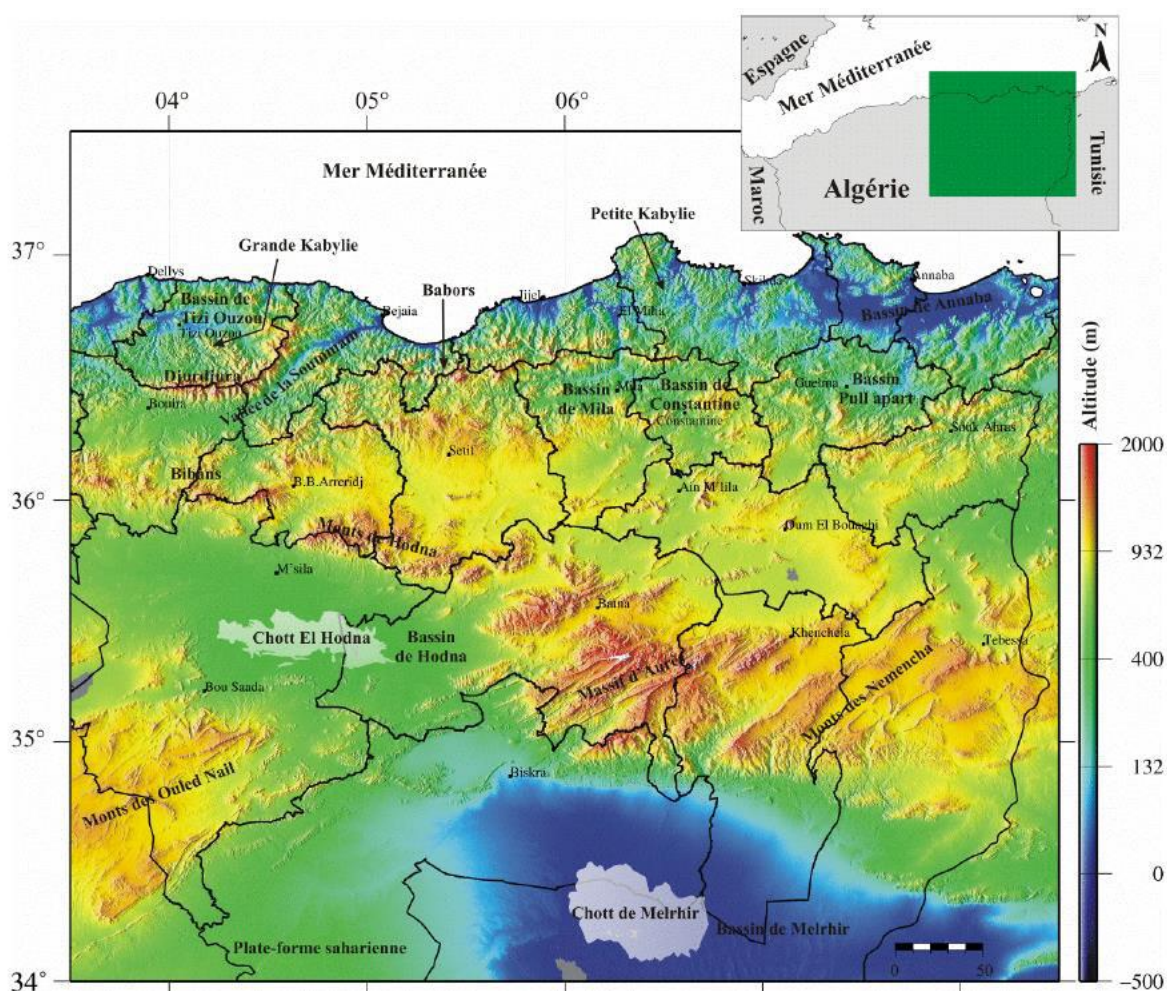


Figure N° 06: Carte topographique montrant les différents reliefs de la région Est Algérienne.

Tableau N°02 : Les formations lithologiques du bassin versant de Oued El Arab

Formations	Perméabilité	Surface (km ²)	Surface (%)
Marnes	Imperméable	75	13
Grés	Perméable	15	03
Calcaires fissurés	Perméable	56	10
Marno-calcaires	Perméable	40	07
Alluvions	Perméable	381	67

développement on peut supposer que cette nappe aquifère n'exerce pas d'influence sur la situation hydrogéologique de la zone considérée.

Les coupes géologiques démontrent que les terrains constituant les fondations sont d'une composition lithologique hétérogène et d'une profondeur et pendage irréguliers. Donc ; il serait rationnel au cours des étapes ultérieures des études (ou de réalisation) de préciser l'emplacement en plan et la profondeur des fondations. Après l'excavation des fouilles il sera nécessaire d'étudier plus en détail les caractéristiques physico-mécaniques et celle de résistance des terrains sur place.

4.1. Conditions climatiques

Les conditions climatiques de la région étudiée sont prédéterminées par la situation géographique, par le caractère de la circulation de l'atmosphère, du relief environnant. Elles sont formées sous l'influence des masses de l'air marines et continentales.

Dans le bassin de l'oued El Arab les observations météorologiques ne sont limitées que par les mesures des précipitations sur les stations météorologiques de Khanga Sidi Nadji, Babar et Bou Hammama qui datent de 1967. Le régime des températures est caractérisé par l'été sec et chaud et l'hiver relativement doux, La température moyenne annuelle de l'air varie sur le territoire de 14°C au nord jusqu'à 21,7°C au sud.

- ⇒ Le mois le plus froid est le mois de janvier dont la température moyenne varie dans les limites de 5,2-11,7°C. Certaines années la température de l'air tombe brusquement jusqu'à 4°C au dessous du zéro.
- ⇒ Le mois d'été le plus chaud est le mois de juillet avec la température moyenne de 25,5-33,4°C. La température extrême peut atteindre certaines années 49,2°C.

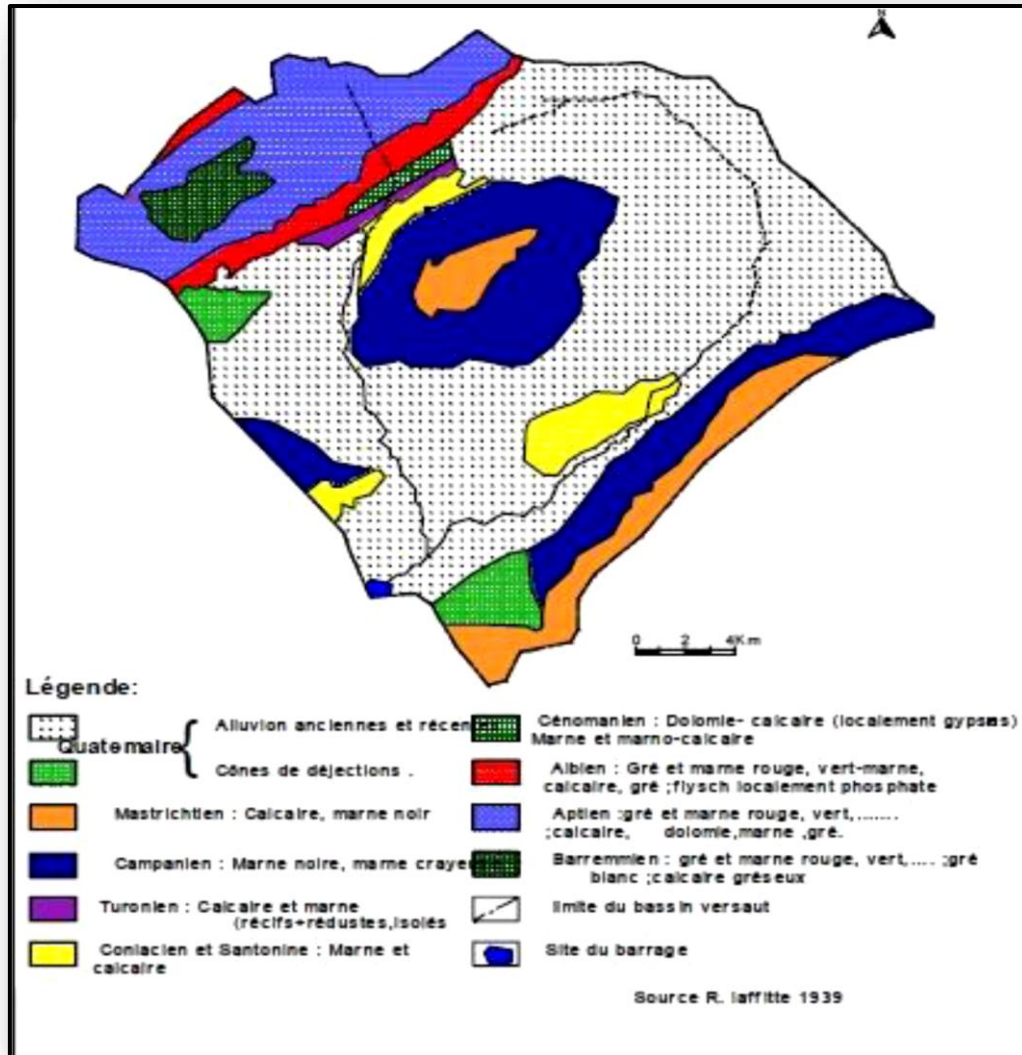


Figure N°07 : La géologie du bassin versant de Oued EL Arab

4.2. Précipitations atmosphériques

Dans la zone d'étude les précipitations sont réparties d'une manière irrégulière sur le territoire, avec une variation verticale bien nette ce qui se traduit par l'augmentation des précipitations en fonction de l'élévation de l'altitude.

La durée des périodes des observations sur les précipitations atmosphériques est variable sur les postes différents et c'est pour cette raison les caractéristiques de calcul des précipitations sont amenées à une période plurannuelle.

quelques cycles pluviométriques complets et peut servir de base pour tirer les conclusions et procéder aux généralisations. La répartition mensuelle des précipitations est caractérisée par deux périodes : humide (septembre-avril) au cours de laquelle il tombe 80% environ de la somme totale des précipitations, et la période sèche (mai-août). Les précipitations minimales sont au mois de juillet.

5.Caractéristique du barrage (année 2020)

Notre travail a pour objet de décrire l'organisation morphologique du lit du cours d'eau alimentant le barrage Babar et de démontrer les liens entre les éléments de rugosité et l'écoulement à l'échelle de plusieurs sections de cours d'eau afin de mettre en évidence qu'elle est la relation adéquate pour la détermination de la section transversale stable, pour les conditions hydrauliques et des caractéristiques des sols concrètes du bassin versant du barrage de Babar et basée sur les caractéristiques morphologiques et hydrauliques du lit du cours d'eau

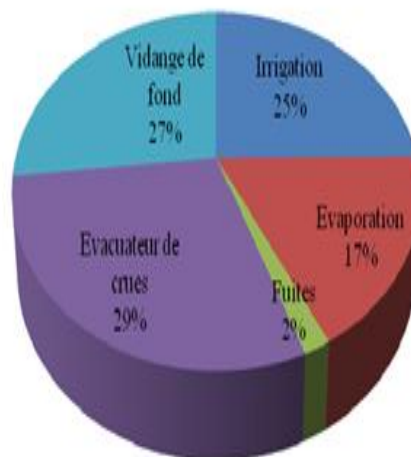


Figure N°08 : bilan hydrique (en %) du réservoir Babar (2002-2013)

Tableau 03 : récapitulatif des caractéristiques du bassin versant

Caractéristiques	Valeurs
Construction et réalisation	1985-1995
Surface	567 km ²
Année de mise en eau	2001
Utilisation de l'eau	Irrigation-AEP
Capacité hydrique	41 hm ³
Taux de remplissage	97.19 %
Superficie du bassin versant	520 km ²
Hauteur du barrage	37 m
Longueur de la crête	673 m
Pluviomètre	250 mm/an
Profondeur	33 m
Profondeur a la cote maximal	33 m
Profondeur a la cote minimal	10.9 m
Température supérieur	45 c°
Température inferieure	05 c°
Type de barrage	Barrage rempli

Source:DHW (2020)

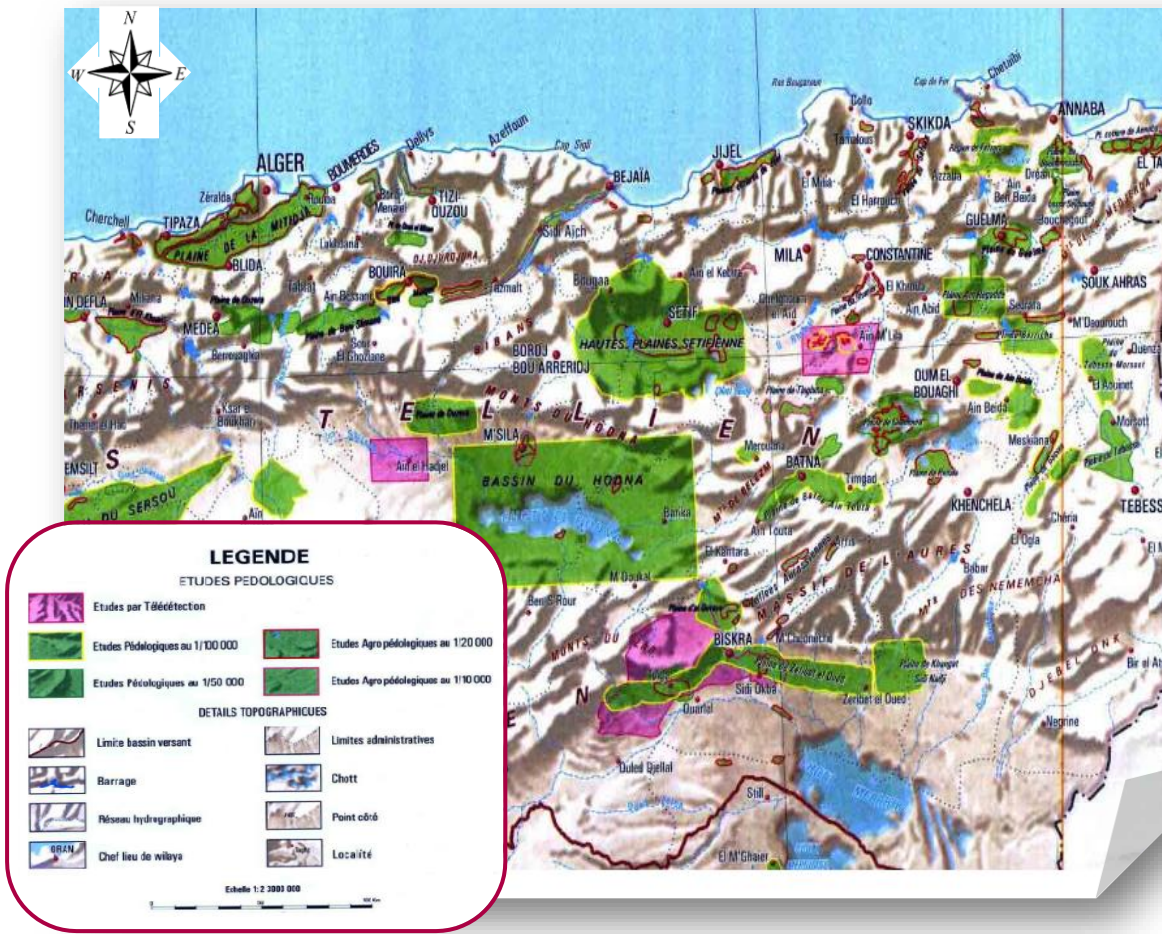


Figure N° 09: Carte pédologique et hydrographique du nord-est de l'Algérie

6. Les nappes

La surface de la nappe est pratiquement plane à pente douce vers l'oued. Ce ne sont que les terrains graveleux au remplissage sableux qui seaturent rapidement au cours des crues de courte durée .dans l'assise marno-calcaire et alluvions limoneuses, la variation du plane de la nappe ne fait que les premières, dizaines de centimètres par rapport à la situation habituelle. La nappe phréatique proprement dite appartient a la partie en terrassés (du lit de l'oued) où les alluvions aquifères surtout de (galets graviers) se distinguent par une teneur élevée en eau et une forte perméabilité par rapport aux roches mères. Le niveau de la nappe phréatique constaté par fragments se maintient à la profondeur de 2.5 à 7m

On a Trois nappes sont différenciées :

- une nappe phréatique d'une profondeur inférieure à 100m et captée par plusieurs forages à travers toute la wilaya. Elle alimente plusieurs sources.
- Une deuxième nappe d'une profondeur variant entre 100 et 300m également exploitée par de nombreux forages à travers la Wilaya
- Une troisième nappe, exclusivement au niveau du Sud (Chechar), d'une profondeur de 300 à 600m.

6.1. Les nappes phréatiques

En 1887, DAUBRÉE a introduit l'expression de nappe phréatique pour désigner la nappe d'eau la plus proche de la surface du sol, celle qui alimente les puits ordinaires ou tubés. Elle se trouve partout dans les vallées et les plaines alluviales. Ces nappes sont dites libres, si elles reçoivent directement, par infiltration, des eaux de surface. Elles sont captives, si les aquifères qui les contiennent sont emprisonnées entre des couches imperméables et sont alimentés par un écoulement de la nappe venant d'ailleurs. En notant que les nappes phréatiques libres s'écoulent plus ou moins lentement de l'amont vers l'aval hydraulique, en fonction de la pente du terrain aquifère et de la nature et la porosité des sédiments aquifères

6.1.1. Milieu hyporhéique

La notion de biotope hyporhéique, créée par ORGHIDAN (1955) désigne le milieu limnique existant dans les interstices des alluvions le long d'un cours d'eau, au voisinage immédiat du cours d'eau superficiel e surtout dans les alluvions des cours d'eau (même lorsque l'oued est à sec car il persiste souvent un cours d'eau souterrain qui coule plus lentement et à une profondeur plus ou moins grande, dans l'axe du trhalweg).

On peut dire plus simplement qu'il s'agit du sous-écoulement des cours d'eau.

6.1.2. Milieu hypothelminorhéique

Ce milieu interstitiel correspond aux petites nappes superficielles suspendues, en montagne, sous des sols peu profonds, au contact d'une roche mère imperméable.

7. Fonctions des zones humides

Selon SKINNER et ZALEWSKI (1995) ; ANONYME (2001), les zones humides remplissent plusieurs fonctions dont les principales sont énumérées ci-dessous:

7.1. Recharge et protection des nappes phréatiques

Les zones humides peuvent jouer un rôle important de réapprovisionnement des nappes phréatiques. Cette recharge se produit quand l'eau s'infiltré à travers les couches supérieures perméables de sol ou de roche. La recharge joue également un rôle important dans la régulation du débit des fleuves (SKINNER et ZALEWSKI, 1995). De nombreuses zones humides aident à recharger les aquifères souterrains qui stockent 97 % des eaux douces non gelées de la planète. Les eaux souterraines ont une importance vitale pour des milliards de personnes car elles sont leur seule source d'eau potable (ANONYME, 2001).

7.2. Résurgence des nappes phréatiques

La résurgence des nappes phréatiques se produit quand l'eau, stockée sous terre, réapparaît en surface dans une zone humide. Ce phénomène s'observe principalement sur les terrains de dépressions (SKINNER et ZALEWSKI, 1995).

Les zones humides alimentées par la résurgence de nappes phréatiques comprennent souvent des communautés biologiques stables. Ces zones humides jouent également un rôle important dans le soutien des étiages, pendant les secs mois d'été. Certaines remplissent un rôle double pendant une partie de l'année, elles sont un lieu de résurgence, pendant une autre un lieu de recharge. Ceci est en fonction des hausses et des baisses du niveau local des nappes. Elles garantissent ainsi une juste régulation du cycle hydrologique (SKINNER et ZALEWSKI, 1995).

8. Les types de barrages

La classification adoptée en Algérie considère comme petits barrages, les ouvrages ayant une capacité inférieure à 10 millions de m³ ; au-delà, ils sont classés dans la catégorie des grands barrages. Si chaque barrage est un cas particulier par bien des aspects, et notamment par la morphologie et la nature du terrain sur lequel il s'appuie, il peut néanmoins être classé dans les types ci-dessous en fonction des matériaux qui le constituent, de sa forme et de sa conception. Son site doit répondre à des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques précises.

8.1. Les barrages en béton ou maçonnerie se divisent en trois catégories

8.1.1. Dans le barrage poids

c'est le poids du barrage qui assure la stabilité face à la poussée des eaux. Le tracé en long, rectiligne dans les anciens barrages,

8.1.2. Les barrages-voûtes

la forme courbe permet un report des poussées sur les rives rocheuses (la force s'exerce sur les cotés)

8.1.3. Dans les barrages à contreforts

les murs de coupe triangulaire sont soutenus par des contreforts

8.2. Les barrages en remblai se divisent également en trois catégories

barrages en terre homogène, barrages zonés et barrages à masque.

8.2.1. Les barrages en terre homogène

sont des digues constituées d'un matériau meuble et Imperméable

8.2.2. Les barrages zonés

sont des barrages en remblai, constitués de plusieurs types de matériaux dont le zonage, variable en fonction des matériaux trouvés sur le site

8.2.3. Les barrages à masque

sont constitués d'un remblai qui assure la stabilité et d'un écran imperméable sur le parement amont.

9. Classification des barrages

Sont considérés comme grands barrages par la Commission des Internationale des Grands Barrages (CIGB) :

- tous les barrages dont la hauteur est _ à 15 mètres (hauteur prise à partir des fondations)
- tous les barrages dont la hauteur est comprise entre 10 et 15 mètres et qui satisfont à l'une des conditions suivantes :
 - capacité _ à 1 million de m³
 - longueur en crête supérieure à 500 m
 - barrage de conception inhabituelle
 - barrage dont les fondations présentent des caractéristiques exceptionnelles
 - débit minimum de l'évacuateur de crues _ à 2.000 m³/s.

Tous les ouvrages qui ne répondent pas à ces critères sont considérés comme retenues collinaires ou petits barrages.

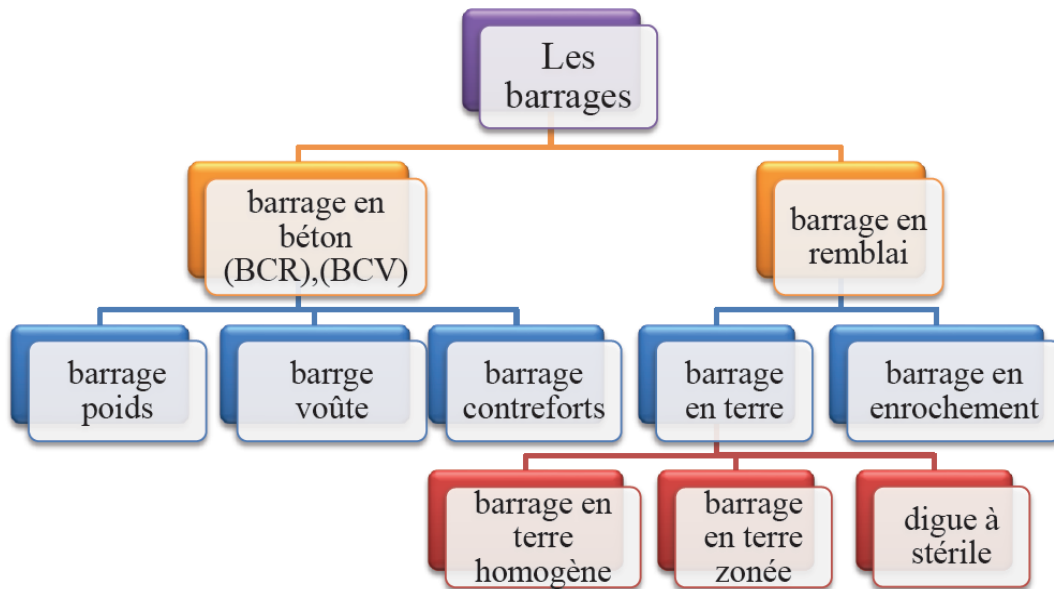


Figure N° 10: Classification des barrages.

10. Quel est l'impact de ces barrages sur les cours d'eau ?

L'ensemble de ces ouvrages constituent des obstacles à l'écoulement dans la mesure où ils perturbent le libre écoulement des eaux, mais également le transport des sédiments ou la circulation des espèces aquatiques.

a. Les barrages sont-ils utiles ?

Les barrages sont construits pour répondre à des objectifs divers : contrôler les débits (contrôle des crues et soutien des étiages), constituer des réserves en eau, produire de l'énergie, élever des poissons, faciliter la navigation, plus récemment créer des espaces de loisirs, etc. Nous allons analyser plus en détail leur utilité réelle concernant trois grands domaines :

- Une meilleure mobilisation des ressources en eau
- Le contrôle des crues
- La production d'électricité

b. Les barrages sont-ils toujours efficaces ?

En pratique, cette fonction de limitation des pointes de crue ne peut être remplie que si la capacité de stockage disponible dans la retenue au moment où la crue arrive est supérieure au volume de la crue à retenir.

En effet, pour des raisons de sécurité, le niveau de l'eau dans la retenue ne doit jamais dépasser une valeur maximum, dite cote des plus hautes eaux (PHE) (voir le § « Comment les barrages sont-ils dimensionnés ? »). Si cette valeur était dépassée, le barrage risquerait de se rompre avec des conséquences catastrophiques. Lorsque la retenue est pleine on actionne donc des vannes, appelées déversoirs de crue, qui évitent de dépasser cette cote de sécurité.

Dans le meilleur des cas, on est capable d'anticiper parfaitement la crue et donc de choisir la valeur de débit régulé de façon à utiliser au mieux le volume disponible pour stocker le volume d'eau correspondant aux débits les plus forts. Dans ce cas, et selon l'importance de la crue, le débit, même régulé, peut cependant entraîner des inondations, mais moins importantes que celles qui auraient été observées sans le barrage.

c. Quels sont les principaux risques ?

Il est possible de définir deux types de risques principaux :

- les risques de défaillance partielle ou totale de l'ouvrage;
- les risques liés directement ou indirectement à l'exploitation courante de l'ouvrage.

Objectif

L'importance de construire des barrages

- Fournir de l'eau potable dans certaines zones où il y a moins d'eau en utilisant l'eau de pluie pour qu'elle ne soit pas gaspillée
- Les barrages sont parmi les principaux facteurs de prospérité de la vie agricole dans leur économie et leur élevage.
- L'effet des barrages sur l'atténuation du climat. Il est nécessaire de noter l'efficacité des barrages et des étangs pour atténuer le climat, augmentant ainsi la quantité de pluie. Le climat à proximité du barrage s'est amélioré grâce à sa construction
- Les barrages sont un moyen important d'empêcher le sol de s'éroder pendant les pentes torrentielles lorsque les pluies sont abondantes, ce qui contribue à réduire la quantité et la superficie des sols dragués et les dommages importants et à long terme Barrages, fournissant de l'eau pour le bétail et les pâturages, et établissant des pâturages fertiles pour eux. Le manque d'eau et la sécheresse des pâturages comptent parmi les obstacles les plus importants à l'augmentation du cheptel.
- Les barrages et leur impact sur l'eau de source. Il est reconnu que la méthode de gestion de l'eau d'hiver a une relation étroite avec la présence ou l'absence de sources. Lorsque les pluies arrivent en abondance et coulent de grands torrents, l'eau ne pénètre pas dans le sol pour apparaître à distance comme les yeux dans d'autres régions, mais elle continue sa pente et le sol est emporté avec elle et la majeure partie est gaspillée. Cette situation est complètement changée lors de la construction de barrages
- Générer une énergie électrique moins nocive pour l'environnement que les barrages et des prix bon marché
- Recharge souterraine de la terre et prévention de la désertification et de la désertification

Conclusion

Les barrages ont eu un rôle essentiel dans le développement de la civilisation humaine, étant au cœur de la maîtrise de la ressource en eau et essentiels à des fins D'une manière générale Ceci amène à la définition de différents indices tels que « l'indice de géoaccumulation » ou Les paramètres

Le climat de l'oued El Arab s'est distingué par des alternances de périodes Sèches et de périodes pluvieuses, ces variations de la pluviosité peuvent avoir une influence sur le taux d'érosion hydrique dans le bassin versant.

Les dernières décennies ont été particulièrement sèches.,hydrique dans la région d'étude, érosion hydrique quantifiable en partie sous forme de dépôts de sédiments qui est due directement aux forts taux d'érosion des bassins versants, Barrages et retenues de l'altération de la continuité fluviale et sédimentaire à la nécessité d'une gestion durable.



chapitre 02: les analyse d'eaux

1. Le cycle de l'eau:

Le mouvement de l'eau dans l'air, sur la terre et dans le sous-sol représente une des étapes du grand circuit du cycle global de l'eau.

Le cycle de l'eau se traduit par une équation représentant le bilan hydrologique suivant2 :

$$P = E + R + I$$

- La ressource est liée aux précipitations: **P**
- la forme de ressources exploitables superficielles par le ruissellement: **R**
- de ressources souterraines par l'infiltration: **I**
- Une partie cependant nous échappe, reprise par l'évaporation: **E**

Le cycle global de l'eau commence par l'évaporation de l'eau qui, sous l'influence de l'énergie solaire, est transformé en vapeur d'eau. L'évaporation a lieu à partir des surfaces d'eau libre (océans, mers, lacs, fleuves) et de la végétation. Dans un deuxième temps, cette vapeur se condense sous forme de nuages qui donnent naissance aux précipitations (pluies, neiges). Celles-ci représentent la quasi totalité des apports d'eau au sous-sol.

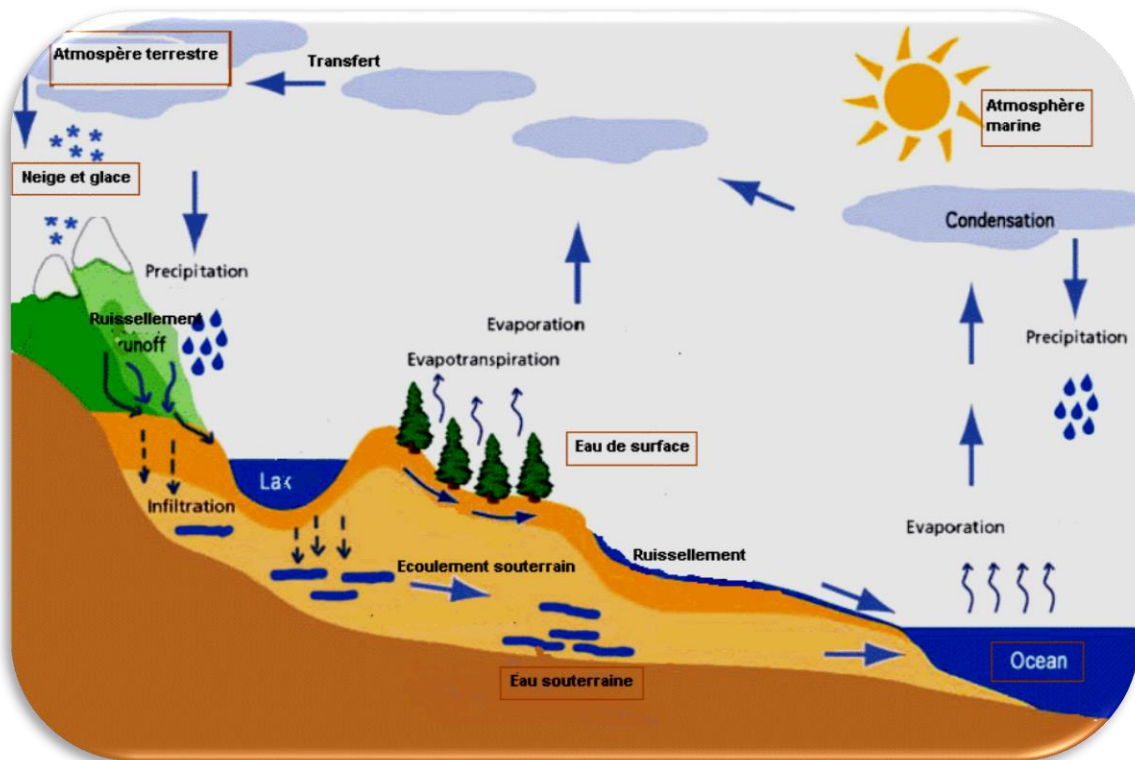


Figure N° 11: Cycle de l'eau dans la nature

1.1. Ressources en eau

La plus grande partie de l'eau sur terre est constituée des océans et des mers. La quantité d'eau douce n'atteint pas 3% dont les 2/3 se trouvent sous forme de glace dans les calottes polaires et les glaciers. L'eau douce contenue dans le sous-sol, les lacs, les rivières, les courants, les étangs et les marais représente moins de 1% de tout le stock mondial d'eau (CIR, 1983).

1.2. Les eaux souterraines en Algérie

En Algérie les nappes phréatiques jouent comme ailleurs un rôle fondamental qui conditionne toute forme de vie et tout développement socioéconomique, agricole et industriel. Cette division en 5 grands bassins hydrographiques, a pour but d'adapter, dans chaque région, la gestion et la disponibilité en fonction de l'importance du peuplement et de l'activité économique. En plus de la région hydrographique Sud qui réunit toutes les régions sahariennes (et où les conditions climatiques, humaines et socioéconomiques sont très particulières), quatre bassins hydrographiques principaux ont été définis dans le Nord du pays, d'Ouest en Est : l'Oranie avec notamment le bassin endorhéique du Chott Ech Chergui, puis le Bassin hydrographique du Cheliff-Zahrez, ensuite celui de l'Algérois y compris les régions méridionales et d'altitude du Hodna et du Soumman, enfin le Bassin hydrographique du Constantinois et du Seybouse-Mellegue dans le Nord-Est.

1.2.1. Les eaux souterraines dans la Wilaya de Khenchela

La Wilaya se caractérise par un réseau hydrographique, assez dense mais pour l'essentiel non permanent et souvent à sec pendant la majeure partie de l'année. Elle est située sur une zone charnière, entre le Nord et le Sud (Tell et Sahara). Les exutoires naturels sont constitués de la Garaet Taref au Nord, des Chotts (Sbikha) à l'Est et Chott Melghir au Sud, qui se répartissent en deux grandes familles :

- ⇒ Les oueds qui se dirigent vers le Nord pour se déverser généralement dans la dépression de Garaet Taref (oued Baghai, oued Kais, oued Tamza.....).
- ⇒ Les oueds qui se dirigent vers le sud pour se déverser dans les chotts (oued-El -Abiod , oued-El-Arab, oued Bidjer).

Les eaux souterraines localisées dans la région de Khenchela sont mobilisées (ou mieux « réparties ») en trois nappes principales. Dans les hautes plaines du Nord et du Centre, elles sont exploitées à plus de 90% (par au moins 196 forages), contrairement à la zone Sud où les eaux souterraines restent peu exploitées. Les ressources en eau superficielles, comportent notamment deux barrages qui sont actuellement en exploitation, totalisant une capacité globale de 44 hm³ :

⇒ Le barrage réservoir de Foum El Guiss d'une capacité initiale de 2 hm³ mis en service en 1936 est envasé au 2/3 de sa capacité.

⇒ Le barrage de Babar d'une capacité de 42 hm³, mis en service en 1999 est destiné à l'agriculture. Les ressources en eaux souterraines, comportent 196 forages réalisés à travers la Wilaya, totalisant un débit théorique de 3 300 L/s, (ce qui doit faire environ 1 730 000 m³ par an...) et 97 forages en service.

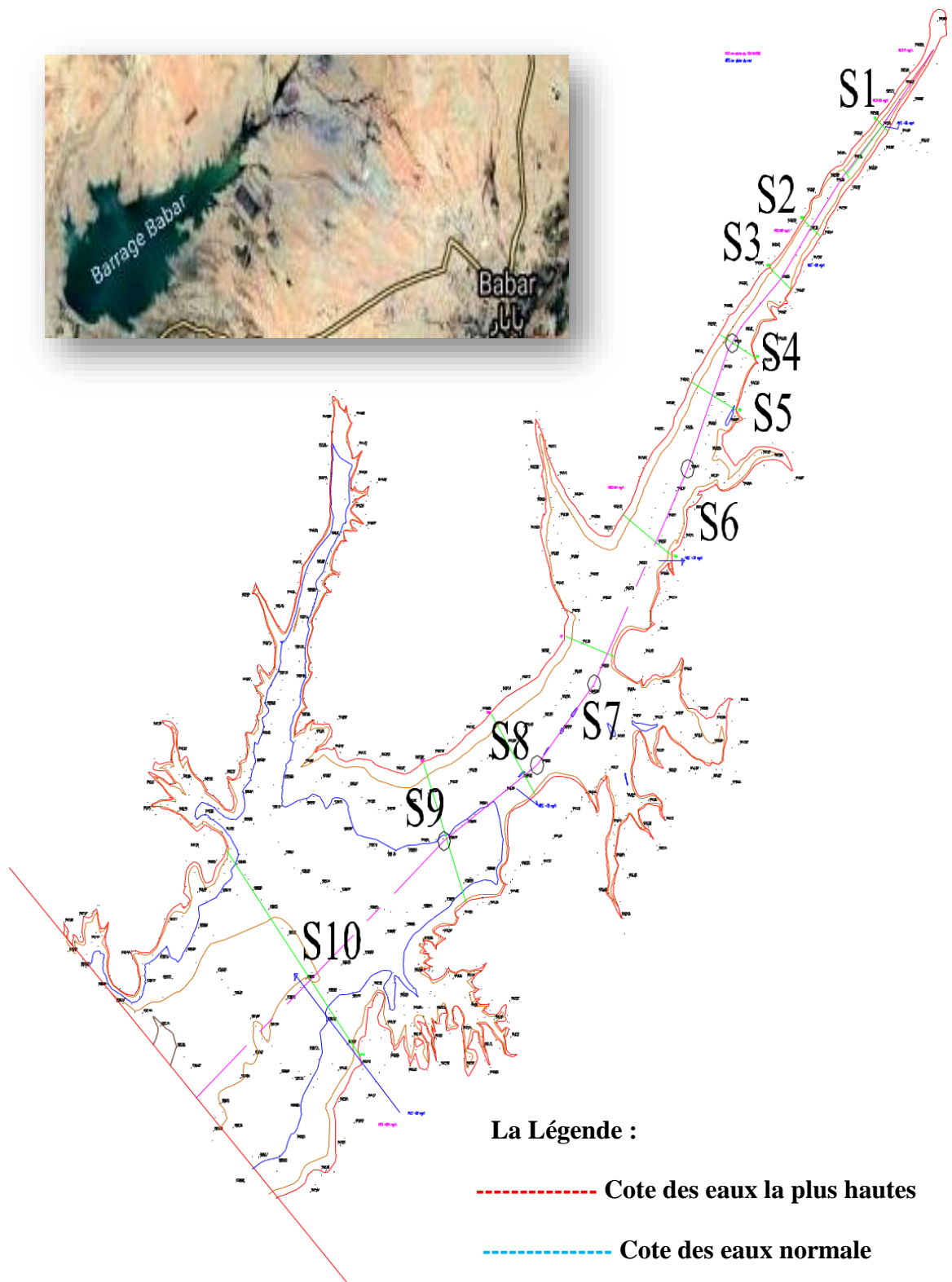


Figure N°12 : levé topographique d'oued El Arab

1.3. Les eaux de surface

Elles regroupent toutes les eaux provenant d'un mélange d'écoulements souterrains et des eaux de pluie qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol. Elles comprennent les eaux des grands cours d'eau, des étangs et des lacs, ainsi que des petits ruisseaux alimentés par des sources et qui recueillent les eaux de ruissellement des bassins versants. Les écoulements de surface constituent la cause essentielle de la turbidité et de la teneur en matières organiques, des débris d'origine végétale ou animale, ainsi que des microorganismes pathogènes des eaux de surface. C'est ainsi que les eaux de surface font plus objets des pollutions physico-chimiques et microbiennes.

En outre, elles assurent un développement important de zooplancton et de phytoplancton qui se multiplie par photosynthèse grâce aux sels minéraux dissouts dans l'eau. La pollution organique conduit souvent à l'eutrophisation de ces eaux (Ahonon A, 2011).

1.3.1. Définition

L'eau de surface précise qu'une eau, telle que le ruissellement, qui reste à la surface du sol et qui peut être stockée en étangs ou autres ouvrages de retenue. Elle résume la collecte de l'eau souterraine ou d'eau atmosphérique. (Guay et Rossel, 2003).

1.3.2. La matière organique dans les eaux de surface

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration.

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium (KMnO_4) en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieure à 1 mg/l (Berne et Jean, 1991).

Selon la classification de « Rodier, 2009 » :

- Une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1 mg/l.
- Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2 mg/l.
- Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4 mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4 mg/l.

1.3.3. Origines des matières organiques dans les eaux de surface

L'état dynamique de la matière organique rend son étude difficile du fait qu'elle subit sans cesse des cycles de synthèse biologique, métabolisation et décomposition. Dans l'environnement aquatique, la matière organique est majoritairement synthétisée par le phytoplancton puis utilisée comme nutriments par d'autres espèces qui peuvent la métaboliser puis l'excréter sous une autre forme. Dans les eaux profondes ou plus généralement dans les zones aphotiques, la production par les bactéries devient majoritaire (Harrat, 2007),

Une troisième zone de production de la matière organique dans les eaux naturelles est l'interface eau-sédiment où elle subit des transformations biologiques ou chimiques lente (Harrat, 2007).

La matière organique est également émise par dégradation des organismes animaux ou végétaux, que ce soit dans les milieux aquatiques ou terrestres.

La matière organique fraîchement produite par la matière vivante (phytoplancton, bactéries, microorganismes) est généralement appelée matière organique récente en opposition à la matière organique plus humifiée (ancienne) issue de multiples étapes de dégradation de cette matière organique. (Harrat, 2007).

Tableau N° 04: Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes

Caractéristiques examinées	Eaux superficielles	Eaux profondes
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, matières en suspension	Variable, parfois élevées	Faible ou nulles
Minéralisation	Variables en fonction des terrains, des précipitations, des rejets.	Sensiblement constante, en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf au fond des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
Gaz carbonique agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
Oxygène dissous	Souvent au voisinage de la saturation,	Absence totale la plus part du temps
Ammoniac	Présent seulement dans les eaux polluées	Présence fréquente sans être un indice systématique de pollution
Sulfure d'hydrogène	Absent	Souvent présent
Silice	Teneur modérée	Teneur souvent élevée
Nitrate	Peu abondant en général	Teneur parfois élevée, risque de methemoglobinémie
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton	Ferro-bactéries fréquentes
Polluants et micropolluants organiques et minéraux liés à l'activité humaine	Risques importants	Risque faible

1.3.4. Catégories de la matière organique naturelle

Les matières organiques naturelles constituent un mélange très complexe de biopolymères et de monomères générés par l'activité biologique sur un bassin versant et dans les ressources elles-mêmes. Les polymères les plus abondants sont les acides humiques, les polysaccharides et les protéines, alors que les monomères, moins abondants car facilement biodégradables, sont principalement représentés par les sucres aminés et les acides aminés. L'origine de ces bios polymères est présentée (Croue et al, 2000)

1.3.5. Caractérisation de la matière organique naturelle

Une classification simple des composants organiques aquatiques naturels n'est pas aisée. Toutefois, une distinction peut être faite entre différentes classes de composants par des méthodes d'isolation, La matière organique naturelle a un caractère hétérogène, et se compose de carbone dissous (COD), colloïdal (COC) et de carbone organique sous forme particulaire (COP). Les fractions de COD sont généralement plus importantes que les fractions de COP. La détermination de la fraction de carbone organique particulaire se fait par filtration dans un filtre de 0,45 µm. Quant aux particules de dimension supérieure à 0,45 µm, elles peuvent généralement être classifiées en deux groupes, c'est-à-dire en substances non humiques et humiques. Les substances non humiques de ce groupe sont non solubles en milieu acide, c'est-à-dire de pH < 2 et le deviennent à des valeurs de pH plus élevées. Les substances humiques restent non solubles, quelles que soient les valeurs de pH. (Jansen, 2005).

Tableau N°5 : Origine des polymères présentent dans les ressources en eaux (Croue et al, 2000 et Malleviale et al, 1982).

Types de bio polymère	Origines
Polysaccharides (stockés sous forme d'amidon, ou structurel sous forme de cellulose)	Aquatique (algues et bactéries) Sol (résidus de plantes)
Protéines	Aquatique (algues et phytoplancton)
Sucres aminés	Parois cellulaires des bactéries et Champignons
Polyhydroxyaromatiques (PHA)	Plantes (lignine) Aquatiques (algues, diatomées, animaux)

1.4.La Pollution Des Milieux Aquatiques

1.4.1. Définition et généralités

La pollution est un changement non désiré des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'air, de l'eau et des terres et qui est nuisible pour les êtres vivants. Le comité d'étude des pollution environnementales (The Environmental Pollution Panel of the U.S. President's Science Advisory Committee) définit la pollution environnementale comme une altération défavorable de l'environnement, attribuable en grande partie ou complètement à l'action de l'homme, à travers des effets directes ou indirectes dus à des changements de la gestion d'énergie, du niveau de radiations, de la composition physique et chimique et de l'abondance des organismes.

Pour une même substance, son caractère polluant sera plus ou moins élevé en fonction des quantités déversées dans le milieu et de la capacité de ce milieu à l'éliminer naturellement. Les pollutions d'origine humaine, dites aussi anthropiques, ont de nombreuses formes en pouvant être locales, régionales, globales, ponctuelles, accidentelles, diffuses, chroniques, génétiques, volontaires, involontaires, etc... Les contaminants sont véhiculés par la pluie, le sol ou l'atmosphère et contaminent ainsi les milieux aquatiques. La pollution consécutive aux activités humaines est d'origine industrielle, domestique, urbaine ou agricole.

1.4.2. Le suivi physico-chimique de la qualité de l'eau

Différentes méthodes ont été développées dans le passé pour évaluer la qualité des eaux de surface des rivières et les perturbations que leurs écosystèmes aquatiques subissent. De ces méthodes, la plus utilisée reste l'analyse physico-chimique, mais aussi l'analyse bactériologique d'échantillons d'eau prélevés de façon ponctuelle au niveau de différentes stations d'échantillonnage d'un cours d'eau. L'avantage de cette pratique est que l'on mesure directement les polluants, ce qui permet, en partie, d'en retracer les sources. Cependant, cette méthode comporte plusieurs inconvénients :

- Elle peut mener à la conclusion erronée qu'il n'y a pas de problèmes lorsqu'il n'y a pas de dépassement des critères pour les substances mesurées (limite de détection trop élevée ou polluants non mesurés) alors que l'équilibre du milieu aquatique peut être sérieusement affecté.
- Lors d'apports de polluants massifs mais de courte durée, il est improbable de les détecter en échantillonnant l'eau une ou deux fois par mois.
- Les écosystèmes peuvent être affectés par d'autres facteurs que les polluants, tels qu'une modification physique du cours d'eau, de plus les coûts de ce genre d'analyses sont relativement élevés considérant qu'il faut faire plusieurs campagnes d'échantillonnage (un minimum de 5 campagnes par an) afin d'obtenir un portrait saisonnier de la qualité de l'eau.

1.4.3. Le suivi biologique de la qualité de l'eau

Une autre méthode d'évaluation de l'état de santé des rivières est utilisé par les organismes responsables de la gestion de l'eau de la plupart des pays industrialisés, dont la France : Le bio-monitoring (ou suivi biologique) des écosystèmes aquatiques à l'aide de bio-indicateurs (voir paragraphe suivant). En fait, les organismes aquatiques sont en constante interaction physique, chimique et biologique avec leur écosystème. Ils sont capables d'intégrer les évolutions environnementales sur le court terme aussi bien que sur le long terme, mais également les effets antagonistes ou synergiques des différents types de contaminants, impossibles à mettre en évidence par des mesures physico-chimiques (Whitton et al. 1991). Les pratiques de bio-indication se sont développées pour évaluer la qualité de l'eau et des milieux aquatiques de façon plus intégrée dans le temps (Rott 1991).

1.4. Différents types de pollution des milieux aquatiques

La pollution des milieux aquatiques par des substances introduites par l'homme comme les produits agricoles et industriels a des conséquences néfastes qui menace l'environnement et qui sont de plus en plus responsables de l'apparition de la pollution organique et chimique de l'eau qui nécessite une lutte soutenue.

1.4.1 Pollution organique

La pollution organique représente les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses, etc.)

La pollution des eaux par les matières organiques fermentescibles (MOF), grosses consommatrices d'oxygène dissous pour leur biodégradation, va donc se traduire rapidement par une anoxie des eaux ainsi polluées (Ramade, 2002). Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

1.4.2 Pollution chimique

Ce type de pollution constitue une partie importante de la pollution des eaux de surface, résulte le plus souvent de l'introduction dans le milieu de substances à effet toxique, de critères multiples et d'origines diverses (pesticides, détergents, métaux lourds, etc.) (Metahri, 2012). Cette pollution chimique des eaux peut être chronique, accidentelle ou diffuse.

1.4.3. Pollution de l'eau

Ce n'est qu'à l'aube de la civilisation industrielle, au milieu du XVIII^{ème} siècle, que les phénomènes de pollution prirent une importance significative jusqu'à nos jours (Ramade, 2002), La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol, Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est

modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines. L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (Rodier, 2005).

La pollution participe de ce fait à diminuer les volumes d'eau utilisable par les populations. Elle engendre aussi des maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et déséquilibre l'environnement naturel (Zella, 2007).

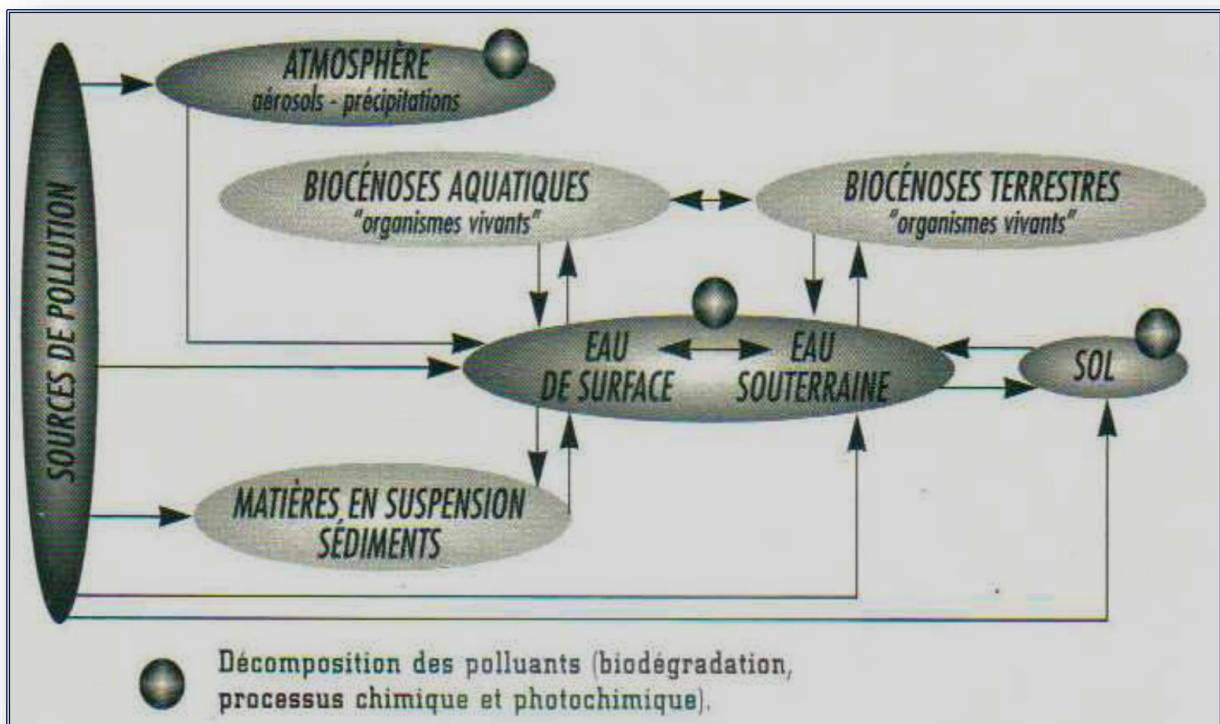


Figure N°13 : Les réservoirs terrestres et cheminement des polluants (Meyback, 1989).

2.Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau (Rodier, 2009)

- ✓ Identité du préleveur.
- ✓ Date et heure du prélèvement.
- ✓ Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- ✓ Motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, intoxication, épidémie, etc.) et usages de l'eau (boisson, lavage, abreuvement, incendie, industrie, etc.).
- ✓ Ville ou établissement que l'eau alimente ; le cas échéant, le type de traitement utilisé.
- ✓ Nom du point d'eau et localisation précise.
- ✓ Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.).

Aspect particulier (couleur, débris, irisation, odeur, etc.).

- ✓ Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement. Conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression atmosphérique, etc.).
- ✓ Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe, la durée du pompage et le débit, le nombre de renouvellements de l'eau d'un piézomètre avant prélèvement.
- ✓ Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.
- ✓ Causes de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée (établissement agricole ou industriel, rejet de ville ou d'usine, puits perdu, cimetière, etc.).
- ✓ Enregistrer les remarques des usagers ou riverains concernant les variations d'aspect ou de débit ainsi que les modifications provoquées par les pluies ou la fonte des neiges.

2.1.Détermination des conditions optimales de la clarification des eaux du barrage Babar

Le sulfate d'aluminium est utilisé comme coagulant dans la station de traitement d'eau du barrage Babar dans un bassin de mélange rapide qui est suivi par un flocculateur pour le mélange lent puis par des décanteurs (DRE, 2014).

L'objectif de cette étape de l'étude est de réaliser des essais de jar test en laboratoire afin de déterminer les conditions optimales de coagulation-floculation et de décantation des échantillons d'eau que nous avons prélevés.

3. Critères de Qualité des eaux de surface

3.1. Paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la turbidité (inverse de la transparence). Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution.

3.1.1. Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejsek, 2002).

3.1.2. Couleur

Une eau pure observée avec une faible épaisseur semble transparente à l'œil. Par contre, observée avec une profondeur de plusieurs mètres, elle a une couleur bleu clair. Ceci s'explique par une absorption de certaines longueurs d'ondes de la lumière. Les molécules à la base de la coloration peuvent interférer avec les procédés de traitement des eaux (ex : substances minérales interférant avec procédé d'échangeur ionique). La couleur d'une eau est un paramètre réglementé pour les eaux destinées à la consommation humaine. Les normes distinguent 2 types de couleur d'eau (Squilbinet Yourassowsky, 2005):

- la couleur apparente est la couleur due aux MES (particules solides dont la taille est $>10 \mu\text{m}$ dispersées dans l'eau).
- La couleur vraie est la couleur due aux substances dissoutes.
- Les normes proposent deux techniques pour analyser la couleur d'une eau:
- Une technique rapide, utilisable sur le terrain qui permet de déterminer la couleur apparente d'une eau.
- Une technique en laboratoire, qui permet de déterminer la couleur vraie d'une eau.

3.1.3. Goût et Odeur

L'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (Rodier, 2009)

3.2. Paramètres physico-chimiques

3.2.1. Les matières minérales

3.2.2. Paramètres minéraux globaux

3.2.2.1. Conductivité électrique

La conductivité, caractéristique physico-chimique de l'eau liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdes ne présentent qu'une faible conductivité. Elle varie avec la température, La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de

1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. La conductivité électrique s'exprime en micro siemens/cm.

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration des sels dissous dans l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Rodier, 2009 ; Rejsek, 2002).

Tableau N° 06 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Rodier, 2009).

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 mS/cm	Minéralisation très faible
100 – 200 mS/cm	Minéralisation faible
200 – 333 mS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 mS/cm	Minéralisation accentuée
666 – 1 000 mS/cm	Minéralisation importante
> 1 000 mS/cm	Minéralisation élevée

3.2.2.2. pH

Le pH (potentiel hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau, Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre, Par définition le pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration H⁺: (Djemmal, 2008-2009)

$$\text{pH} = - \text{Log} [\text{H}^+]$$

L'échelle de pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique, si :

⇒ [H⁺] < [OH⁻] ⇒ pH > 7 : l'eau est basique.

⇒ [H⁺] > [OH⁻] ⇒ pH < 7 : l'eau est acide.

⇒ [H⁺] = [OH⁻] ⇒ pH = 7 : l'eau est neutre.

3.2.2.3. Taux alcalimétrique complet TAC

Le taux alcalimétrique complet traduit l'alcalinité d'une eau. Il permet de connaître la quantité d'hydroxydes, de carbonates ou, d'hydrogénocarbonates.

La connaissance de la valeur de ce paramètre est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau. Le TAC d'une eau potable ne doit pas être inférieur à 2,5° F (Rodier, 2009).

3.2.2.4. La dureté

On appelle dureté totale d'une eau ou titre hydrotimétrique totale (TH) la somme des concentrations en Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ (dureté calcique et dureté magnésienne).

Souvent méthode complexométrique à l'EDTA.

La dureté s'exprime en ppm (ou mg/L) de CaCO₃ ou en degré français (symbole °F). 1 degré français correspond à 10⁻⁴ mol/l de calcium ou /et de magnésium.

(Squilbin et Yourassowsky, 2005).

3.2.2.5. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres microorganismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent cumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...).

Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l. (Squilbin et Yourassowsky, 2005).

3.2.2.6. Oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène

La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. (Squilbin et Yourassowsky, 2005).

3.2.2.7. Résidu sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l. (Berne et Jean, 1991).

3.2.2.8. Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium. Une minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs (Bonnin, 1982).

3.3. Paramètres organiques globaux

L'ensemble de ces paramètres permet d'estimer la quantité de matières organiques présente dans l'eau.

3.3.1. DBO ou demande biochimique en oxygène

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution.

La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (Plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène.

Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène

consommée ; pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des microorganismes (Tardat et Beaury, 1984 ; Degremont, 1989 ; Lounnas, 2009).

3.3.2.DCO ou demande chimique en oxygène

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non biodégradables.

L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique.

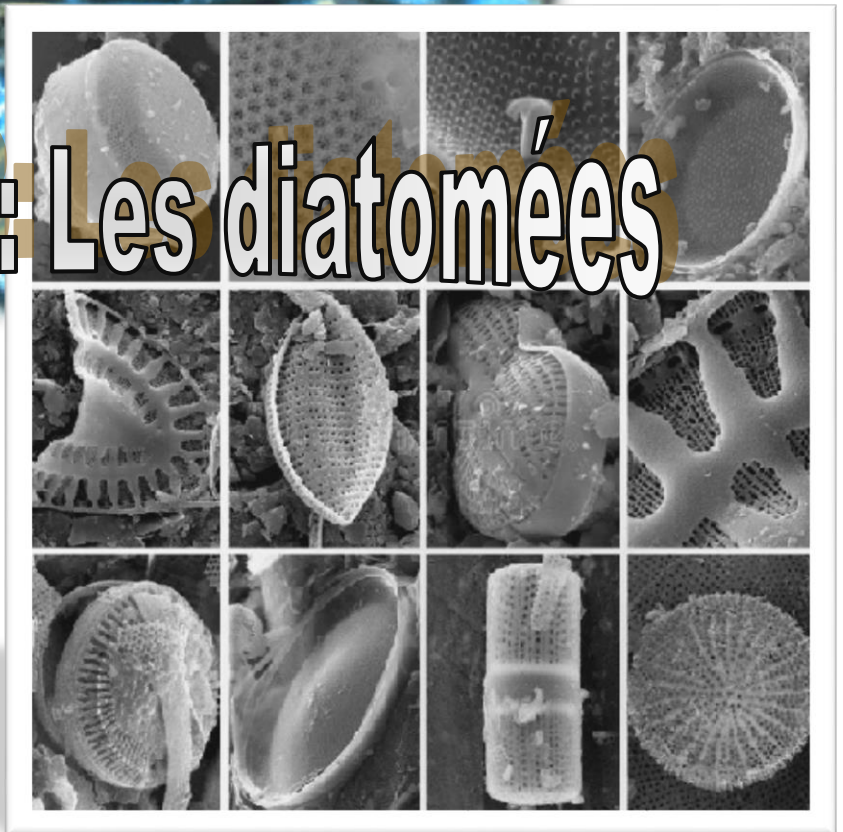
La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/ l d'oxygène, diffère de celle de la DBO. Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) (Tardat et Beaudry, 1984 ; Degremont, 2005).

Objectif et Conclusion

L'objectif de l'étude est l'optimisation de procédés physico-chimiques visant le traitement de l'eau du barrage de Babar, situé dans la wilaya de Khenchela (Nord Est algérien). Au préalable, quelques données sont présentées sur ce barrage et le bassin versant dont les caractéristiques peuvent avoir une incidence sur la qualité de l'eau. Malgré les légères différences observées dans les échantillons prélevés de l'eau du barrage par rapport à certaines de leurs caractéristiques physico-chimiques (turbidité, teneurs en SH, minéralisation totale, dureté,...), les traitements effectués sur ces eaux ont abouti à des évolutions similaires des paramètres les plus touchés par la chloration et la floculation.



Chapitre 03: Les diatomées



1. Description des diatomées

1.1. Généralités

Les diatomées sont des micro-algues brunes unicellulaires pourvues d'un exosquelette en silice. Elles sont présentes dans tous les milieux aquatiques où elles adoptent différents modes de vie. Leur spectre de taille varie de 0,2µm à 1mm. Elles ont des formes et des tailles très différentes ce qui permet de les distinguer et d'établir leur identification spécifique

Les diatomées jouent un rôle primordial dans les écosystèmes aquatiques et constituent la majeure partie du phytoplancton. Elles sont à la base des chaînes alimentaires pour de nombreuses espèces.

L'homme a su trouver dans les diatomées de nombreuses utilisations allant de la conchyliculture à la production d'antibiotiques en passant par la médecine légale.

1.2. Définition

Les diatomées ou Bacillariophycées «*diatoms* » en anglais font partie des algues unicellulaires eucaryotes. Elles ont différentes appellations : algues brunes (*Brown algae*), algues dorées (*Golden algae*) et algues jaune-vert (*yellow-green algae*). Elles sont regroupées dans la classe des *Bacillariophyceae*, embranchement des *Ochromphyta*, infraembranchement des *Heterokonta*, subrègne de *Harosa*, règne des *Chromista*. On les trouve dans différents habitats : marins, eaux douces et terrestres. Les diatomées marines datent du Crétacé inférieur à l'Holocène et les diatomées continentales datent de l'Eocène à l'Holocène. Toutefois, la plupart des diatomites commerciales, à la fois marines et lacustres, ont été déposées au cours du Miocène (Barsanti & Gualtieri, 2014).

2. Historique du test de la diatomée

C'est en 1856 que Hoffman met pour la première fois en évidence des diatomées dans les poumons d'un noyé. En 1904, Revenstorff a l'idée d'utiliser les diatomées comme moyen de diagnostic de la noyade et élucide alors une affaire mystérieuse. Par la suite, Corin et Stockis, trouvent des diatomées dans le cœur des noyés, puis Muller en retrouve dans la moelle osseuse et dans le cerveau. C'est en 1942 avec Incze que la preuve de la diffusion des diatomées via les poumons est apportée. Il découvrira également leur présence dans le sang et la cavité pleurale des noyés. En 1961 Tamaska réalise une large étude sur la moelle osseuse des noyés et conclut que le test de la diatomée est le meilleur outil pour diagnostiquer une mort par noyade. Il sera suivi dans les années 1990 par Pollanen¹⁴ qui réalise une étude sur 771 cas de noyade qui fait encore référence aujourd'hui.

Depuis ces premiers essais, le test de la diatomée a évolué, de nombreux paramètres ont été étudiés. Bien que son utilisation soit toujours considérée comme une référence, il existe de nombreux détracteurs ne croyant pas à la fiabilité du test.

2.1. La Recherche des Diatomées en Algérie

Les premières études sur les algues en Algérie datent de 1799 avec le travail Desfontaines (Baudrimont, 1971). Ensuite les premières recherches sur la flore diatomique en Algérie sont développées par Montagne (1846), Ehrenberg (1854). Les travaux de Baudrimont (1974) sont des contributions remarquables sur l'écologie des diatomées en Algérie. Il a pu enregistrer 356 espèces, variétés et formes durant ses recherches sur les diatomées des eaux continentales en Algérie. Cela a été considéré comme un inventaire représentant 17.5% de la flore du monde en 1968. Depuis, le nombre total de taxons décrits dans le monde a continué à évoluer progressivement. Cependant la flore diatomique en Algérie n'a pas changé mis à part quelques études récentes d'Al-Asadi et al. (2006) ; Lange-Bertalot et al. (2009). Ils ont identifié quatre nouveaux taxons du genre *Navigiolium* des échantillons collectés des Gueltas et les travaux de Chaïb et al. (2011) ; Chaïb et Tison-Rosebery (2012) dont ils ont collecté des échantillons à partir d'oued Kebir-Est au nord-est de l'Algérie.

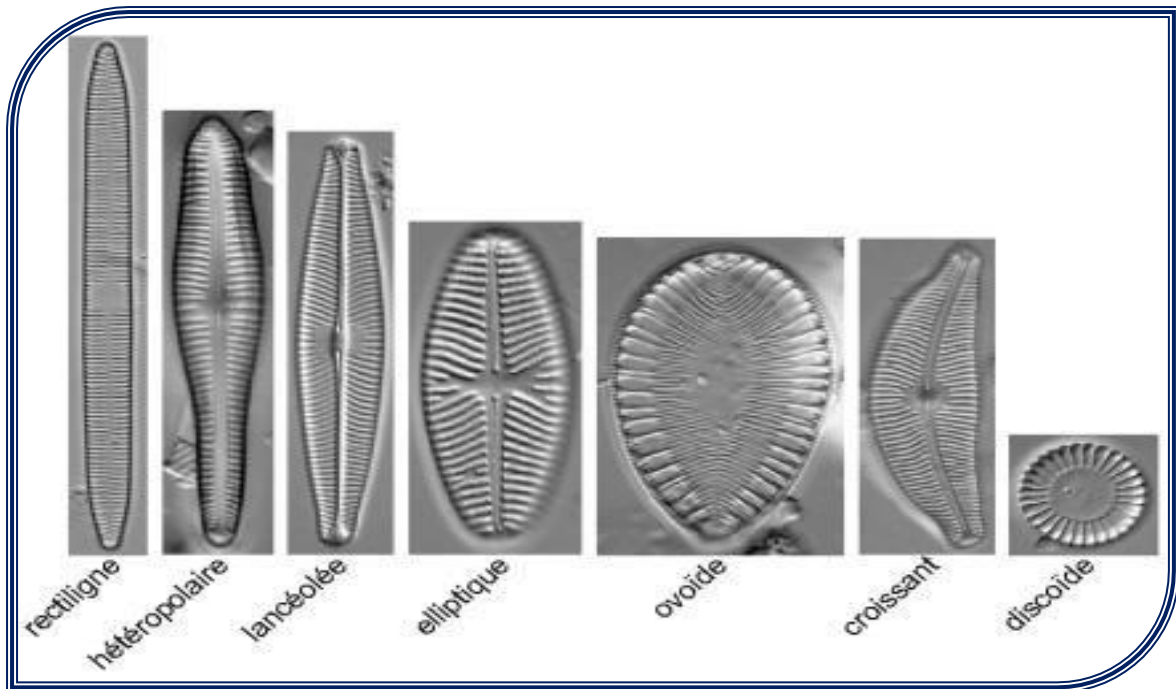


Figure N°14 : Clé de détermination Simplifiée des genres de diatomées.

3. Morphologie et Structures des Diatomées

Les diatomées sont des microorganismes unicellulaires eucaryotes. Le noyau est l'organite qui a donné son nom aux eucaryotes (eu = vrai, caryos = noyau). Elles appartiennent au super groupe Chromalveolata Adl et *al.*, 2005 qui regroupe notamment les Stramenophiles Patterson, 1989, emend. Adl et *al.*, 2005 (Adl et *al.*, 2005) avec la division des Bacillariophyta Haeckel, 1878 (Diatomea Dumortier, 1821). Cette division est caractérisée par des cellules végétatives dépourvues de toute trace de flagelles, entourées d'une paroi cellulaire composée d'éléments silicifiés. La cellule est composée de deux valves et de plusieurs bandes de ceinture. La forme de la valve (linéaire, sigmoïde, lanceolée, rhombique...), le type d'extrémité (capitée, rostrée, spatulée...), la présence de raphé, la disposition des stries (parallèles, radiantes...) et bien d'autres caractéristiques morphologiques permettent de différencier les différentes espèces. Il existerait 2 x 10⁵ espèces différentes de diatomées (Mann et Droop, 1996) dans le monde, environ 15000 (en comptabilisant les synonymes) sont encodées sous Omnidia (logiciel de calcul d'indices diatomiques) (Lecoite et *al.*, 1993). On trouve dans le protoplasme des diatomées les structures propres aux cellules eucaryotes : un noyau relativement homogène et un système membranaire avec réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, mitochondries, dictyosomes, vacuoles, chloroplastes d'une couleur brun-jaune, etc... , Quelques structures sont illustrées sur les photos suivantes.

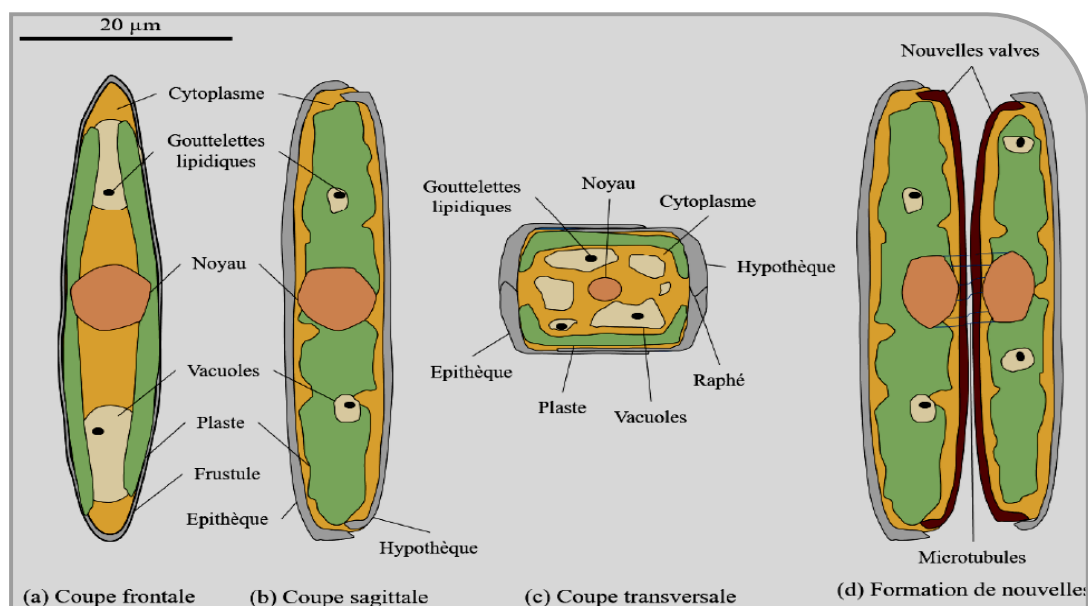


Figure N°15: Structure et composition cellulaire d'une diatomée pennée avec raphé (a) en coupe frontale (b) en coupe sagittale (c) en coupe transversale. (d) Mise en évidence de la diminution de taille du frustule lors de la division cellulaire (reproduction asexuée).

3.1. La reproduction chez les diatomées

Deux types de reproduction sont possibles chez les diatomées, la multiplication végétative et la reproduction sexuée.

La multiplication végétative se fait par division cellulaire. Le protoplasme s'accroît, exerçant de la pression sur la paroi cellulaire écartant le deux valves. Une mitose s'en suit. Chaque cellule fille conserve une valve de la cellule mère et en fabrique une nouvelle, plus petite que la première. Au fil des générations, on observera ainsi, des individus ayant la même taille que la cellule mère, et d'autres individus qui ont subi une réduction progressive de leur taille. Quand les frustules atteignent la dimension minimale compatible avec la vie, la reproduction sexuée intervient. Les modalités de cette reproduction varient chez les Centriques et les Pennées.

3.1.1. Diffusion des diatomées

Nous entendons par diffusion passive des diatomées le passage des diatomées dans les organes d'un cadavre post mortem sans relation avec les causes du décès.

La diffusion passive des diatomées dans les poumons, le liquide pleural et le sang cardiaque post-mortem est avérée. Selon les circonstances (envahissement des poumons par de l'eau, avancée de la putréfaction), les diatomées peuvent passer dans les poumons et dans le sang. Mais cela n'a jamais été prouvé par des expérimentations.

Selon Grandmaison, le test de la diatomée perd beaucoup de sa valeur en cas de putréfaction avancée. En effet, les diatomées peuvent pénétrer dans les cavités médullaires par les trous nourriciers osseux lorsque l'os est mis à nu. Cependant, ces affirmations n'ont pas été vérifiées. Elles pénètrent également plus facilement en cas de cadavre délabré par des lésions de charriage où l'eau est en contact direct avec les viscères.

En parallèle, certains auteurs comme Kapil considèrent que si des diatomées sont trouvées dans la moelle osseuse, le diagnostic de mort par noyade peut être posé car les diatomées ne peuvent pas franchir la corticale osseuse par voie externe. Gruspier & Al. n'analysent pas la moelle osseuse des os fracturés ou présentant une discontinuité de la surface corticale.

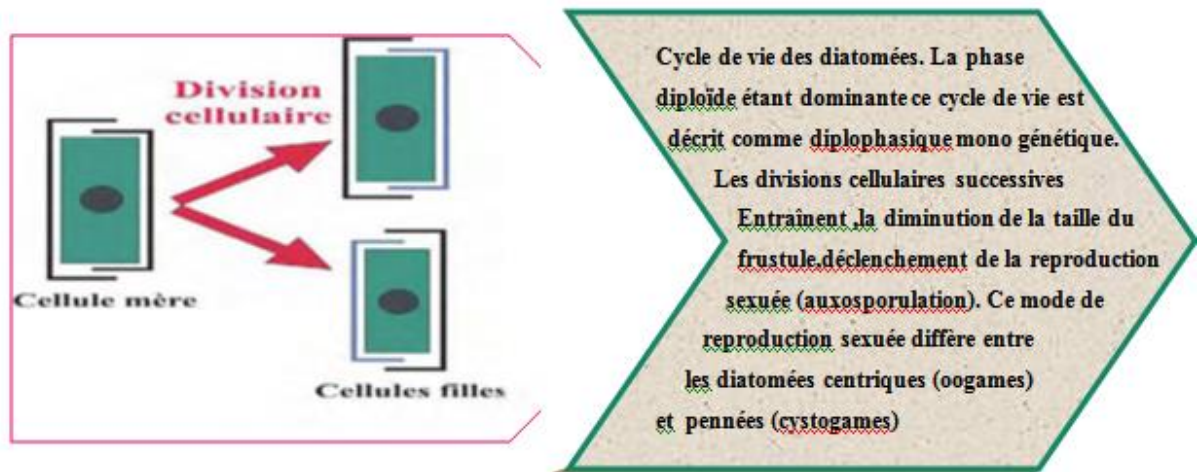
3.1.2. Rôle dans les écosystèmes

Les diatomées produisent 20% du dioxygène disponible sur terre on en retrouve entre 100 et 200 par mL d'eau ou de sédiment. Au même titre que les forêts tropicales, les diatomées sont les poumons de la terre.

Les diatomées ont un rôle écologique primordial notamment dans les océans. Les diatomées fixent le dioxyde de carbone et synthétisent des carbohydrates. Ces carbohydrates sont une des sources d'alimentation du zooplancton qui alimente par la suite la chaîne alimentaire marine.

3.1.3. Cycle de vie d'une diatomée

Les diatomées ont un cycle de vie original en partie du aux propriétés inextensibles du frustule. Il se décompose en une alternance entre une phase végétative au cours de laquelle les diatomées diminuent en taille et une phase de rajeunissement où elles retrouvent leur taille.^{1,2} Un cycle complet peut durer jusqu'à 8 ans chez certaines espèces. Mais certaines diatomées



peuvent se diviser jusqu'à 5 fois par jour, ce qui conduit à des augmentations rapide de biomasse notamment dans les océans.

Figure N°16: Schéma de division cellulaire chez la diatomée. Une des deux cellules filles est plus petite que la cellule mère.

3.2. Caractéristiques des diatomées

Les algues chromophytes représentent le type d'algues contenant le plus d'espèces comparé aux algues vertes et rouges. Cette diversification pourrait être attribuée à l'acquisition de caractères relativement spécifiques comme : une composition pigmentaire permettant de capter un plus large spectre de longueurs d'onde (Chlc et fucoxanthine), une capacité d'incorporation et de recyclage des nutriments (N, P, ...) qui semblent plus efficaces, un stade de dormance aussi retrouvé chez des algues vertes ainsi qu'une reproduction sexuée. Au sein des algues chromophytes, les diatomées représentent le taxon le plus diversifié avec 100 000 espèces estimées. Cette diversification et leurs adaptations à différents modes de vie (planctonique, benthique, épibiontique, ...) pourraient s'expliquer par certaines caractéristiques acquises au cours de l'évolution comme : un métabolisme d'acquisition du carbone de type C4 commun aux plantes, un cycle de l'urée, une vacuole et un frustule. De par leurs importances et leurs diversités, les diatomées représentent un maillon essentiel dans la structuration des écosystèmes.

3.3. Origine, rôle et évolution des diatomées

Depuis leur apparition vraisemblablement au Permien-Trias, les diatomées ont connu une diversification sans précédent avec près de 100 000 espèces estimées et ont colonisé un grand nombre d'écosystèmes aquatiques. De nos jours, elles sont impliquées dans le contrôle de grands cycles biogéochimiques comme celui du silicium, de l'azote ou du carbone. A titre d'exemple, 25 % de la production primaire nette de la Terre serait réalisée

par ces microalgues brunes unicellulaires attestant de leur importance écologique. Tout comme les autres membres de la famille des hétérochontes, les diatomées sont issues de deux épisodes d'endosymbioses successifs et possèdent de nombreux gènes qui ont été acquis horizontalement (HGT). Il a notamment été estimé qu'environ 8 % des gènes nucléaires de *Phaeodactylum tricorutum* proviendraient d'un processus de HGT. Cette mixité et plasticité génétique pourraient être des facteurs importants dans leur évolution et leur aurait permis d'acquérir des voies métaboliques singulières.

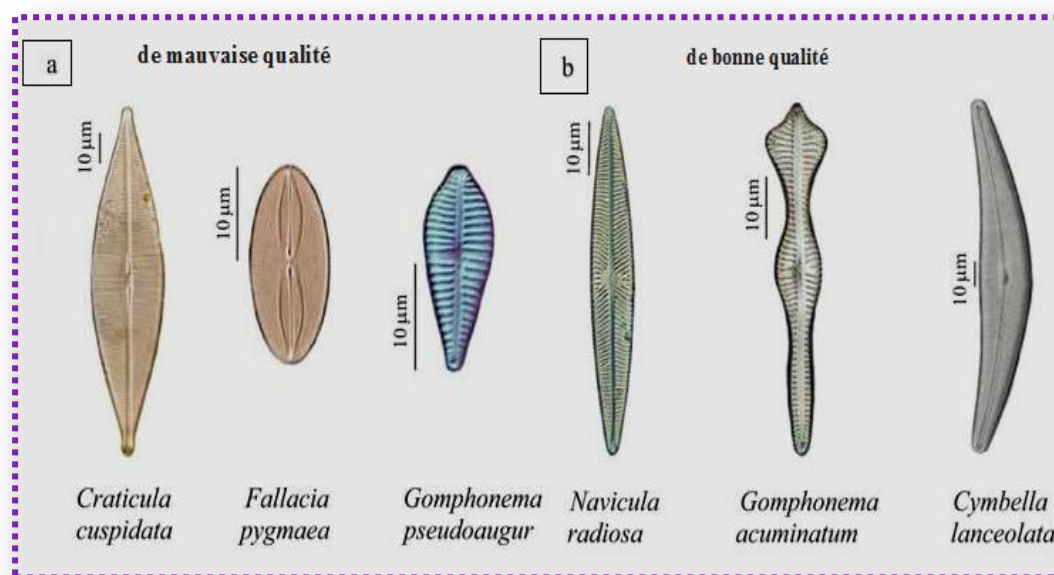


Figure N°17: exemples de diatomées caractéristiques d'eaux :

a/ de mauvaise qualité et b/ de bonne qualité (source : RNDE 2000).

4.Importance Écologique des Diatomées dans les Milieux Aquatiques

Les diatomées sont des organismes ubiquistes, possédant un temps de régénération court. Les différentes espèces présentent par ailleurs des préférences environnementales et des sensibilités variées aux toxiques. Ces caractéristiques ont conduit à leur utilisation actuellement dans plusieurs indices rendant compte de la qualité générale des eaux comme l'Indice Biologique Diatomées (Coste et al., 2009). D'autre part, de récentes études ont pu montrer leur potentiel dans l'évaluation des pollutions toxiques, notamment dans le cas des contaminations métalliques (Morin, 2006).

La diversité des diatomées s'exprime par une abondance dans la majorité des écosystèmes aquatiques et d'une importance majeure dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire. Ainsi les diatomées participent à une part majeure de la productivité primaire mondiale, en particulier dans les zones eutrophes de l'océan, les mers froides des pôles et les zones côtières. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux elles sont aussi à la base des chaînes alimentaires et assurent un rôle clé pour l'écosystème (Bottin, 2012). Ainsi les diatomées réagissent rapidement à l'eutrophisation et fournissent des informations détaillées sur les changements écologiques qui surviennent pendant l'eutrophisation et la reprise, à la fois en eau profonde et près des habitats côtiers. En raison que les diatomées

sont bien conservées dans la plupart des sédiments lacustres, elles peuvent être utilisées pour générer de longues séries chronologiques de données que on peut tracer sur les réponses des lacs à l'eutrophisation et la reprise. En outre, les progrès récents dans les méthodes quantitatives permettent des estimations fiables des changements passés et récents de la chimie de l'eau au cours de l'eutrophisation par le biais de l'assemblage de diatomées (Smol et Stoermer, 2010).

4.1. Potentialités des Diatomées pour la bio-évaluation de la qualité des eaux

Les communautés périphytiques (algues et bactéries) constituent un compartiment privilégié pour la surveillance à long terme des cours d'eau, notamment parce qu'elles ont des exigences spécifiques et des tolérances variables à des gammes de paramètres de qualité des eaux différentes (Stevenson et Pan 1999). Contrairement aux organismes terrestres, les communautés aquatiques sont très dépendantes du milieu en raison de leur immersion permanente dans les eaux. Toutes les fonctions vitales, telles que l'alimentation, la respiration, la reproduction, l'excrétion, etc. se produisent dans ce milieu. Les modifications de qualité des eaux peuvent donc affecter les dispositifs cellulaires ou l'activité biologique des communautés périphytiques. Les diatomées représentent une grande partie du volume du périphyton dans la plupart des écosystèmes aquatiques et présentent de nombreux avantages en faveur de leur utilisation pour la bio-indication (John 2000a, b)

4.2. Les diatomées comme bio-indicateurs

De part leur écologie, les diatomées peuvent être considérées comme de bons bio-indicateurs. « Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permet de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible les modifications, naturelles ou provoquées, de ce dernier » (Blandin, 1986).

Les principaux avantages des diatomées comme bio-indicateurs sont :

- ✓ une répartition importante dans toutes les rivières,
 - ✓ un échantillonnage rapide et « facile »,
 - ✓ un cycle cellulaire rapide et par voie de conséquence une réaction rapide aux perturbations,
 - ✓ une relative insensibilité à la qualité physique du milieu,
 - ✓ une technique de comptage au microscope « rapide » et fidèle,
 - ✓ un nombre de cellules par unité de surface de substrat énorme ce qui rend l'évaluation des comptages aléatoires excellente,
 - ✓ les besoins écologiques des diatomées peuvent être connus facilement,
 - ✓ des enregistrements permanents peuvent être fait pour chaque échantillon
- (Round 1993 in Taylor 2005, Coste 1994).

Le plus gros inconvénient de l'étude des diatomées réside dans la perpétuelle évolution de la taxinomie. De plus, elle n'est pas forcément acceptée par les différents diatomistes. Un autre problème est le recours au microscope électronique qui devient nécessaire pour les détails non visibles au microscope optique.

4.2.1. Utilisation des diatomées comme indicateurs de paléo-environnement

Outre le fait que certaines espèces de diatomées soient spécifiques à des périodes géologiques précises, ce qui en fait de bons outils de datation, plusieurs études ont envisagé les diatomées comme possibles indicateurs de paléo-environnement à partir de la fin du crétacé (BURCKLE, 1998). On sait aujourd'hui que chaque espèce a ses préférences propres en matière d'environnement (pH de l'eau, température, salinité...).

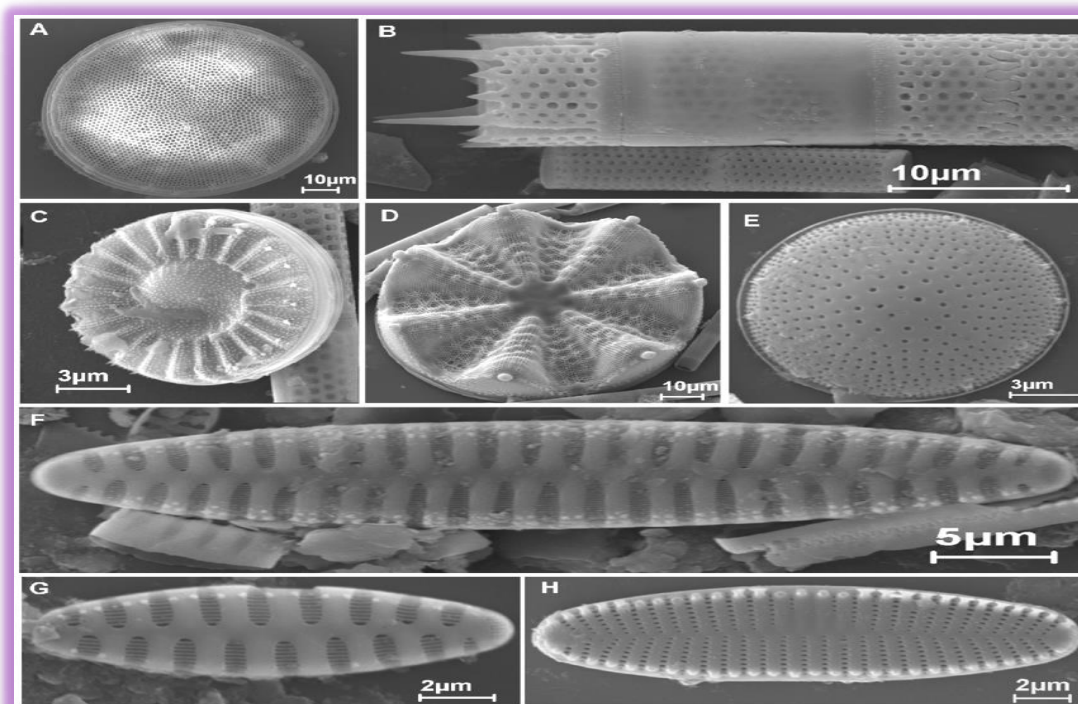


Figure N°18: Diatomées spécifiques Most abundant in Itupanema Beach corés. A-E, planctonique diatoms: A, *Actinocyclus normanii*; B, *Aulacoseira granulata*; C, *Cyclotella meneghiniana*; D, *Polymyxus coronalis*; E, *Thalassiosira* sp. F-H, benthic diatoms: F, *Staurosirella crassa*; G, *Staurosirella pinnata*; H, *Staurosira obtusa*.

5. Origine et classification de diatomée

Découvertes et observées pour la première fois en 1702, les diatomées sont tout d'abord classées dans le règne animal du fait de leur capacité à se mouvoir, mais c'est avec le progrès de la microscopie que leur vraie nature est mise à jour (Saint Martin, n.d.). Au XIXe siècle, après plus de 150 espèces recensées, les diatomées sont reconnues comme étant des organismes photosynthétiques. L'originalité de ces organismes, reposant sur leur étonnante carapace en silice appelée frustule, a fasciné les chercheurs du monde entier depuis plusieurs siècles. Ce frustule étant imputrescible, l'étude des fossiles a permis de déterminer l'origine des diatomées, marines en premier lieu, remontant au Jurassique (~185 millions d'années). Cependant, des outils de recherche se basant sur la génétique, entre autres, supposent une origine encore plus ancienne datant du Permien (Kooistra and Medlin, 1996). Le nom de Bacillariée s'imposa en 1788 pour décrire la famille réunissant les différentes espèces de diatomées. Baptisés pour la première fois « diatomées » (*Diatoma*, en latin) en 1805, ces organismes sont aussi appelées Bacillariophycées, ou encore Diatomophycées, sous-catégorie des Bacillariophycées. Au plus haut de la taxinomie, les diatomées, étant des organismes eucaryotes, appartiennent au sous-domaine des Bicontés, rassemblant tout organisme dont la cellule présente deux flagelles (Stechmann and Cavalier-Smith, 2003).

Tableau 07 : Interprétation écologique de Classe IBD

Classe IBD	Interprétation écologique
A	<i>La communauté de diatomées correspond aux conditions de référence (non perturbées). Pas ou peu d'altération d'origine humaine et pollutions organiques faibles au cours des semaines précédentes. Cours d'eau oligotrophe.</i>
B	<i>Légères modifications par rapport aux communautés de référence. Faible niveau de distorsion lié aux activités humaines. Concentration en nutriments et pollutions organiques faibles au cours des semaines précédentes.</i>
C	<i>Modifications modérées par rapport aux communautés de référence. Niveau modéré de distorsion lié aux activités humaines. Au cours des semaines précédentes, des épisodes où la concentration en nutriments et/ ou les pollutions organiques étaient élevées. . Cours d'eau mésotrophe</i>
D	<i>La communauté de diatomées est sérieusement altérée par l'activité humaine, par rapport aux conditions de référence. Les espèces sensibles à la pollution sont absentes. Il y a eu au cours des semaines précédentes, des épisodes où la concentration en nutriments et/ ou les pollutions organiques étaient élevées.</i>
E	<i>La communauté de diatomées est la plus dégradée par rapport aux conditions de référence. La population est exclusivement composée d'espèces très tolérantes à la pollution. Au cours des semaines précédentes, la concentration en nutriments et/ ou les pollutions organiques étaient constamment élevées. . Cours d'eau eutrophe</i>

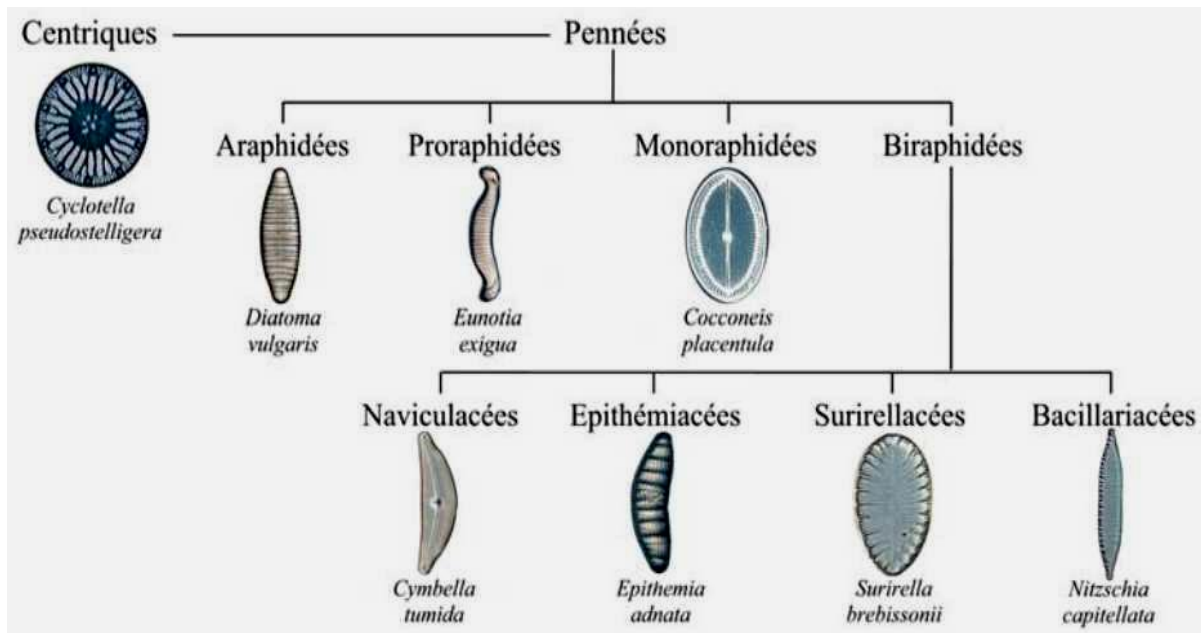


Figure N°19: Classification des diatomées d'après Agardh (1832)

5.1.Indices diatomiques

L'intérêt principal des études biocénologiques est l'intégration du facteur temps, ce qui est complémentaire aux analyses chimiques qui peuvent être comparées à une photographie instantanée des conditions du milieu. Ces dernières décennies ont vu se développer, tant en Europe que dans le reste du monde, de nombreuses méthodes qui tendent à traduire de manière fiable le niveau de dégradation ou de qualité des biotopes aquatiques, à partir de l'étude des diatomées. Ces procédures se basent généralement sur les préférences écologiques des différentes espèces et ont conduit à la mise au point et au développement de divers indices diatomiques qui permettent d'évaluer la qualité biologique des cours d'eau, de manière chiffrée. Bien que de nombreux indices soient développés pour le continent européen, il n'existe que peu d'application en milieu tropical, malgré l'existence de différentes études sur les diatomées qui aboutissent à la publication de flore. Peut être cité, un indice générique, GI pour Generic index, basé sur le ratio de l'abondance de certains genres par rapport à d'autres (Wu, 1999 et Wu et al., 2002) qui a été appliqué pour des rivières de Taïwan

5.1.1.INDICE DIATOMIQUE GENERIQUE (IDG)

L'IDG a été proposé par Rumeau et Coste (1988) (Coste and Ayphassorho 1991) pour proposer une alternative à l'IPS. Cet indice est donc basé sur les mêmes principes que l'IPS mais les diatomées présentes sont identifiées seulement au niveau du genre. Ceci permet d'engager du personnel moins qualifié. En eau douce, tous les genres interviennent dans le calcul de l'IDG. L'IDG se calcule pour chaque station à l'aide de la formule suivante :

$$IDG = (\sum_{j=1}^n A_j S_j V_j) / (\sum_{j=1}^n A_j V_j)$$

Les valeurs de l'IDG vont de 1 à 5 en ordre décroissant du niveau de contamination.

IDG \geq 4.5 Qualité biologique optimale, pollution nulle.

- 4 < IDG > 4,5 Qualité subnormale. Pollution faible.
- 3,5 < IDG > 4 Pollution modérée. Eutrophisation.
- 3 < IDG > 3,5 Pollution moyenne. Eutrophisation accentuée.
- 2 < IDG > 3 Disparition des espèces sensibles. Forte pollution.
- 1 < IDG > 2 Très forte pollution.

IDG = 0 Au-dessous d'une valeur de 10 individus par mm² le peuplement est considéré comme inexistant.

5.1.2.INDICE BIOLOGIQUE DIATOMIQUE (IBD)

Les six Agences de l'Eau et le Cemagref ont engagé en 1994 une collaboration en vue de développer un Indice Biologique Diatomées ou IBD à l'usage des gestionnaires et applicable à l'ensemble du réseau hydrographique français, et du Réseau National de Bassin en particulier. Deux versions normalisées de l'IBD se sont succédées depuis la première version produite en 1995 (la première : Prygiel and Coste 1998, normalisée en 2000 ; la deuxième normalisée en 2007). Une description détaillée de la mise au point de l'IBD a été donnée par Lenoir et Coste (Lenoir and Coste 1996). L'IBD est normalisé (AFNOR 2000, 2007). Le calcul de l'IBD implique la prise en compte d'un nombre de taxons (209 taxons pour la version de 2000, 1488 taxons dans la version de 2007), tous les taxons sont répartis à l'intérieur de sept classes de qualité d'eau définies à partir de 14 paramètres physico-chimiques. Une fois que les données sont mises dans le logiciel d'analyse (Omnidia, Lecointe et al. 1993), le calcul d'indices se fait automatiquement.

- Calcul en % de l'abondance A de chaque taxon apparié (et des taxons associés le cas échéant)
- Elimination des taxons appariés présentant une abondance inférieure aux valeurs seuils indiquées par la norme (abondance inférieure à 7.5%, soit 3 diatomées sur 400).

- Calcul de la probabilité de présence d'un taxon apparié fictif représentatif du peuplement étudié pour chacune des classes de qualité de l'eau i selon la formule suivante :

$$F(i) = \frac{\sum_{x=1}^n A_x * P_{x(i)} * V_x}{\sum_{x=1}^n A_x * V_x}$$

7 valeurs de F(i) sont calculées puisque l'IBD définit 7 classes de qualité de l'eau.

- Calcul de B qui correspond à la valeur de l'IBD sur 7 et constitue une valeur intermédiaire, selon la formule du barycentre :

$$B = 1 * F(1) + 2 * F(2) + 3 * F(3) + 4 * F(4) + 5 * F(5) + 6 * F(6) + 7 * F(7)$$

- Calcul de l'IBD sur 20 (celui-ci ne s'exprime qu'avec une seule décimale):

$$IBD/20 = 4.75 * IBD - 8.5$$





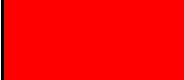
17 ≤	très bonne qualité	≤ 20	: couleur bleue	
13 ≤	bonne qualité	< 17	: couleur verte	
9 ≤	qualité moyenne	< 13	: couleur jaune	
5 ≤	mauvaise qualité	< 9	: couleur orange	
1 ≤	très mauvaise qualité	< 5	: couleur rouge	

Tableau 07 -01:Classification s'long Indice Biologique Diatomique

Valeur IBD	17 à 20	13 à 17	9 à 13	5 à 9	1 à 5
Classe	A	B	C	D	E
Etat écologique	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Mauvais état	Très mauvais état

Tableau N° 07-02 : Etat écologique (Indice Biologique Diatomique)

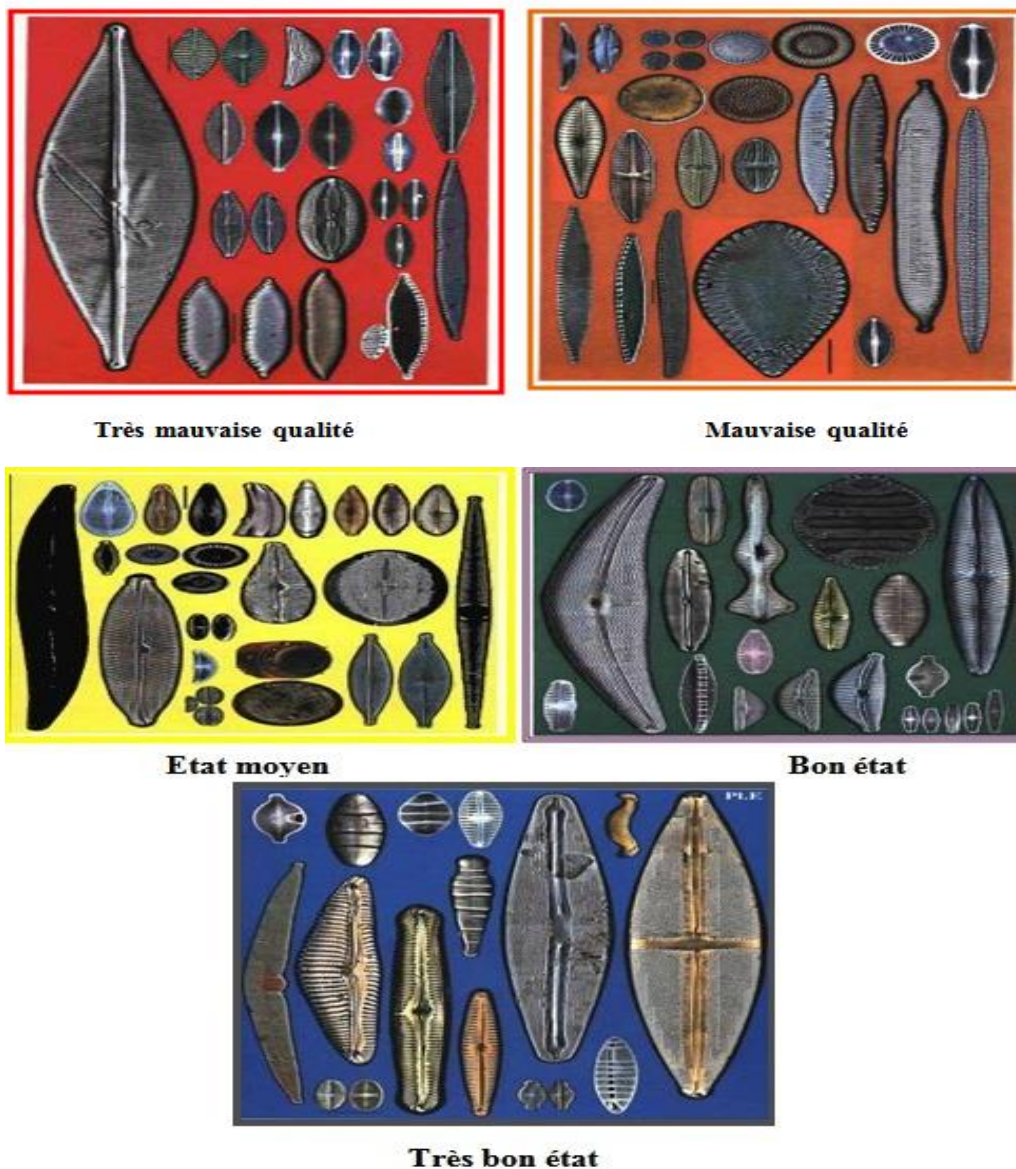


Figure N°20: On définit ainsi des classes de qualité des eaux, une couleur est attribuée à chaque classe de qualité (de bleue pour excellente à rouge pour mauvaise).

6. Principe général du test de la diatomée

Le test de la diatomée est l'un des arguments qui permet de s'orienter Vers une mort par noyade. Son principe repose sur les postulats suivants:

- Tous les milieux aquatiques contiennent des diatomées.
- Un organisme humain n'est pas censé contenir de diatomées.
- Lorsqu'un individu se noie, ses poumons se remplissent d'eau par phénomène d'osmose. L'eau et les éléments qu'elle contient passent dans le sang au niveau des capillaires pulmonaires.
- Lorsqu'un individu est en train de se noyer, son cœur bat durant les premières minutes qui suivent l'immersion. Le sang est diffusé dans tout l'organisme par les battements cardiaques.

Les diatomées contenues dans le milieu de noyade passent dans les capillaires sanguins et sont ainsi diffusées dans l'organisme.

Le test de la diatomée se déroule synthétiquement de la façon suivante.

- Le corps est retrouvé dans l'eau ou à proximité d'une étendue d'eau,
- Les légistes réalisent la levée de corps,
- L'eau du milieu de noyade présumé est prélevée,
- Des prélèvements (moelle osseuse, poumons, foie, rein, cerveau...) sont effectués au cours de l'autopsie,
- Les prélèvements sont digérés avec des acides, de l'eau oxygénée, des enzymes,
- Les reliquats de digestions sont observés au microscope à la recherche de diatomées.

6.1. Test quantitatif

L'analyse quantitative cherche à mettre en évidence une présence suffisante de diatomées dans l'organisme noyé. Le nombre de diatomées est ensuite rapporté à la quantité de tissu digéré. On obtient ainsi une densité de diatomées au sein du tissu.

Le test est considéré comme valide lorsqu'une certaine densité est atteinte. Aucune valeur ne fait actuellement référence, les auteurs fixent chacun des densités seuils pour leurs études. De façon inverse l'absence de diatomées ne permettra pas d'exclure la mort par noyade.

Les principaux organes testés sont les poumons et la cavité pleurale, le sang cardiaque, le cerveau, les reins, le foie, la moelle osseuse (vertèbres, sternum, fémur). La moelle osseuse fémorale est actuellement le tissu le plus utilisé et sans doute le plus fiable..

6.2. Test qualitatif

L'analyse qualitative se charge de comparer les espèces de diatomées présentes dans les organes et celles présentes dans le milieu de noyade. Les proportions des différentes espèces de diatomées doivent également être conservées.⁹ Les diatomées de grande taille ne pouvant pas passer dans les capillaires sanguins sont exclues de ces comparaisons. Seules les diatomées avoisinant la taille d'un globule rouge (7-8 μ m) et jusqu'à environ 30 μ m doivent être retenues.

L'analyse qualitative des diatomées présentes dans les tissus peut, dans certains cas, permettre d'identifier avec une précision relative le lieu et la saison de la noyade. En effet, les populations de diatomées sont très variables et spécifiques en temps et en lieu. Si le corps a été charrié et déplacé hors du lieu de la noyade, les diatomées présentes dans le corps ne correspondent plus à celles du milieu de levée du corps. De même, si le corps est resté

plusieurs mois dans l'eau, les populations de diatomées ne correspondent plus exactement à celles présentes le jour de la noyade.

Lorsqu'un catalogage des diatomées est effectué à différents points du cours d'eau et à différentes saisons, la comparaison des diatomées retrouvées dans le corps avec les données recueillies sur le terrain permettent, dans certains cas, d'indiquer le lieu et la saison de la noyade.

7. Variétés des modes de vie

Certains auteurs ont proposé que la croissance et la distribution des algues marines seraient principalement contrôlées par la température, la lumière, la concentration en nutriments, les mouvements des masses d'eau ou encore la salinité (Kirst 1990). Cette distribution peut cependant être modifiée en fonction de la capacité d'acclimatation et de tolérance à différents facteurs biotiques et abiotiques conduisant ainsi à l'existence de différents assemblages. Les diatomées sont retrouvées dans la quasi-totalité des assemblages aquatiques allant des eaux glaciaires arctiques aux rivières d'altitude en passant par les eaux saumâtres acides des mangroves. Même si la majorité des diatomées sont planctoniques, benthiques ou épibiontiques, on retrouve des modes de vie plus originaux comme tychoplanctonique qui alterne une vie benthique/planctonique en fonction de l'environnement (Maulood and Hinton 1979) ou encore subaérienne (Camburn 1982). Dans les parties suivantes, nous approfondirons les connaissances actuelles sur les modes de vies les plus largement distribués et sur les facteurs biotiques pouvant modifier les assemblages.

7.1. Les diatomées planctoniques

a surface océanique représente environ 70 % de la surface totale du globe. En prenant en compte que la zone euphotique peut s'étaler de quelques mètres jusqu'à environ 200 mètres de profondeur (Doron et al 2007), le volume de niches écologiques habitables est donc considérable.

- les diatomées sont la lignée eucaryotique dominante de ce mode de vie en terme de diversité et d'impact sur la structuration de l'écosystème.
- les diatomées planctoniques sont également capables d'adopter un comportement migratoire. Pour illustrer ce phénomène, nous avons choisi les diatomées du genre *Rhizosolenia* qui vivent dans les grands gyres océaniques.

Ces structures macroscopiques possèdent une vitesse migratoire impressionnante de l'ordre de 6,4 m.h⁻¹ et peuvent atteindre des profondeurs allant de 80 à 150 m tout en maintenant une croissance homogène.

cette diatomée est couramment retrouvée dans les premiers mètres de la colonne d'eau. L'hypothèse avancée pour justifier cette présence en surface serait que des variations de composition ionique intracellulaire permettraient une migration positive des cellules (Villareal 1992). Avec une densité cytoplasmique légèrement supérieure à celle de l'eau (dcytoplasme = 1,03 à 1,10 ; deau de mer = 1,02), La modification de la taille de la vacuole aussi bien pour les petites diatomées marines que pour les diatomées planctoniques d'eau douce, ce mécanisme ionique ne peut pas s'appliquer.

7.2. Les diatomées benthiques

Les diatomées benthiques dominent souvent le microphytobenthos (Smith and Underwood 2000) et forment ce que l'on appelle un biofilm en association avec des cyanobactéries. Ces structures possèdent une organisation en strates dont la strate la plus externe est composée des micro-organismes photosynthétiques. Ces micro-organismes génèrent de l'énergie par fixation du carbone inorganique fournissant ainsi un substrat organique utilisable par les organismes hétérotrophes placés en dessous d'eux. Les bactéries et les diatomées sont souvent à l'origine de l'initiation et de la formation du biofilm et représentent les producteurs primaires les plus importants. Dans certains biofilms, jusqu'à 50 % du carbone les composant peuvent être produit par les diatomées. Les biofilms ont plusieurs intérêts dont la stabilisation des substrats meubles, la structuration de la chaîne alimentaire et la fixation des nutriments essentiels tels que l'azote et le phosphore. Dans les assemblages des biofilms, les diatomées benthiques sont majoritairement des diatomées pennées raphides (Figure 7). Comme nous l'avons vu précédemment, ces diatomées sont douées de mobilité et peuvent "glisser" sur le biofilm pour optimiser ou préserver leur physiologie.

. Les brouteurs possédant une bouche relativement large n'effectuent aucune sélection des organismes broutés (Peterson 1987). Les autres brouteurs de plus petite taille effectuent une sélection des algues broutées au moment de l'ingestion (Tall et al 2006). Cette sélection dépend de la taille de la cellule (taille optimale pour une largeur de bouche donnée), de la facilité de broutage (densité du frustule, présence d'épines siliceuses, synthèse de composés aldéhydes tératogènes) et également de la qualité nutritionnelle (Cox 2011). Une étude plus qu'originale a montré que les diatomées broutées pouvaient résister à la fois à l'ingestion et la digestion pour ressortir vivante de l'organisme brouteur. Cette capacité de résistance à des milieux hostiles tel que l'estomac traduit une grande robustesse des systèmes de protection et de préservation de l'intégrité cellulaire (Peterson et al 1998).

7.3. Les diatomées épibiontiques

A la différence des diatomées benthiques ou planctoniques, certaines diatomées peuvent vivre de manière épibiontique. Ce mode de vie correspond à des organismes qui se servent d'autres organismes comme support pour leur croissance et leur développement. Étudié pour la première fois au XXe siècle, ce mode de vie peut être divisé en deux sous-catégories : l'épiphytisme et l'épizooïsme lorsque l'hôte est respectivement un organisme autotrophe (macro et microalgues) ou hétérotrophe. A l'inverse du parasitisme, les diatomées épibiontiques ne "prélèvent" aucun élément au détriment de l'hôte mais s'en servent uniquement comme support (Tiffany 2011)

Ce système, retrouvé également pour certaines diatomées benthiques, semble assez efficace pour maximiser l'adhérence tout en laissant la majorité de la surface cellulaire au contact avec l'environnement, les diatomées épibiontiques semblent avoir des préférences de support. Dans une étude s'intéressant à l'abondance des diatomées épiphytiques de la péninsule antarctique, 50 espèces de diatomées ont été identifiées et chaque espèce semble posséder une préférence de substrat. Les rhodophycées sont les macroalgues en fonction des différentes architectures. Plus la complexité architecturale de la macroalgue est importante et plus la densité des diatomées épiphytes sera forte. Par exemple dans la famille des phéophycées, le *Fucus vesiculosus*, espèce très ramifiée, possède une abondance de diatomées 1 000 fois supérieure différente de celles de la *Laminaria sacchalina* qui possèdent un thalle

assez lisse sans ramification (Totti et al 2009). Cette préférence de substrat peut aussi être conditionnée par la sécrétion de composés inhibant la croissance des diatomées par certaines

macroalgues (Maples 1984). Des études récentes ont également recensé des cas d'épiphytisme de diatomées sur d'autres diatomées (Tiffany and Lange 2002). Même si l'épiphytisme semble être un mode de vie largement utilisé par les diatomées, l'épizooïsme semble être beaucoup plus rare et moins étudié.

Les diatomées épizoïques peuvent être retrouvées sur une grande variété d'organismes hétérotrophes allant du zooplancton comme les copépodes jusqu'aux baleines en passant par

D'une manière générale les diatomées épibiontiques ont un cycle de vie beaucoup plus long que les autres diatomées ce qui pourrait expliquer leur relatif faible nombre (Chaffey 2011).

Objectif et conclusion

Les diatomées diffèrent également quant à leur pouvoir de tolérance envers les charges organiques. Ainsi, les espèces *polysaprobies* supportent la décomposition des matières organiques et une oxygénation très faible, voire nulle, alors que les espèces *oligosaprobies* ne tolèrent que des eaux pauvres en matières organiques. Les matières organiques sont les principes nutritifs (par exemple les aminoacides),

Beaucoup d'espèces de Diatomées benthiques sont très sensibles à la plupart des paramètres physico-chimiques de l'eau et chaque espèce a ses exigences propres. Les espèces présentes reflètent donc la qualité des eaux et notamment le niveau de pollution. Un "Indice Biologique Diatomées" (IBD) prenant en compte plus de 200 espèces est utilisé par les Agences de l'eau et par le Cemagref pour l'évaluation de la qualité et la gestion des eaux continentales.

De nombreuses diatomées sont mobiles à des échelles millimétriques, cependant la structure des communautés est principalement conditionnée par le « stock » d'espèces déjà en place. Elle dépend également de facteurs externes (facteurs physiques et chimiques, pression de prédation, parasitisme, pollution) et d'interactions entre espèces (compétition, excrétion de composés organiques autotoxiques, hétérotoxiques ou stimulants) (Townsend 1989). Différents facteurs physiques et chimiques conditionnent la vie et le développement des diatomées en milieu aquatique

Chapitre 04: analyse et résultats



1. Identification et comptage des diatomées

L'identification se fait par observation de la lame en microscopie optique (immersion, 100x). Au moins 400 frustules de diatomées par échantillons sont identifiées. Les diatomées peuvent être identifiées selon les sources suivantes : Cemagref/Agences de l'eau (1999). Ces outils sont essentiellement destinés aux débutants et ne sauraient par conséquent se substituer à une flore détaillée dont l'usage reste recommandé. Les flores de référence pour la flore diatomique européenne sont : Krammer and Lange-Bertalot (1986-1991) ; Krammer (2000) ; Lange-Bertalot (2001) et Krammer (2002).

1.1. Investigations et diatomées

1.1.1. Qualité de l'eau

De par leur présence dans de nombreux milieux, les diatomées sont utilisées comme des marqueurs notamment pour évaluer la qualité des eaux.

Pour cela un protocole complexe est mis en place. La première étape consiste à recenser les différentes espèces de diatomées présentes dans le ruisseau. Un suivi de l'évolution quantitative et qualitative des espèces est ensuite réalisé et permet de vérifier la qualité des eaux. Les diatomées sont sensibles aux moindres variations de leur environnement. Les variations au sein des populations de diatomées signent une variation du milieu.

2. Qualité d'eau (Résultats de la qualité de l'eau du barrage de Babar)

La régularisation des apports d'eau par la retenue de Babar contribue par ailleurs à la régularisation de la minéralisation de l'eau à fournir aux usagers. Les spécialistes du Bureau d'études ont analysé les données concernant la qualité de l'eau de la retenue de Babar exploitées dans le cadre de l'étude de projet du barrage de Babar.

D'après le projet, la minéralisation moyenne de l'eau en période d'étiage d'été-automne est de 1,02 g/l, et pendant les crues d'hivers-printemps elle fait 0,86 g/l.

On a prouvé par les calculs que la régularisation plurannuelle des apports par la retenue ne se fait pratiquement sentir sur les indices hydrochimiques de la qualité de l'eau en étiage quand la consommation de l'eau est la plus intense.

Même au bout de la période probable du destockage total du volume utile la minéralisation de l'eau dans la retenue ne dépassera pas 1,18 g/l, avec la minéralisation naturelle de l'eau dans l'oued en étiage égale à 1,02 g/l.

Il est absolument défendu de rejeter dans les ouvrages hydrauliques de la première catégorie les eaux usées contenant des agents pathogènes des maladies infectieuses. Les eaux usées présentant le risque épidémiologique ne peuvent être rejetées dans les ouvrages hydrauliques qu'après le traitement adéquat et la désinfection.

Les teneurs extrêmes admissibles des composantes qui devront être corrigées avant l'amenée de l'eau de la retenue de Babar aux usagers sont les suivantes :

1. pH de l'eau de la retenue de Babar – 7,5-8,45 (valeurs admissibles : 6,5-8,5) ;
2. Matières en suspension : 0,14-1,18 g/l (norme – 0,25 g/l) ;
3. Minéralisation totale (résidu sec) – 888,0 – 900,0 mg/l (admissibles jusqu'à 1000-1500 mg/l);
4. Chlorides – 35-95 mg/l (admissibles 250 mg/l);
5. Sulfates – 310-430 mg/l (admissibles 250 mg/l, dans certaines conditions il est admissible 400 mg/l) ;
6. Dureté totale – 62 mg-éq/l (il est admissible 35-50 mg-éq/l).

Les données ci-dessus indiquées démontrent qu'au cours du traitement de l'eau dans la station de traitement il faudra réduire la dureté de l'eau et la teneur en sulfates.

Pour l'adoucissement de l'eau on a recours à la méthode de décarbonisation par traitement à la chaux.

Dans les stations de traitement d'eau contemporaines l'eau est soumise à la désinfection dans tous les cas où les sources d'alimentation en eau présentent de risques de point de vue d'hygiène.

Pour la désinfection de l'eau on a recours aux méthodes différentes : chloruration, ozonation, irradiation bactéricide, etc. La méthode la plus utilisée dans la pratique de traitement de l'eau est la désinfection par chloruration. A partir d'analyse de Station de traitement d'eau potable de barrage Babar wilaya de kenchela Et grâce à l'analyse de trois jours au mois de juin, nous avons obtenu ce qui suit:

Tableau N° 08-01: Analyses de l'eau du barrage de Babar pour le mois de juin 2020

Paramètre	Heure de prélèvement 1 ^{er} jour : 26/06/2020			Normes	Observation
	10.30h	13.00h	14.30h		
Eau brute	22.7	22.2	23.2	/	La turbidité élever
pH	8.92	8.98	9.01	6.5 < pH < 9	
Conductivité	96.8 us/cm	10.02 us/cm	10.32 us/cm	2800	
turbidité	27.8	24.8	29.2	5	

Tableau N° 08-02: Analyses de l'eau du barrage de Babar pour le mois de juin2020

Paramètre	Heure de prélèvement 2 ^{ème} jour : 28/06/2020				Normes	Observation
	09.30h	14.00h	19.30h	22.30h		
Eau brute	21.2	/	20.9	/	/	Les valeurs dans les normes
pH	8.52	/	8.49	/	6.5 < pH < 9	
Conductivité	9.88	/	9.93	/	2800	
turbidité	12.6	/	14.3	/	5	
Eau traitée	22.7	21.5	22.9	22.9	/	
pH	8.46	8.48	8.46	8.45	6.5 < pH < 9	
Conductivité	10.53	10.86	10.60	10.60	2800	
turbidité	2.23	1.99	1.98	1.76	5	
Chlore libre	0.1	0.76	0.87	0.93	5	
Chlore total	0.00	0.03	0.04	0.04	/	

Tableau N° 08-03: Analyses de l'eau du barrage de Babar pour le mois de juin2020

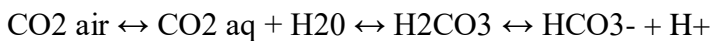
Paramètre	Heure de prélèvement 3 ^{ème} jour : 29/06/2020			Normes	Observation
	11.23h	15.00h	18.00h		
Eau brute	23.3	/	/	/	Les valeurs dans les normes
pH	8.70	/	/	6.5 < pH < 9	
Conductivité	10.01	/	/	2800	
turbidité	10.6	/	/	5	
Eau traitée	21.1	22.3	22.8	/	
pH	8.55	8.76	8.81	6.5 < pH < 9	
Conductivité	10.98	10.78	10.85	2800	
turbidité	1.76	1.04	1.02	5	
Chlore libre	0.38	1.05	1.9	5	
Chlore total	0.02	0.02	0.03	/	

Dans les trois tableaux on retrouve très clairement une hauteur de Ph et de conductivité. Cela rend l'eau acide et impropre à la consommation. Cela rend l'eau acide et impropre à la consommation et ne convient que pour l'arrosage, et la salinité élevée aide le sol et les plantes.

2.1. Impact des variations de pH sur les diatomées

2.1.1. Acidification des océans

Causes et conséquences Depuis 250 ans, le CO₂ air a augmenté de près de 40 % passant de 280 ppm lors de l'ère préindustrielle à 384 ppm en 2007. Cette augmentation sans précédent au niveau de sa rapidité est pilotée par la combustion des ressources de carbone fossile, la déforestation et aussi la production de ciment (Harley et al 2006). Il est estimé que chaque jour nous relâchons 79 millions de tonnes de CO₂ dans l'atmosphère (Feely et al 2008). L'océan permet de capter pour un peu plus d'un tiers cette émission d'origine anthropique sans lequel le CO₂ air atteindrait 450 ppm aujourd'hui (Sabine et al 2004). En absorbant de manière passive davantage de CO₂ air, les océans tendent à s'acidifier :



2.1.2. Les facteurs chimiques

Le pH est un facteur de grande importance. Il agit sur la solubilité de différentes substances et sur la disponibilité de carbone. Hustedt a été probablement le premier à reconnaître l'influence du pH pour les diatomées et a établi un système de classification des diatomées selon leur préférence quant au pH (Hustedt 1939). Il distingue 5 catégories :

- a) Acidobiontes : vivent à pH < 7 avec un optimum de croissance à pH < 5,5
- b) Acidophiles : vivent à un pH autour de 7, avec un optimum à pH < 7
- c) Indifférentes : équidistribution à pH acide et pH basique
- d) Alcaliphiles : vivent à pH autour de 7 avec un optimum à pH > 7
- e) Alcalibiontes : vivent à des valeurs de pH > 7

Une autre classification est celle de Van Dam et al. (1994) qui se sont inspirés de Hustedt (1938-1939). Plusieurs classes sont distinguées : les espèces *alcalibiontes* (nécessitent un pH basique), les *alcaliphiles* (préfèrent les pH > 7), les *neutrophiles* (développement optimale à pH = 7), les *acidophiles* (préfèrent pH < 7) et les *acidobiontes* (nécessitent un pH < 7, pH optimale à 5), les indifférents (pas d'optimum).

2.1.2.1. Genres et espèces identifiées dans la station 01

Le dénombrement des diatomées dans la station 01 (point de sortie des eaux) dans le barrage de Babar -Khenchela, nous a permis d'identifier 10 espèces sur un totale de 1200 frustules dénombrées. le nombre le plus élevé est attribué aux espèces : *Ctenophora pulchella*, *Frustulia rhomboïdes* et le genre *Fragilaria Sp* avec respectivement une moyenne de 110 et 99 et 61 unités sur 400 diatomées dénombrées, pour les espèces les moins présentes dans nos échantillons avec une moyenne de 2 diatomées sur 400 on trouve les espèces : *Amphora inariensis*, *Sellaphors Sp*, *Stauroneis Sp*.

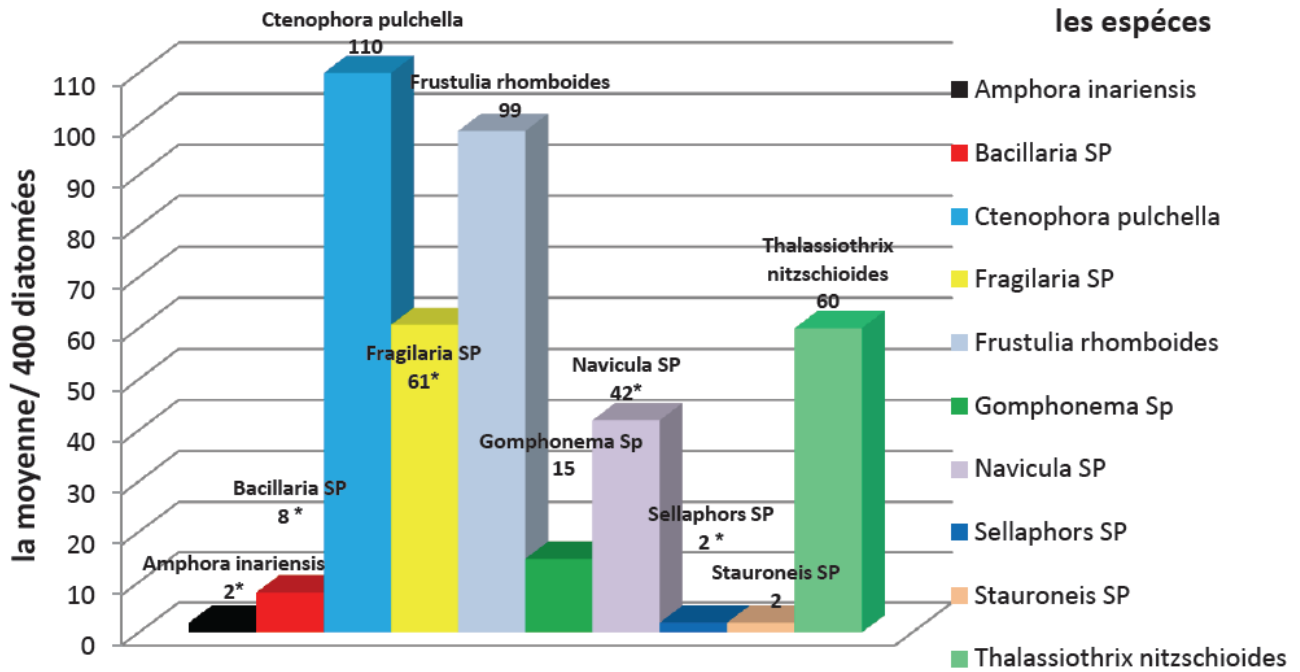


Figure N°21: Genres et espèces identifiées de station 01

2.1.2.2. Genres et espèces identifiées dans la station 02

Le comptage des diatomées dans la station 02 qui présente le point d'entrée des eaux dans le barrage. Nous a permis d'identifier 08 espèces et genres sur un totale de 1200 frustules dénombrées, le nombre le plus élevé est attribuer aux espèces *Frustulia rhomboïdes*, *Ctenophora pulchella*, *Thalssiothrix nitzschooides* avec respectivement une moyenne de 110-99 et 65 unités sur 400 diatomées dénombrées, concernant les espèces les moins présentes dans nos échantillons avec une moyenne de 15 diatomées sur 400 on trouve les espèces du genre : *Achanthidium Sp*

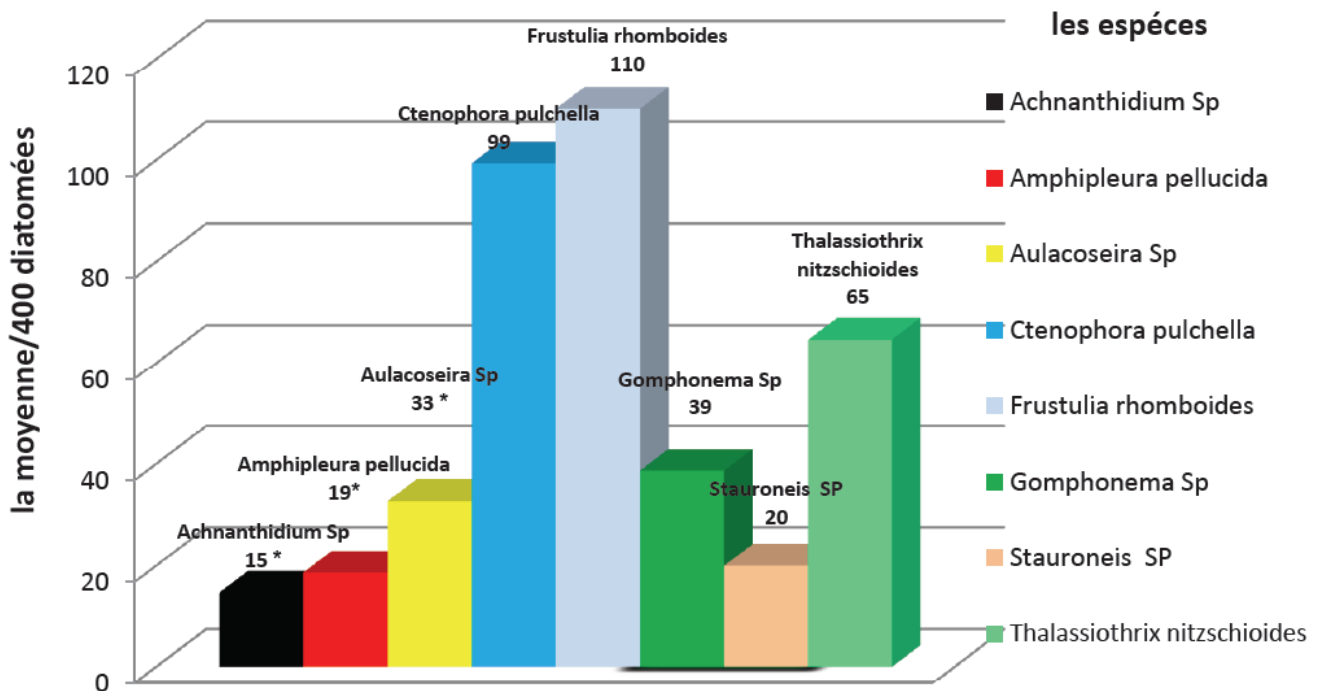


Figure N°22: Genres et espèces identifiées de station 02

3.Demandes en chlore des eaux du barrage Babar

Dans les stations de traitement, l'étape d'oxydation peut se situer à deux niveaux : en préoxydation avant l'étape de clarification et en désinfection finale, avant distribution des eaux aux consommateurs.

A l'échelle nationale, l'utilisation des procédés d'oxydation chimique tels que la chloration, l'ozonation ou permanganate de potassium sont essentiels et varient d'une station à l'autre selon les besoins, soit pour viser la destruction des germes pathogènes ou pour permettre des actions complémentaires dans la destruction d'un grand nombre de micropolluants et dans l'amélioration des goûts, des odeurs et dans la destruction des couleurs (Achour et Chabbi, 2014 ; 2017).

Au niveau des stations de traitements algériennes, la désinfection finale est réalisée dans tous les cas par injection de chlore dans un canal de contact situé à la sortie ou en aval des filtres et en amont des réservoirs d'eau traitée. Les conditions de traitement, et en particulier le dosage, sont différents d'une station à l'autre (Achour et Chabbi, 2014).

4. Qualité physico-chimique des eaux brutes du barrage Babar

Les résultats d'analyse physico-chimique des eaux brutes testées sont présentés dans le tableau 2 et sont comparés aux normes de l'Organisation Mondiale de la santé (WHO/OMS,2008) ainsi qu'aux normes algériennes (JORADP,2011) relatives à la qualité des eaux brutes utilisées pour la production de l'eau destinée à la consommation.

- La température des eaux de surface dépend du climat et des conditions atmosphériques.

Ceci explique la gamme assez large des valeurs en fonction de la date de prélèvement.

Le pH est proche de la neutralité avec un léger caractère alcalin. Ceci influera sans nul doute sur l'efficacité de certains procédés de traitements (coagulation, adoucissement et chloration) (Tardat-Henry et Beaudry, 1992).

- L'eau du barrage de Babar est caractérisée par une assez faible turbidité. Cela pourrait être dû au fait que ce barrage est situé dans une zone transitoire, entre le désert et le Tell et qui est située dans une zone assez faiblement boisée.

Les valeurs de la conductivité, de la dureté calcique et magnésienne ainsi que des teneurs en chlorures et sulfates correspondent à une minéralisation plutôt élevée et doivent être mises en relation avec la nature des terrains géologiques traversés et les temps de contact.

La différence entre les différents échantillons peut être due à la période de prélèvement ou à la présence d'éléments minéraux indésirables dans les eaux de barrage résultant d'une pollution exogène.

- Les oligoéléments comme le fer et le manganèse restent également à de très faibles teneurs, Trois méthodes différentes nous ont permis d'évaluer la quantité en matière organique présente dans les eaux de surface testées :

l'absorbance en ultra-violet (UV) à 254 nm, l'oxydabilité au permanganate de potassium et la concentration en substances humiques (SH).

Pour chaque paramètre, les valeurs sont assez voisines pour les différents échantillons.

La quantité de matière organique globale peut être considérée comme moyenne et tout à fait acceptable pour une eau de surface brute, avant tout traitement.

Les valeurs de l'absorbance UV restent assez faibles et montrent qu'une faible proportion de la matière organique est sous forme aromatique. Ceci rejoint les valeurs des substances humiques qui sont de l'ordre de 2 à 3mg/l.

La charge organique dans les eaux de surface testées pourrait ainsi être due à une pollution naturelle (due à la végétation en décomposition) mais aussi à une pollution d'origine exogène provoquée par les rejets urbains, industriels et les pratiques agricoles.

Bien que la pollution des eaux brutes du barrage ne paraisse pas excessive, cette eau ne pourra être considérée comme potable qu'après traitement. Nous allons donc nous intéresser à deux principaux procédés de traitement d'une chaîne de potabilisation conventionnelle, à savoir la chloration de l'eau et l'étape de clarification et notamment la coagulation-floculation au sulfate d'aluminium.

La qualité de l'eau traitée d'une usine de traitement de l'eau potable dépendra ainsi principalement de

la qualité de l'eau brute ainsi que de l'efficacité des procédés mis en place dans la filière de traitement

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

D'une manière générale, nos résultats sont en accord avec ceux obtenus pour des eaux algériennes au cours d'études précédentes.

Un essai réalisé sur l'eau de barrage de Babar a permis également de montrer que la demande en chlore finale (en post-chloration) était diminuée et que la valeur du break point était nettement plus faible lorsque l'eau subissait préalablement une coagulation-floculation et décantation à des conditions optimales.

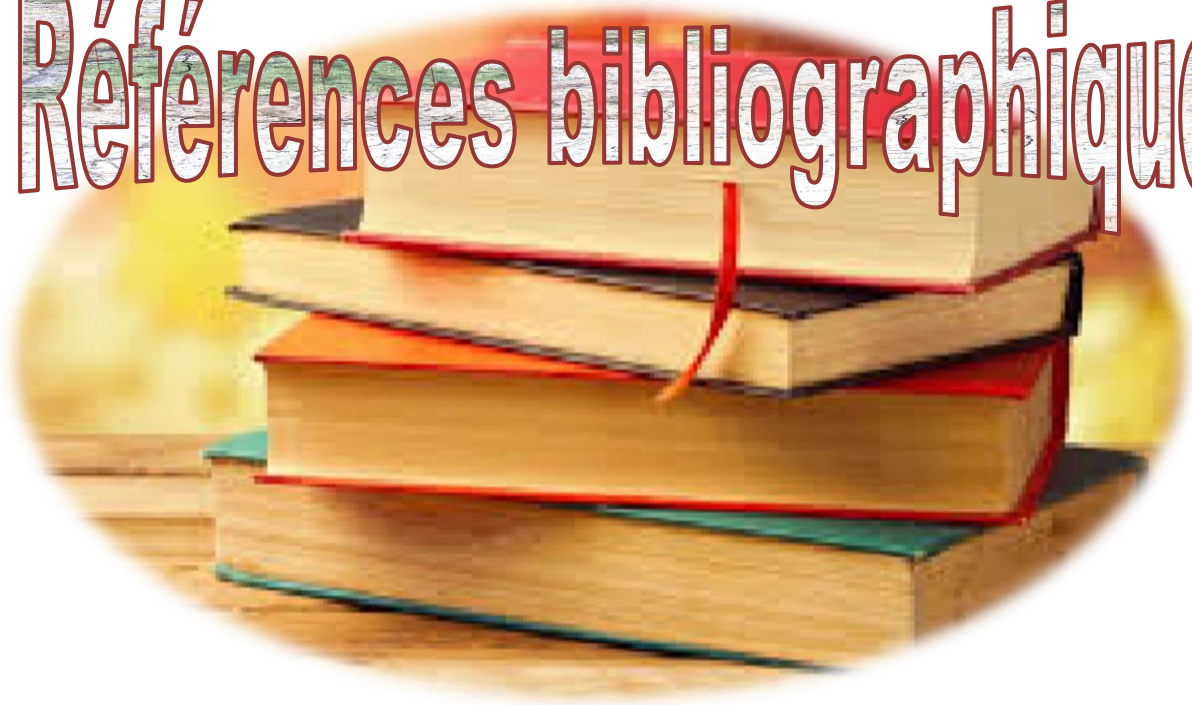
Le barrage de Babar est caractérisé par une faible teneur en composés azotés minéraux (nitrate, nitrites, azote ammoniacal) par rapport à la limite exigée par les normes de potabilité. Il en est de même pour les phosphates. Ce qui peut laisser supposer que l'eutrophisation des eaux de ce barrage ne constitue pas à l'heure actuelle un risque majeur.

La répartition des diatomées dans les milieux aquatiques est influencée par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques comme : le substrat, le pH, la température de l'eau et sa vitesse, la lumière, la concentration en nutriments, la silice, le broutement, la pollution par des matières organiques et minérales etc.

Parmi les algues, les diatomées sont regroupées dans la classe des *Bacillariophycée*, embranchement des *Ochrophyta*, parmi lesquelles plus de 20.000 espèces diatomiques. La cellule diatomique est enchâssée dans une coque de silice hydratée $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ et de matière organique appelée frustule, La classification des diatomées repose sur plusieurs critères : forme, taille, symétrie, agencement et densité des ornements des valves, nature du raphé et des ceintures connectives, etc. les diatomées peuvent être solitaires libres ou attachées ou former des colonies. Le développement des diatomées est influencé par plusieurs facteurs : température, le pH, les nutriments, courant, substrat, broutement, silice, matière organique.

Les diatomées sont considérées comme d'excellentes indicatrices du milieu ou de l'environnement. Elles sont devenues un outil de biosurveillance des cours d'eau dans le monde entier comme les bio-indicateurs des eaux courantes: Polluosensibilité (IPS), L'indice trophique diatomées (TDI), l'Indice biologique diatomique (IBD) .etc. Cependant, dans les enquêtes sur les diatomées cela nécessite une bonne connaissance de leur taxonomie. En Algérie peu de travaux sont menés sur les algues en général et plus particulièrement sur les diatomées notamment sur l'écologie de ces microorganismes.

Références bibliographique



Références bibliographique

A

1)- ACHOUR , S, MODJAD , H , HELLAL , H , KELILI H, (2019) , ESSAIS D'OPTIMISATION DES PROCEDES DE CLARIFICATION ET DE DESINFECTION D'EAUX DE BARRAGE DE LA REGION DE KHENCHELA (EST ALGERIEN), Faculté Des Sciences Et De La Technologie - Université De Biskra.

2)- Adrien ,B , Pour Obtenir Le Grade De DOCTEUR DU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE ,(2015), Capacités D'acclimatation Des Diatomées Aux Contraintes Environnementales , Ecole Doctorale Sciences De La Nature Et De l'Homme – ED 227.

3)- Aouachria , M , (2007-2008) , Diplôme De Magister En Aménagement Du Territoire , Analyses Morphodynamique Et Hydropluviométrique De La Vallée De Oued El Arab Et Leurs Impacts Sur La Pérennité Du Barrage ,Université El Hadj Lakhdar – Batna.

B

4)- BERKANI, N , (2019) , diplôme De Master Académique , Contribution à la bioévaluation de la qualité des eaux du barrage de « Babar, khenchela » par les indices diatomiques , Université Abbés Laghrour – Khenchela.

5)- BACHA , B, Mémoire de Magister en Biologie , (2010) , DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE D'UNE ZONE HUMIDE ARTIFICIELLE : LE BARRAGE DE FOU M EL KHERZA (BISKRA, ALGERIE) , Université de Mohamed Kheider –BISKRA.

11)- BOUAICHA , F , DIPLOME DE MAGISTER EN HYDROGEOLOGIE , (2009) , ETUDE GEOPHYSIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DANS LA REGION DE KHENCHELA, CAS DE KHEIRANE ET TAOUZIENT, Impact socio-économique , UNIVERSITE MENTOURI- CONSTANTINE.

6)- Boukhechem , R , Septembre 2010, **RAPPORT FINAL , Expérimentation Participative et Adaptative de Modèles de Gestion des Ressources Forestières dans la Chaîne Montagneuse de l'Atlas (Algérie, Maroc ,Tunisie) , MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE FORESTIERE ,**

7)- **BOUZIANI , BOUBOU, N , Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences de gestion , (2014-2015) , Eau , environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID –TLEMCEM.**

C

8)- **Christian , K ,D ,Session Extraordinaire De 2007 – 2008 , Rapport Sur L'amélioration De La Sécurité Des Barrages Et Ouvrages Hydrauliques , N° 1047 N° 454 ,Assemblée Nationale Sénat Constitution Du 4 Octobre 1958 Treizième Législature.**

D

9)- **Debbih , H , Naili , B , diplôme de Master en hydraulique,(2014-2015), Etude de qualité des eaux des barrages de l'Est Algérien, Université Larbi Ben M'hidi– OUM EL BOUAGHI .**

10)- **DIATOMÉES, Cyril Langlois , Novembre 2006.**

11)- **DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION AU TITRE DES ARTICLES L.411-2 ET R.411-6 A 14 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT ,(2014), DEMANTELEMENT DES BARRAGES DE VEZINS ET LA ROCHE QUI BOIT, DEPARTEMENT DE LA MANCHE-France.**

E

12)- Emile , H , **DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE ; (2015) , Diatomées en médecine et odontologie légale , Fiabilité et diffusion passive , Université de Bordeaux Collège des Sciences de la Santé UFR des Sciences Odontologiques , France .**

13)- **ETUDE ENVIRONNEMENTALE DU BARRAGE DE LOM PANGAR , Rapport Final rev01Juillet 2005 ,REPUBLIQUE DU CAMEROUN MINISTERE DE L'EAU ET DE L'ENERGIE.**

F

14)- Franck , F, **diplôme de Doctorat ,(2016) , Dynamique des flux sédimentaires et des éléments métalliques en lien avec l'exploitation courante et exceptionnelle d'un barrage hydroélectrique , Université de Limoges.**

G

15)- Gilles , G , Sébastien , B , Adeline ,P, François ,D, Jan ,G, Sylvia , M, Jean Luc, G, René ,L ,(2011), **Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de la Réunion à partir des diatomées Partie guide méthodologique.**

H

16)- HAMED, B,(2015), diplôme de MAGISTER , Hydrodynamique souterraine et transfert des réservoirs profonds(couplage architecture stratigraphique vulnérabilité et risque de pollution) dans la région de Khenchela, UNIVRSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA.

17)- HADJ ,S,R,(2017-2018) , DIPLOME DE DOCTORAT EN 3eme CYCLE DE L'UNIVERSITE DE MOSTAGANEM , Analyse DU Cycle De Vie Des Sediments De Dragage , UNIVRSITÉ Abdelhamid Ibn Badis MOSTAGANEM.

K

18)- KHABTANE ; A , RAHMOUNE ; C,(2012), Effet du biotope sur la diversité floristique et le polymorphisme phénotypique des groupements à Tamarix africana Poir. dans les zones arides de la région de Khenchela (Est Algerien) , Journal of Agriculture and Environment for International Development , JAEID 2012, 106 (2): 123-137.

19)- KHALDOUN , L ,(2014-2015) , Diplôme de Doctorat en Sciences de la Nature , Recherches phréatobiologiques dans la région de Khenchela (Sud Est Algérien) :Qualité de l'eau des puits, Biodiversité, Écologie et Biogéographie des espèces stygobies , UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI, OUM EL BOUAGHI.

20)- KHABTANE , A ,(2014-2015) , Diplôme de :Docteur en sciences ,contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de KHENCHELA (EST ALGERIEN), Université des Frères Mentouri Constantine .

21)- KHABTANE , A ,(2010), Diplôme de Magister en Ecologie Végétale , Contribution à l'étude du comportement écophysiological du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela , Université Mentouri Constantine.

L

22)- Lahbassi , O , l'obtention du diplôme de DOCTORAT ES sciences, (2017-2018), ETUDE DE LA QUALITE DES EAUX STOCKEES A L'AMONT ET LES EAUX D'INFILTRATION A L'AVAL DES BARRAGES EN REMBLAI EN ALGERIE , Baji Mokhtar Annaba.

23)- Les barrages sont-ils un bien pour l'environnement ?, (2014), Document rédigé par Bernard Chocat (LGCIE – INSA Lyon).

M

24)- Matthieu ,F, Johanna , M , Alain ,M , ()Evaluation scientifique de l'impact de l'hydroélectricité dans le Parc naturel régional des Pyrénées ariégeoises, Station d'écologie expérimentale du CNRS à Moulis, 09200 Saint Giron.

N

25)- NEHAR , B , Diplôme de Doctorat en Biologie ,(2016) ,Contribution à l'Etude des Diatomées Benthiques de quelques cours d'eau de l'Oranie : Taxonomie et Ecologie , Université Ahmed Bin Bella d'Oran.

26)- Nacima , H , M , Malek , B , (2007) ,Carte de prévision des zones de dépôts dans une retenue de barrage , Faculté de Génie Civil, USTHB, Bab-Ezzouar

O

27)- OULDAMMAR , H ,(2013) , Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement , Qualité des eaux du périmètre d'irrigation Bouzouamel - Bouhmamma , Khenchela.

28)- Office nationale de l'eau et de milieu aquatique,(2013), Bio-indication:de l'écologie des communautés aux indicateurs standardisés.

P

29)-Protocole d'échantillonnage des diatomées benthiques, (2018) , Procédure à des fins de biosuivi de l'intégrité biotique des cours d'eau ,

R

30)- Rendez- vous international sur a gestion intégrée de l'eau, (2009) , Présentation des documents fournis par les conférenciers de l'atelier ,
Les diatomées comme bioindicateurs .

31)- RAHAM, F, Z , KOULOUGHLI , R , (2017-2018) , EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES D'OULED RAHMOUN, Université des Frères Mentouri Constantine.

T

32)- Tebbi , F, Z , Magister en Constructions Hydrauliques ,2014 , MODÉLISATION DE LA RÉGULARISATION DES BARRAGES DANS LA RÉGION DES AURÈS , Université Hadj Lakhdar BATNA.

33)- TOUATI ,B, (2010) , diplôme de Doctorat d'Etat en Aménagement du Territoire, Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état , diagnostic et perspectives d'un aménagement durable , UNIVERSITE MENTOURI – CONSTANTINE.

ANNEXES

The word "ANNEXES" is rendered in a large, bold, 3D font. Each letter is filled with a different grayscale scientific image, including what appears to be a cross-section of a biological specimen, a microscopic view of a cell or tissue, and a diagram with labels. The letters have a slight perspective, appearing to float above a flat surface. Below the letters is a soft, brownish shadow that mirrors the shape of the text, giving it a sense of depth and weight.

Annexe

ANNEXE 01 : Résultats d'analyse d'eau barrage de babar

GR | **INTER ENTREPRISE**
ingénierie et commercial

STATION DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE DE BABAR WILAYA DE KHECHELA

le 26/06/2020

Paramètres / heure de prélèvement	Unité	10:30	13:00	14:30	Observation	Normes
Eau brute	T	22.7	22.8	23.2	La turbidité élevé	
pH		8.33	8.38	8.01		
Conductivité	µs/cm	308	1002	1032		
Turbidité	NTU	87.8	241.8	23.2		
Nitrates	Mg/l					
Nitrites	Mg/l					
Ortho-phosphates	Mg/l					
Chlorures	Mg/l					
Dureté	Mg/l					
Eau traitée	Mg/l de CaCO ₃					
Eau traitée	T					
pH						
Conductivité	µs/cm					
Turbidité	NTU					6.5 < pH < 9
Nitrates	Mg/l					2800
Nitrites	Mg/l					5
Ortho-phosphates	Mg/l					50
Chlore Libre	Mg/l					0.2
Chlore Totale	Mg/l					5
Dureté	Mg/l					5
Alcalinité	Mg/l de CaCO ₃					/
Calcium	Mg/l de CaCO ₃					200
Potassium	Mg/l de CaCO ₃					500
Sodium	Mg/l					200
Sulfates	Mg/l					12
						200
						400

Le Chimiste *E. Laid Hamiz aoui*

GR | **INTER ENTREPRISE**
ingénierie et commercial

STATION DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE DE BABAR WILAYA DE KHECHELA

le 29/06/2020

Paramètres / heure de prélèvement	Unité	9:30	14:00	19:30	22:30	Observation	Normes
Eau brute	T	21.2		20.9		Les Normes dans les Normes	
pH		8.52		8.49			
Conductivité	µs/cm	988		993			
Turbidité	NTU	12.6		14.3			
Nitrates	Mg/l						
Nitrites	Mg/l						
Ortho-phosphates	Mg/l						
Chlorures	Mg/l						
Dureté	Mg/l						
Eau traitée	Mg/l de CaCO ₃						
Eau traitée	T	22.2	21.5	22.9	22.9		
pH		8.46	8.28	8.46	8.45		6.5 < pH < 9
Conductivité	µs/cm	1053	1086	1060	1060		2800
Turbidité	NTU	2.22	1.95	2.98	1.76		5
Nitrates	Mg/l						50
Nitrites	Mg/l						0.2
Ortho-phosphates	Mg/l						5
Chlore Libre	Mg/l	0.1	0.76	0.87	0.93		5
Chlore Totale	Mg/l	0.00	0.03	0.04	0.04		5
Dureté	Mg/l de CaCO ₃						/
Alcalinité	Mg/l de CaCO ₃						200
Calcium	Mg/l de CaCO ₃						500
Potassium	Mg/l de CaCO ₃						200
Sodium	Mg/l						12
Sulfates	Mg/l						200
							400

Le Chimiste *Chirani Saïd*

Annexe

2020
2020



INTER ENTREPRISE

STATION DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE DE BABAR WILAYA DE KHECHELA

le 29/06/2020

Paramètres / heure de prélèvement	Unité	11:23	15:00	17:00	Observation	Normes
Eau brute	T	23.3				
pH		8.70				
Conductivité	µs/cm	1004				
Turbidité	NTU	10.6				
Nitrates	Mg/l					
Nitrites	Mg/l					
Ortho-phosphates	Mg/l					
Chlorures	Mg/l					
Dureté	Mg/l de CaCO ₃					
Eau traitée	T	21.1	22.3	22.8		
pH		8.55	8.76	8.84	Les valeurs donn. les Normes	6.5 < pH < 9
Conductivité	µs/cm	1038	1078	1085		2800
Turbidité	NTU	1.76	1.04	1.02		5
Nitrates	Mg/l					50
Nitrites	Mg/l					0.2
Ortho-phosphates	Mg/l					5
Chlore Libre	Mg/l	0.38	1.05	1.4		5
Chlore Totale	Mg/l	0.02	0.02	0.03		1
Dureté	Mg/l de CaCO ₃					200
Alcalinité	Mg/l de CaCO ₃					500
Calcium	Mg/l de CaCO ₃				200	
Potassium	Mg/l				12	
Sodium	Mg/l				200	
Sulfates	Mg/l				400	

Le Chimiste

E. Said Kouyate

Annexe

ANNEXE 02 : les caractères de barrage Babar (source DHW)Détraction de pêcheFiche d'évaluationRenseignements d'ordre général nom de barrage :Commune : **BABAR**Daira : **BABAR**Wilaya : **KHENCHELA**Année de construction : **1985**Année de réalisation : **1985 - 1995**Année de mise en eau : **2001**Gestion du barrage : **ANBT (ALGER)**Accès au site : **KHENCHELA / BABAR**Distance éloignée par rapport à la wilaya : **28 KMS**

Position géographique:...../.....

Les coordonnées géographiques :longitudes : **X= 892.000****Y= 216.000****Z= 930.000 m**Maître d'ouvrage : **ANBT (ALGER)**Responsable suivant à la construction du barrage : **ANBT**Utilisation de l'eau : **Irrigation –AEP***Disponibilité de terrain susceptible de faire l'objet d'un aménagement piscicole :*

• Description Général du Barrage :

Type d'information	Information	Valeur
Données générales	Oued	Oued El Arab
	Nom du barrage / de la retenue	Babar
	Coordonnées du barrage	x= 894,600 y= 215,500
Données hydrologiques	Superficie du bassin versant jusqu'au barrage (km ²)	567
	Débit pluriannuel moyen (m ³ /s)	0.62
	Crue maximale $\sigma_{-1,000}$ /Crue projetée (m ³ /s)	1985/1650
Caractéristiques principales de la retenue	Cote de retenue maximal (NGA)	942.50
	Cote de niveau d'exploitation normale (NGA)	940.00
	Cote de niveau d'exploitation minimale (NGA)	923,95
	Volume de la retenue jusqu'à la cote de niveau maximal (hm ³) - 2004.	48.42
	Volume de la retenue jusqu'à la cote d'exploitation normale (hm ³) - 2004.	38,005
	Volume de la retenue jusqu'à la cote d'exploitation minimale (hm ³) - 2004.	16,50
	Destination de la retenue / volume utile	Irrigations 12 hm ³
Caractéristiques principales du barrage	Type de barrage	Barrage en remblai
	Cote de la crête du barrage (NGA)	943.30/944.50 avec parapet
	Longueur / largeur du barrage dans la crête (m)	673,00/8,00
	Hauteur du barrage (m)	37
	Pente du côté amont du barrage / de la digue	3/1
	Pente du côté aval du barrage / de la digue	2/1
	Eau mort (NGA)/(hm ³)	C= 931,40/V= 12,657
Caractéristiques principales des évacuateurs de crue	Type d'évacuateur de crue	Déversoir au seuil libre
	Cote de la crête du déversoir (NGA)	940.00
	Capacité maximale du déversoir (m ³ /s)	1310
	Capacité maximale de la vidange de fond (m ³ /s)	59
Caractéristiques principales de la prise d'eau	Type d'ouvrage de prise	Tour de prise d'eau
	Cote de la prise d'eau (NGA)	937.30, 930.10, 913.30 (Ø1000)
	Débit installé de l'ouvrage de prise d'eau (m ³ /s)	1
Données principales sur la phase d'étude et de construction du barrage	Bureau d'Etudes	SELKHOZPROMEXPORT ex URSS
	Entreprise des travaux	COSIDER-Algerie
	Année de construction / Année de mise en service	1990/1995
	Reconstruction du barrage par rapport à la construction initiale	/
	Années de reconstructions réalisées	/

Conditions hydrologiques et météorologiques (crues, débits moyens et variations annuelles, apports solides, agressivité de l'eau, vent, température).

Crues : Le 16 Aout 2002 l'ouvrage a subi une crue importante. Le plans d'eau avait atteint la cote 942,70, soit 20 Cm au dessus du PHE de projet. Le débit maximal évacué au cours de la crue de 2002 (cote 942,70) est de l'ordre de : 900 m³/s.

- les crues de différentes périodes de retour calculées par la méthode de l'hydrogramme unitaire avec des différentes hypothèses pour l'estimation du temps de concentration du bassin.

d'après l'évolution du plans d'eau constatée pendant la crue de 16 Aout 2002 et d'après les relevés, le plans d'eau aurait dépassé la cote des plus hautes en eaux de projet, ainsi que la courbe de tarage de l'évacuateur de crue et la courbe hauteur-capacité de la retenue, le débit de pointe entrant de la crue d'aout 2002 est de l'ordre de 2500 m³/s ; Débit supérieur à la crue décennale de projet. Cette crue se caractérise par sa courte durée et un temps de montée très bref égal à 3 heures environ.

débits moyens et variations annuelles :

Période de retour (ans)	Débit max (m ³ /s)	Volume (Mm ³)
10	534	8,6
100	1381	21,9
1000	2275	36,1

Le débit de pointe entrant pendant la crue d'aout 2002 est de l'ordre de 2500 m³/s, débit supérieur à la crue décennale de projet.

La crue se caractérise par sa courte durée et un temps de montée très bref égale à trois heures environ.

Le volume de la crue est de l'ordre de 31,7 Mm³. Ramené à la surface du bassin versant (557 km²), ce volume correspondant a un ruissellement de 55,70 mm.

D'après les valeurs de ce tableau la crue d'aout 2002 aurait une période de retour légèrement supérieur à 1000 ans, à la fois en débit et en volume.

Apports solides : la turbidité moyenne annuelle pour la période d'observation était de 28 kg/m³ variant en certaines années de 11 kg/m³ (1973 - 1974) jusqu'à 56 kg/m³ (1977 - 1978).

Le transport en suspension de l'oued El-Arab au droit du site du Barrage est adopté de 28 kg/m³ soit 0,546 x 10⁶ t/an, le transport charrié - 0,136 x 10⁶ t/an et le transport solide cumulé - 0,682 10⁶ t/an.

agressivité de l'eau : Les eaux ne sont pas agressives pour le béton.

La température : La région se rapporte à la zone aride et se caractérise par les hautes températures de l'air, faible précipitation et une forte évaporation.

La température moyenne interannuel de l'air varie de 14,0° C au nord à 21,7° C au sud .

Le mois le plus froid est janvier dont la température moyenne est dans les limites de 5,2 à 11,7° C. mais dans certaines années la température tombe jusqu'à - 4°.

le mois le plus chaud est juillet dont la température moyenne est entre 25,5 et 33,4°C.

les température extrême enregistrées certaines année, peuvent atteindre 49,2° C.

Le vent : dans la région envisagée les vents dominants sont ceux sud-ouest et ouest la vitesse maximale moyenne et de 29 m/s mais elle peut atteindre 58 m/s.

Caractéristiques techniques**Paramètres hydrométriques :**

Affluents : Oued labiad

Capacité hydrique : **41 HM³**Volume régularisable : 12 HM³/ANVolume mort : **16.60 hm³**Volume total : **41.00 hm³**Volume normal : **34.292 hm³**Volume Actuel : 36.940 hm³ (en Mois de Novembre 2015)Taux de Remplissage : **97,19 %** .Volume de plus hautes eaux :/.....hm³Superficie du bassin versent : **520 km²**Longueur du talweg principal :/.....km²Apport liquide moyen annuel : **20 hm³/an**Envasement annuelle : **0.682 m²/an**

Digue en terre homogène : avec tapie drainant et prisme aval.

Hauteur du barrage : **37 m**Longueur de la crête : **673 m**Volume du remblai de la digue :/..... m³Capacité totale de la retenue d'eau la NNR :/..... m³Superficie en hectare : **378 Has**Pluviométrie : **250 m m/AN**Profondeur : **33 m**A la cote maximale : **33 m**A la cote minimal : **10.9 m**

Apporte annule moyen de l'Oued au niveau du barrage :/.....

Profondeur maximale :/.....

Hauteur de l'eau :/.....

Maximale:/.....

minimale :/.....

Degré d'envasement : 16.6 %

Qualité de l'eau : **BONNE**

Zone de régions traversées à l'amont du barrage :/.....

Caractères géographique :

Pente :/.....

Météorologie :

Ciment :/.....

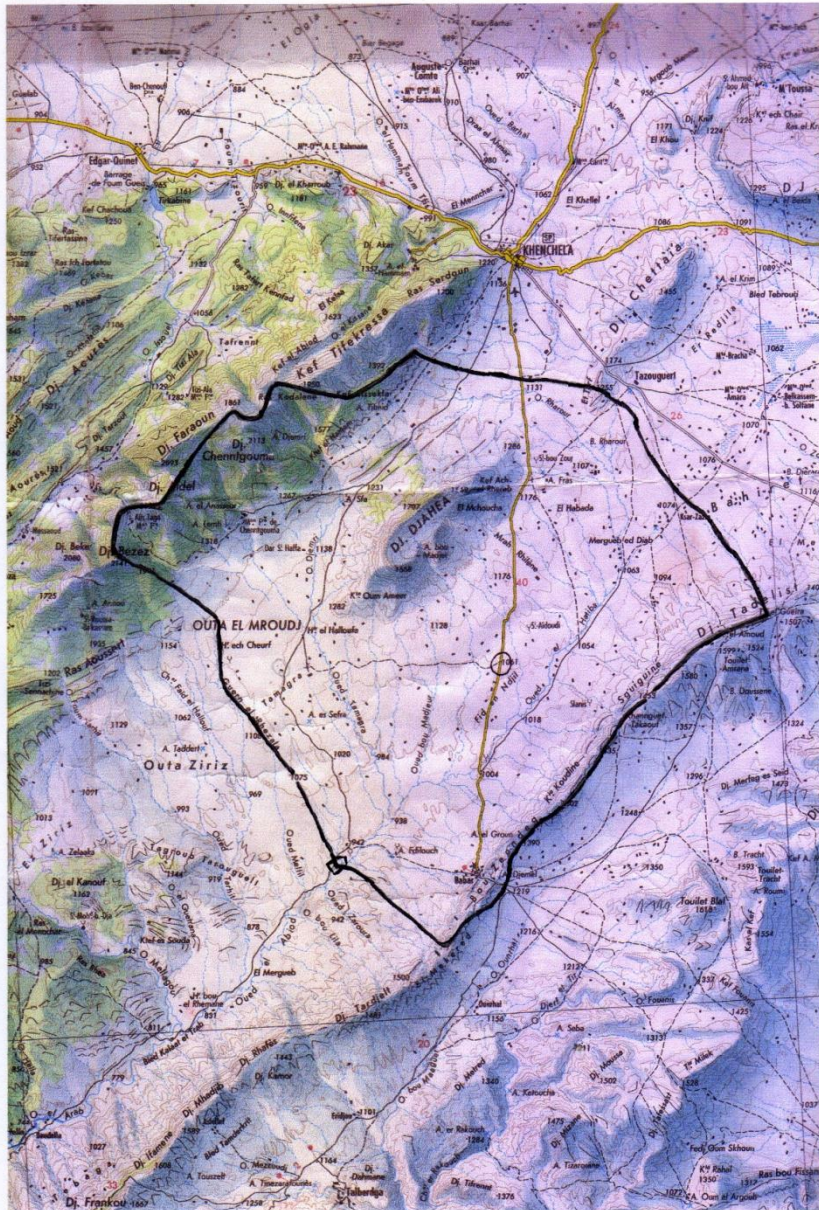
Température : Supérieure : 45 C°

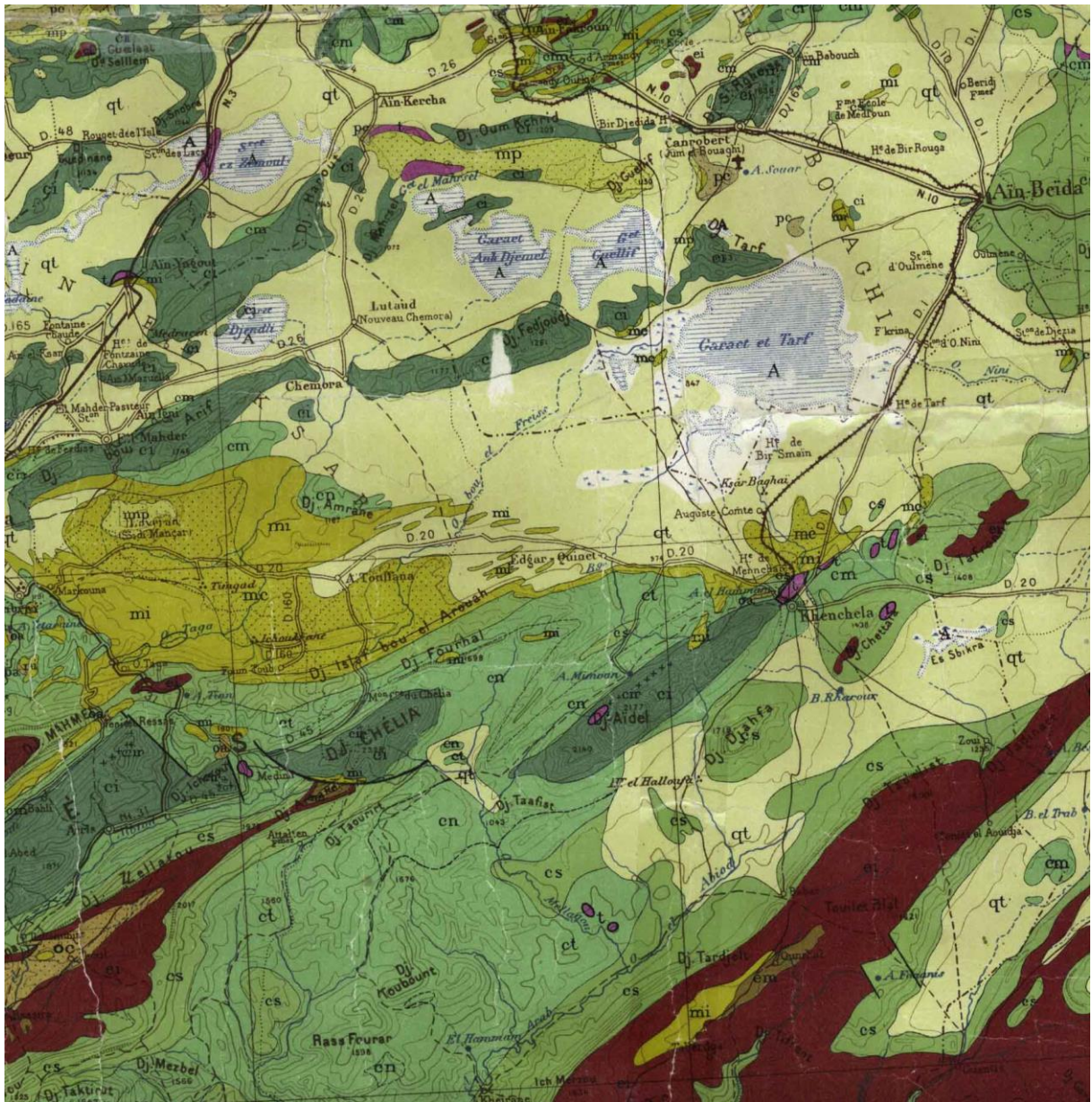
Inférieure : 05 C°

Pluviométrie : 250 mm/AN

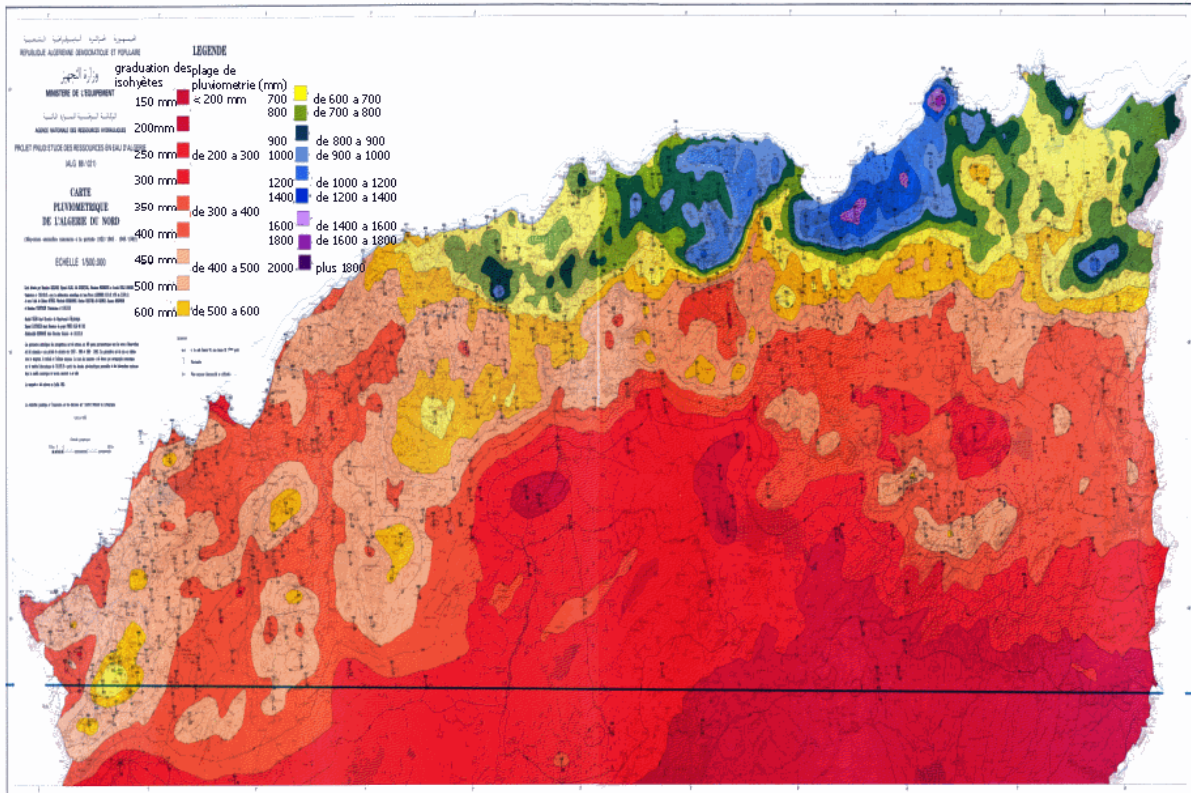
Annexe

ANNEXE 03 : les carte (source DHW)

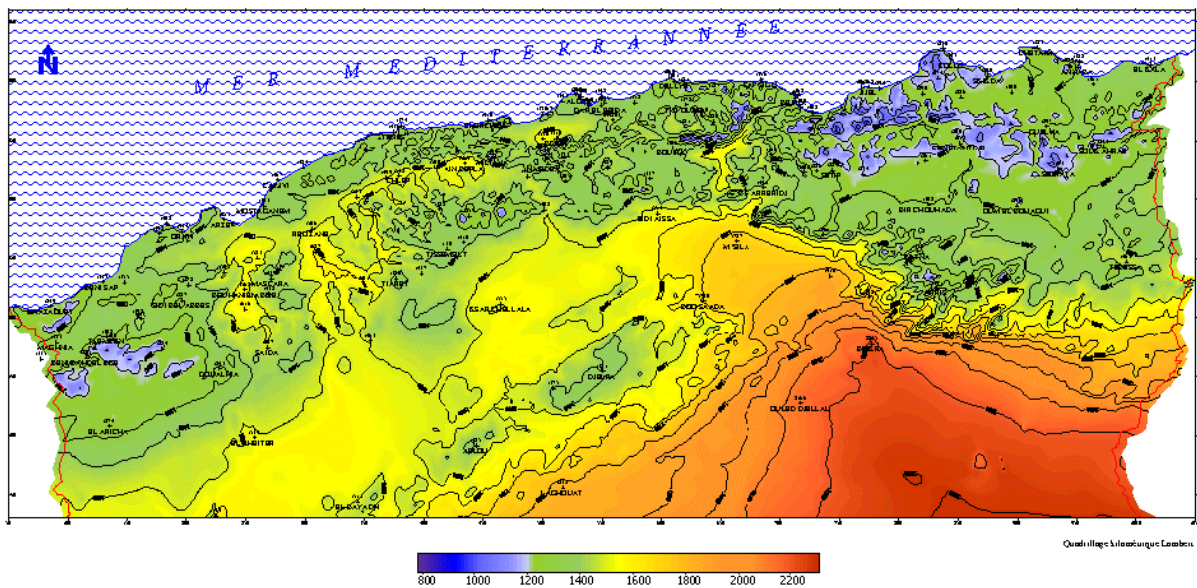




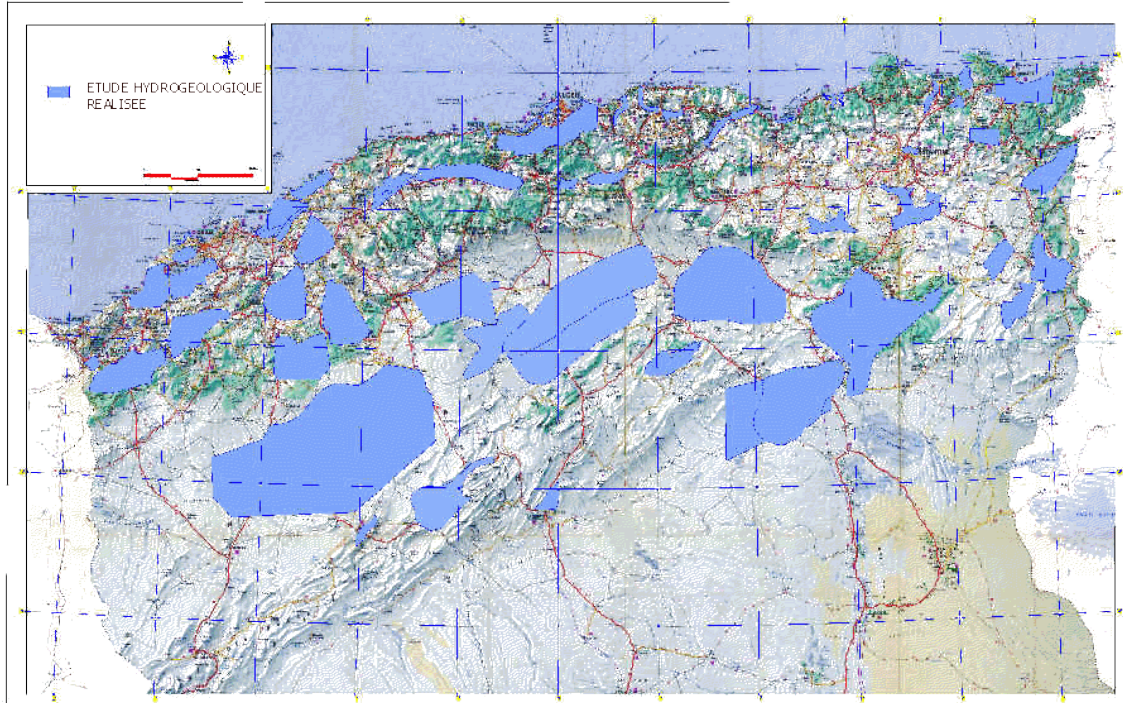




Carte des évapotranspirations potentielles moyennes annuelles sur l'Algérie du Nord

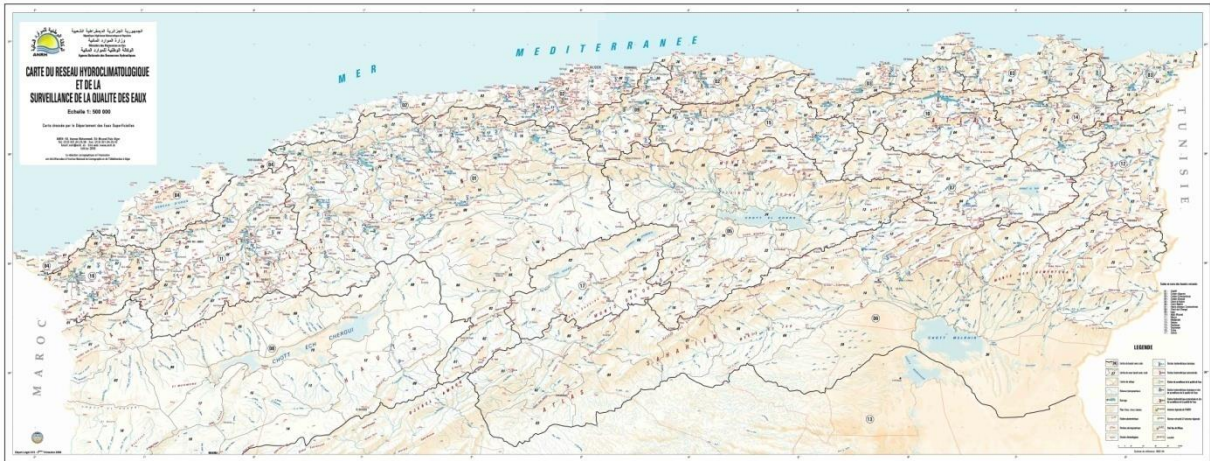


CARTE DE LOCALISATION DES ETUDES HYDROGEOLOGIQUES

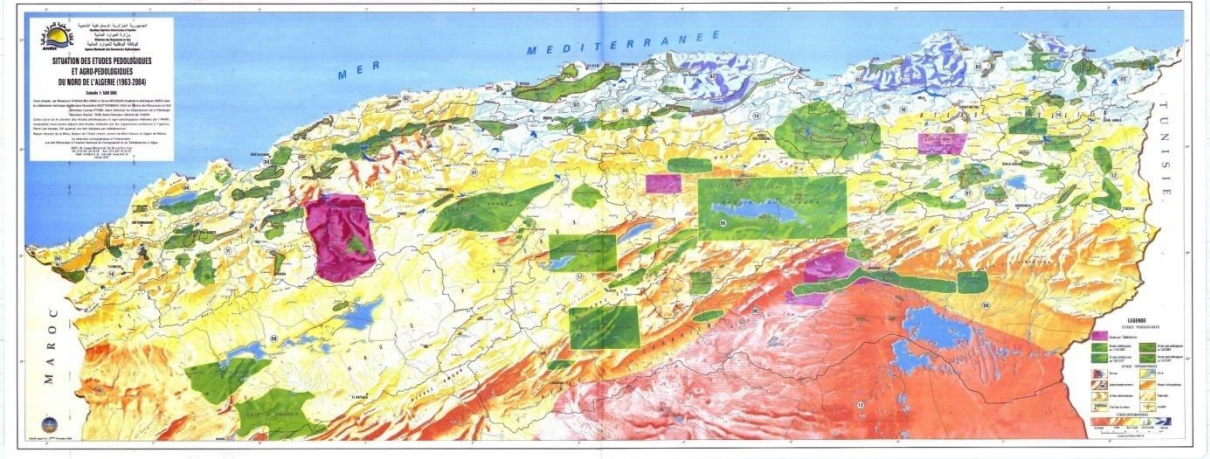


Annexe

CARTE DU RESEAU HYDROCLIMATOLOGIQUE ET DE LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX



SITUATION DES ETUDES PEDOLOGIQUES ET AGRO-PEDOLOGIQUES DU NORD DE L'ALGERIE (1963-2004)



CARTE DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES
Campagne de mesures année : 2001





