

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Spécialité Microbiologie fondamentale



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

*Etude Comparative de La Flore des Diatomées des
Eaux Douces de deux Régions d'Algérie Bejaïa,
Sétif*

Présenté par :

Kaced Sonia

&

Guessoum Nour EL Houda

Soutenu le : 22 Septembre

Devant le jury composé de :

M DJOUDI FERHAT

M AMIR NADIR

M BETTACHE AZZEDINE

Président

Encadreur

Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A ma très chère mère KASMI N'Djima

Affable, honorable et aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de la tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon très cher père Kaced Abdelhamid

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes chères sœurs Sabrina, Linda, Melissa, Ines

A mes cousin(e)s Lydia, Tinhinane, Salah

A mon oncle Zahir

A a mon très cher ami Abdelhak et tout ceux qui me sont chers.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

A MA CHERE MERE AOUSSI FARIDA

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A MON CHERE PAPA GUESSOUM ABDELRAHMAN

Mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui sacrifie chaque jour pour me voir réussir, je tiens à te dire que jusqu'à maintenant tes conseils me suit et me guide sur le bon chemin, que dieu te garde et te protège pour nous chère papa.

AUX PERSONNES DONT J'AI BIEN AIME LA PRESENCE DANS CE JOUR

A tous mes frères et mes sœurs, spécifiquement ma sœur khadoudj, qui a toujours été comme une deuxième maman pour moi et mon soutiens dans la vie. À mon prof de spécialité Benchikh d'université de Sétif. Je leurs dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leur conseils, aides et encouragements.

A mes aimables amis et collègues d'études que j'aime et je respecte beaucoup.

Remerciements

Au début tout nous paraissait difficile et inabordable mais tout n'était que du plaisir pour nous arriver à nos fins.

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadreur Mr .Amir.N, pour l'orientation et la confiance qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nous tenons à remercier sincèrement Mr Toumi chef de département de faune et flore cadavérique pour son accueil.

Nos remerciements s'étendent également à Mr Djadouani B pour son aide, et pour ces bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche.

Nous tenons à remercier Mr Haouam M pour son aide et son suivi dans la réalisation de notre travail au niveau du laboratoire.

Nous remercions également Mr Daradja I chef du laboratoire de chimie de l'INCC-GN, ainsi que la direction et les agents du parc Alivava et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Glossaire

1. Introduction.....	1
2. Les Diatomées : Caractères généraux.....	3
2.1.Morphologie générale.....	3
2.2.Classification.....	4
2.3.Cycle de vie et stratégie de reproduction.....	5
2.4.Ecologie des Diatomées.....	6
3. Utilisation des Diatomées en Sciences criminalistiques.....	7
3.1.Diagnostic d'une noyade.....	7
3.2.Physiologie du passage des diatomées dans la circulation sanguine.....	8
3.3.Noyade : Définition et physiopathologie.....	9
4. Autres utilisations des Diatomées.....	10
5. Les Diatomées en tant que bioindicateurs.....	11
5.1.Bioindicateurs de la qualité des eaux.....	12
5.2.Bioindicateurs du réchauffement climatique.....	12
5.3.Bioindicateurs en paléolimnologie.....	13
6. Effets néfastes des Diatomées.....	14

Matériels et Méthodes

1. Présentation des sites de l'étude et du lieu de stage.....	14
1.1.Lieu de stage.....	14
1.2.Sites de l'étude.....	16
1.2.1. Lac Mézaia (Bejaia).....	16
1.2.2. Retenue collinaire Soummar (Sétif).....	16
1.2.3. Retenue collinaire Zaïri (Ouricia), (Sétif).....	17
2. Synthèse climatique des deux régions de l'étude.....	18
3. Matériels et protocoles suivis.....	19
3.1.Matériel et protocole suivi sur terrain.....	19

3.2. Matériel et protocole suivi au laboratoire.....	21
3.2.1. Matériel et produits chimiques utilisés.....	21
3.2.2. Protocole Suivi au laboratoire.....	22
3.2.2.1. Traitement chimique des échantillons d'eau.....	22
3.2.2.2. Décantation/Dilution.....	22
3.2.2.3. Montage et observations.....	22
3.2.2.4. Extraction et traitement des échantillons (briques).....	23

Résultats et discussion

1. Paramètres physicochimiques des eaux étudiées.....	24
2. Identification microscopique des diatomées.....	27
❖ Discussion.....	38
❖ Conclusion générale et perspectives.....	38
Références bibliographiques.....	39
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau I : Planning des prélèvements selon le site, la station, la date et l'heure...	21
Tableau II : Résultats de mesure du ph des échantillons d'eau.....	24
Tableau III : Résultats de mesure de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) des échantillons d'eau.....	26
Tableau IV : Résultats de mesure de la température de l'eau lors des prélèvements.....	27
Tableau V : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées du lac Mézaia.....	28
Tableau VI : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées de la retenue collinaire Soummar.....	30
Tableau VII : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées de la retenue collinaire Zaïri (Ouricia).....	32
Tableau VIII : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées obtenues par grattage de briques.....	34
Tableau IX : Tableau récapitulatif des trois sites de l'étude.....	36

Liste des figures

Figure 1: Contenu cellulaire de <i>Navicula lanceolata</i>	4
Figure 2: - Principe du test de diatomées dans le contexte de la noyade.....	8
Figure 3: Institut nationale de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC/GN).....	15
Figure 4: Lac Mézaia.....	16
Figure 5: Retenue collinaire Soummar.....	17
Figure 6: Retenue collinaire Zaïri (Ouricia).....	18
Figure 7: Préparation du matériel de prélèvement.....	19
Figure 8: Protocole de prélèvement des échantillons.....	20
Figure 09: Images montrant une brique avant et après son dépôt dans le lac.....	24
Figure 10: Variations du ph durant la période de l'étude dans les sites de l'étude.....	25
Figure 11: Variations de la conductivité des échantillons d'eau.....	26
Figure 12: Variations de la température de l'eau.....	27
Figure 13: <i>Cymatopleura elliptica</i> sous microscope optique G*100.....	28

Glossaire

Eau douce : eau dont la salinité faible permet sa consommation.

Noyade : asphyxie par inondation des voies respiratoires, causée par la submersion ou l'immersion

Submersion : renvoie à un corps entier plongé dans du liquide

Diatomé : algue monocellulaire brune du groupe des Chrysophycophytes

Botaniste : scientifique de haut niveau spécialiste de la biologie végétale

Frustule : coque entourant certaines diatomées

Raphé : une couture ou une crête sur les diatomées ou les graines.

Silice : La silice est la forme naturelle du dioxyde de silicium (SiO_2) qui entre dans la composition de nombreux minéraux.

Phytoplancton : plancton végétal, c'est-à-dire l'ensemble des organismes végétaux vivant en suspension dans l'eau.

Spore : cellule ou plus rarement une formation pluricellulaire reproductive (elle donne un nouvel individu par reproduction asexuée ou sexuée).

Fluctuations : mouvement de variation à la hausse ou à la baisse par rapport à un axe de référence.

Algue : organismes vivants capables de photosynthèse oxygénique dont le cycle de vie se déroule généralement en milieu aquatique.

Bioindicateur : un organisme (espèce végétale, fongique, animale ou bactérienne) ou un groupe d'organismes dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques écologiques (c'est-à-dire physico-chimiques, pédologiques, microclimatiques, biologiques ou fonctionnelle) d'un écosystème ou sur l'incidence de modifications naturelles (par exemple, épisode de sécheresse) ou provoquées (par exemple, pollution chimique)

Diatomé fossile : sédiment siliceux résultant de l'accumulation de frustules fossiles de diatomées et aussi appelée diatomite.

Résumé

Lorsqu'un corps est découvert dans un milieu aquatique d'eau douce, il est important de déterminer si la personne s'est noyée ou bien elle a été victime d'un crime puis jetée dans le milieu de découverte du corps. Pour ce faire, le médecin légiste cherchera à déterminer les circonstances de la mort et à trouver des indices sur la cause de la mort, c'est-à-dire faire un diagnostic de la noyade en se basant sur la technique des diatomées.

Les diatomées sont des algues brunes vivant en eaux douces comme en eaux salées et présentes dans toutes les mers du monde. Elles peuvent être libres ou fixées sur d'autres algues, à des plantes submergées ou des rochers, elles sont de très bons bioindicateurs dans différents domaines.

Notre étude a été réalisée dans deux régions d'Algérie, Bejaia (lac Mezaia) et Setif (Retenues collinaires Soummar/Zaïri(Ouricia)) où nous avons effectué une série de prélèvements et une étude supplémentaire sur des briques déposées dans les sites de l'étude, durant une période d'un mois et demi. Dans le but de l'identification de la flore diatomique, nos prélèvements ont été traités et observés au niveau du département de Faune et Flore Cadavérique de l'INCC-GN.

- **Mots clés :** diatomée-eau douce-Faune et flore cadavérique-noyade-Algues brunes-bioindicateur-flore diatomique.

Abstract

When a body is discovered in a freshwater environment, it is important to determine whether the person drowned or was the victim of a crime and then dumped in the environment where the body was found. To do this, the forensic scientist will try to determine the circumstances of the death and find clues to the cause of death, i.e., make a diagnosis of drowning based on the diatom technique.

Diatoms are brown algae living in fresh and salt water and present in all seas of the world. They can be free or attached to other algae, submerged plants or rocks, they are very good bioindicators in different areas.

Our study was carried out in two regions of Algeria, Bejaia (Lake Mezaia) and Setif (Soummar/Zaïri(Ouricia)) where we carried out a series of samples and an additional study on bricks deposited in the study sites, during a period of one and a half month. For the identification of the diatomic flora, our samples were treated and observed at the level of the department of Fauna and Flora of the INCC-GN.

- **Keywords:** diatoms-freshwater-cadaveric fauna and flora-brown algae-bioindicator-diatomic flora.

1. Introduction

Lorsqu'un corps est découvert dans un milieu aquatique d'eau douce, il est important de déterminer si la personne s'est noyée ou bien elle a été victime d'un crime puis jetée dans le milieu de découverte du corps. Pour ce faire le médecin légiste cherchera à déterminer les circonstances de la mort et de trouver des indices sur la cause de la mort, c'est-à-dire faire un diagnostic de la noyade. Cette démarche est très complexe du fait de l'absence de signes pathognomoniques, c'est-à-dire de signes caractéristiques permettant de poser un diagnostic sans hésitation. De plus, la putréfaction du corps de la victime lors d'une longue période de submersion rend les enquêtes encore plus difficiles.

Ayant conscience de cette difficulté, nous avons cherché à connaître les techniques et les examens complémentaires employés par les médecins légistes, pour surmonter ces difficultés et pouvoir poser un diagnostic efficace de la noyade. Il ressort que la méthode des diatomées est la plus efficace et la plus fiable pour diagnostiquer la cause, le lieu du décès voire le délai quand celle-ci est bien conduite (LAHOUEL et Belhadj 2019).

Selon Lavoie et Saulnier (1995) , les diatomées vivent en suspension dans l'eau ou attachées au fond des rivières, des lacs et des océans. La couleur des pigments photosynthétiques des diatomées vivantes, va du brun doré au brun foncé en passant par le brun olive. Elles sont caractérisées par un aspect typiquement mucöide d'une colonie. Elles sont considérées par SECKBACH et KOCIOLEK (2011), comme un indice de leur présence. Les endroits qui renferment le plus de diatomées sont les eaux douces comme les cours d'eau ou les lacs, les eaux saumâtres et marines et les sites fossiles. Les premières recherches sur la flore diatomique en Algérie sont développées par Montagne et Ehrenberg (Nehar et Hadjadj, 2015). 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. Notre mémoire portera sur l'étude de la flore des diatomées dans les eaux douce des deux régions d'Algérie Bejaia et Sétif, afin d'identifier le maximum d'espèces de diatomées et d'aider les enquêteurs à établir un meilleur diagnostic de la noyade. Il a été réalisé en collaboration avec l'institut national de criminologie et de criminalistique de la gendarmerie nationale.

La présente étude est conçue pour répondre aux objectifs suivants :

- Identification de la flore des diatomées présente dans les deux régions d'Algérie d'eau douce, à différentes profondeurs, dans les deux régions d'Algérie (Bejaia et Sétif).
- Comparaison de la flore des diatomées de la région de Bejaia et Sétif.
- Initiation d'une base de données de la flore de diatomées présentes à Bejaia et Sétif.

2. Les Diatomées : Caractères généraux

2.1. Morphologie et éléments de Biologie générale

Les Diatomées, encore appelées Diatomophycées ou Bacillariophycées sont définies par les botanistes comme des algues brunes dont les proliférations sont aisément reconnaissables à la coloration brun foncé que prend le support colonisé, cette coloration brune est due à des pigments particuliers, les xanthophylles dont le plus connu est la fucoxanthine ainsi qu'à des chlorophylles a et c. Elles sont principalement unicellulaires et solitaires mais peuvent former des colonies rubanées, étoilées ou filamenteuses (Rumeau et Coste 1988).

La taille des diatomées varie de quelques micromètres pour les petites, jusqu'à plus de 500 micromètres (0.5 millimètre) pour les plus grandes, elles sont caractérisées par la présence d'un squelette externe siliceux (SiO_2) appelé frustule, à l'intérieur duquel se trouve le contenu cellulaire (figure 1). Le frustule est composé de deux valves s'emboîtant l'une dans l'autre, à la façon de petites boîtes de vitres microscopiques ((Lavoie et Saulnier-Talbot 1995), aussi appelées boîtes de fromage, le couvercle portant le nom d'épivalve et le fond celui d'hypovalve. Chaque valve est prolongée d'une ou plusieurs ceintures connectives (Rumeau et Coste 1988).

Guillou et al. (1999) ; Round et Crawford (1981), suggèrent que les premières diatomées avaient été dépourvues de frustule, le processus de silicification aurait été acquis spécifiquement et conservé au cours de l'évolution ce qui aurait conféré des avantages écologiques majeurs.

En se basant sur la morphologie du frustule, les diatomées sont classées en deux types principaux, celui des centrales et celui des pennales. Il existe chez les Diatomées des ornements propres à chaque espèce, à titre d'exemple ; chez les pennales, les ornements des valves sont souvent disposés comme les dents d'un peigne (d'où leur nom), tandis que chez les centrales ils sont souvent radiaux. Selon sa position, une Diatomée est vue soit de dessus (vue valvaire) soit de côté (vue connective) sous microscope.

Le microscope électronique a permis de constater que ces ornements qui apparaissent comme des stries, des perles ou une dentelle, correspondent en fait à des aréoles. A partir des deux formes de base soit à symétrie radiale, soit bilatérale, on peut constater une extrême diversité de variantes (forme en cylindre ou en disque pour les centrales ou des formes en croissant, en baguette ou en S pour les pennales), ces variations peuvent être si importantes qu'elles masquent plus ou moins la morphologie de base (Loir 2004).

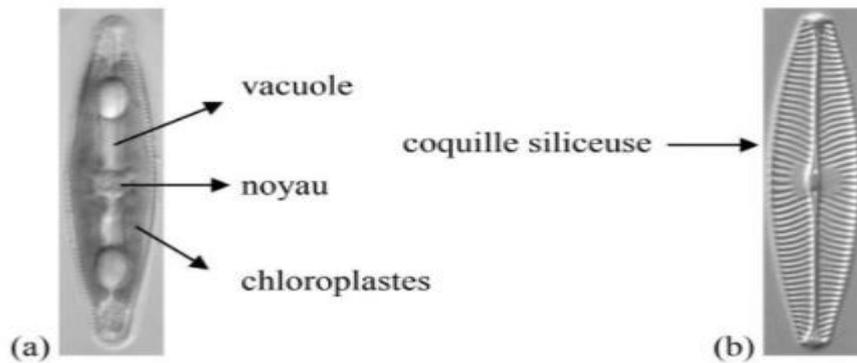


Figure 1: Contenu cellulaire de *Navicula lanceolata*

(a) *Navicula lanceolata* avec contenu cellulaire (Lavoie et Saulnier-Talbot 1995)

(b) *Navicula lanceolata* sans contenu cellulaire.

2.2. Classification

Dans son essai de la classification (Petit 1876), suggère que lorsqu'on veut classer les diatomées il se présente une assez grande difficulté, car chaque auteur a sa classification. Actuellement, le système de classification le plus récent est celui de Round et *al*, datant des années 1980-1990, ce dernier distingue 03 classes au sein des diatomées qu'il subdivise en 11 sous classes, 45 ordres, plus de 90 familles et quelques 292 genres ; précisant que cette classification est provisoire. Cependant le système de classification suivit par la plupart des auteurs repose sur la forme extérieure des frustules et des valves, présence ou absence de nodule sur la face des valves ou encore sur la végétation des Diatomées. Selon l'estimation des biologistes, il existe plus de 200.000 espèces de diatomées (Benjira 2019).

En règle générale, les diatomées sont divisées en deux grandes classes, les diatomées centrales ou centriques (ordre des Biddulphiales), le frustule a la forme soit d'un disque plus ou moins épais, soit d'un tube, cylindrique ou non ; sa symétrie est radiale et les diatomées dites pennales ou pennées (ordre des Bacillariales), le frustule est plus ou moins allongé et possède généralement une symétrie bilatérale. (fig.3). Chez beaucoup d'espèces pennées, les deux valves ou une seule, sont parcourues en leur milieu, par une fente étroite nommée le raphé. Cette fente est interrompue en son milieu par un épaississement siliceux. Le raphé permet une communication avec le milieu extérieur et l'excrétion de mucilage. Si le raphé est atrophié ou peu marqué, on parle de pseudo-raphé. Les pennales sans raphé, sont aussi appelées diatomées araphidées ou crypto-raphidées (Loir 2004).

En 1998, le programme européen MAST a financé un projet pilote sous le nom d'ADIAC (Automatic Diatom Identification and Classification) dans le but de classer les diatomées,

et aussi de développer des algorithmes de traitement d'images complètement non-supervisés. Ces algorithmes s'appuient sur des caractéristiques visuelles de l'image comme la forme du frustule et les ornements des valves. La base de données du projet ADIAC contient environ 3400 images de diatomées (Benjira 2019).

2.3. Cycle de vie et stratégie de reproduction

Selon Claudon (2007), Lorsque les conditions sont favorables, une diatomée se divise pour se reproduire. Les deux nouvelles diatomées sont plus petites et de formes différentes de la cellule mère. Mais les études de Loir (2004), suggèrent plutôt que lors de la reproduction végétative, chaque nouvelle thèque des deux cellules filles étant une hypothèque, une des cellules filles est plus petite que la cellule mère. Ce fait a pour conséquence une diminution progressive de la taille des générations successives. Comme de nombreux organismes phytoplanctoniques, le cycle de vie des diatomées comprend deux stades principaux : un stade végétatif, où la diatomée est diploïde et se reproduit par mitose, (reproduction asexuée) et un stade relativement court de reproduction sexuée (Bottin 2012).

La reproduction a lieu le plus souvent par multiplication végétative chaque cellule donnant naissance à deux cellules filles par écartement des deux valves et régénération de la valve manquante par dépôt de silice hydratée. Ce type de division entraîne une diminution régulière de la taille des individus. La reproduction sexuée intervient lorsque la taille minimale des valves est atteinte et permet de restituer des individus de taille normale. Les modalités de cette reproduction sexuée varient chez les Centriques et les Pennales (Rumeau et Coste 1988).

Les Diatomées sont capables de se mettre dans un état de dormance en produisant des cellules dormantes qui ressemblent soit à la cellule végétative soit à des spores, leurs permettant ainsi de survivre aux conditions défavorables à leur développement, tel que les variations de luminosité, de pH, de salinité ou encore la présence de virus ; à noter que L'auxosporulation ou production d'auxospore (œuf) est la forme la plus fréquemment observée (Bottin 2012).

2.4. Ecologie 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 (BUSSARD 2015). Les diatomées colonisent tous les milieux aquatiques. À l'exception des plus chauds et des plus salés (hypersalins), de plus Les variations saisonnières et annuelles des conditions du milieu, déterminent les fluctuations des populations de diatomées (Bertrand Ludes et Coste 1996).

Que ce soit en eau douce, en eau saumâtre ou salée, des diatomées vivent en suspension dans le milieu liquide et sont dites planctoniques, tandis que d'autres vivent sur le fond ou sur des supports variés et sont dites benthiques (du grec benthos «fond de la mer»). Elles constituent souvent, notamment par la masse qu'elles représentent, le groupe d'algues le plus important du phytoplancton marin (Loir 2004).

Loir (2004), mesure la présence d'une espèce de diatomée dans un milieu aquatique en fonction de plusieurs paramètres physico-chimiques. Outre l'intensité lumineuse et la présence des composants minéraux qui sont nécessaires à ces algues, ce sont notamment la température, la concentration en oxygène, le PH, la concentration en matière organique et la salinité. La température agit directement en régulant le métabolisme cellulaire et indirectement en modifiant la solubilité de divers composants chimiques, ainsi que l'oxygénation du milieu. Les variations saisonnières et annuelles de la lumière, de la température et des caractéristiques chimiques et physiques de l'eau, déterminent l'importance et la composition des peuplements de diatomées. Mais celles-ci dépendent aussi de l'activité des animaux herbivores (en mer : crustacés du plancton, et en eau douce : invertébrés « brouteurs ») qui en consomment une quantité plus ou moins importante.

Il existe selon Doghri (2015), des interactions entre diatomées et bactéries, elles cohabitent depuis plus de 200 millions d'années, cette cohabitation a favorisé des interactions entre les deux espèces, celles-ci ne sont pas toujours bénéfiques aux deux parties. Les bactéries peuvent produire des composés qui inhibent ou stoppent la croissance des diatomées et inversement.

3. Utilisation des Diatomées en sciences criminalistiques

3.1. Diagnostic d'une noyade

Lorsqu'une personne se noie, l'eau, et les diatomées qui s'y trouvent, pénètrent dans le système sanguin et se rendent aux organes et même jusque dans la moelle osseuse (Lavoie et Saulnier, 1995), selon (Peabody 1980), La présence de diatomées aquatiques dans un cadavre a longtemps été retenue par certains comme un indicateur clair de la mort par noyade.

Dans leur travail (Lavoie et Saulnier, 1995), suggèrent que dans les cas de noyades soupçonnées, lorsque les Diatomées sont absentes dans les tissus du cadavre la mort n'est probablement pas causée par la noyade, vu que la personne doit avoir respiré de l'eau pour qu'il y ait transport de diatomées des poumons vers le système sanguin. Les diatomées peuvent donc aider à élucider bien des mystères entourant les corps retrouvés, et ce, même à des degrés de dégradation avancés puisqu'elles peuvent être conservées dans le squelette.

Ludes et *al* (1995), suggèrent que la recherche des Diatomées dans le diagnostic de noyade est controversée depuis sa description, car ces algues ont également été retrouvées par certains auteurs chez des sujets témoins. (Spitz 1963) a également soulevé des questions sur l'apparition de résultats faussement positifs ; Selon ce dernier étant presque omniprésentes, des diatomées peuvent être trouvées dans les tissus de la matière décédée pour des causes autres que la noyade.

Actuellement, malgré ces réserves et grâce aux différentes techniques utilisées pour l'extraction des Diatomées à partir des tissus pulmonaire, rénal, cérébral et hépatique par digestion acide ou digestion enzymatique, ils accordent une crédibilité certaine à cette recherche, à la seule condition que la composition microfloristique de l'eau et celle des tissus correspondent. Ainsi la mise en évidence de Diatomées en nombre suffisant dans les autres organes que le poumon peut être indicatrice de noyade Ludes et *al* (1995).

D'autres aspects vraiment intéressants décrits par (Singh et Kaur 2013), sont liés à la variation mensuelle de la concentration des frustules de diatomées dans l'eau, ainsi qu'à la variation des diatomées dans la répartition des espèces et des genres au cours de la saison, aspect encore mal compris mais potentiellement d'un grand intérêt médico-légal.

Le test de diatomées est un test de dépistage direct pour la noyade, grâce à quoi ; la présence de diatomées peut être vérifiée et analysée à la fois quantitativement et

qualitativement. Cela peut conduire non seulement à une détermination plus directe de la cause du décès, mais il peut également aider à repérer le site d'une noyade présumée (Singh et Kaur 2013; LAHOUEL et Belhadj 2019).

3.2. Physiologie du passage des Diatomées dans la circulation sanguine

Le «test des diatomées» repose sur l'hypothèse selon laquelle, lors de la noyade, le milieu de noyade (eau inhalée), qui contient des diatomées, atteint les poumons et les pénètre jusqu'à la barrière alvéolaire-capillaire entrant dans la circulation veineuse pulmonaire. Les diatomées sont par conséquent disséminées par le biais de la circulation sanguine à des organes fermés et des tissus périphériques par exemple (la moelle osseuse) (figure2). La présence de diatomées dans ces organes peut être considérée comme un signe de circulation active lorsque l'eau atteint les poumons et, ensuite, l'indication de l'inhalation d'eau en ante mortem (Michael S. Pollanen 1998).

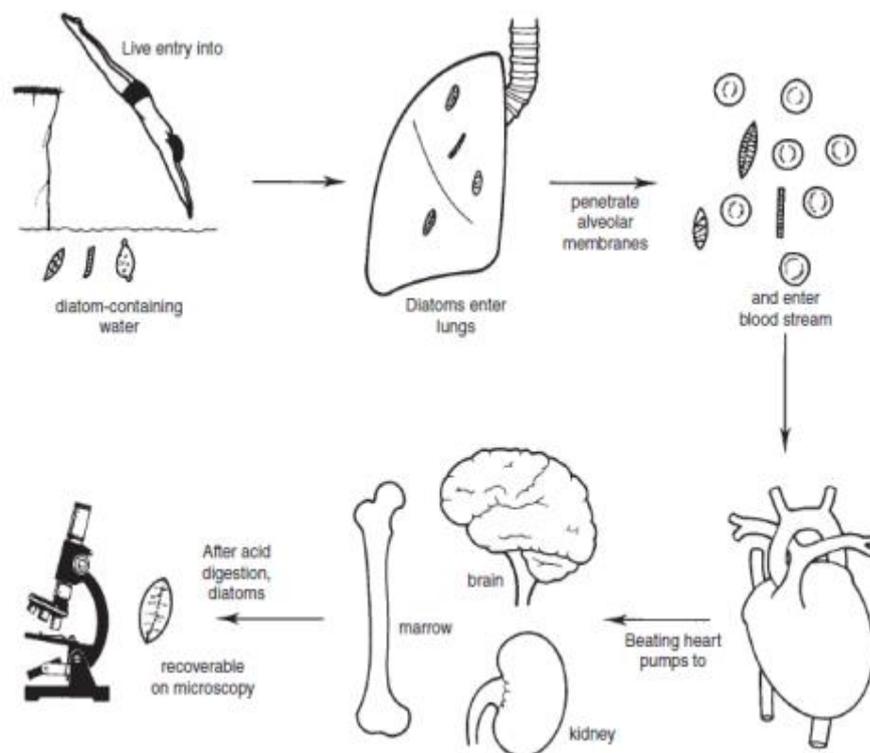


Figure 2: Principe du test de diatomées dans le contexte de la noyade, d'après (Byard 2018).

On estime que seules les diatomées de taille inférieure à 30 µm sont capables d'effectuer le passage précité à travers la paroi alvéolaire, en entrant dans le système circulatoire permettant sa distribution à tous les organes, il est donc prévu de détecter les diatomées dans presque tous les tissus, du tissu pulmonaire à la moelle osseuse. En fait, seules quelques diatomées vivantes atteignent le système circulatoire et plus tard les organes, mais la plupart des individus qui y arrivent ne sont que des frustules siliciques capables de résister au mucus dans le système respiratoire. Le nombre de frustules trouvés diminue à mesure que le réseau de vaisseaux et d'organes progresse, avec une fréquence plus élevée dans le tissu pulmonaire et plus bas dans les échantillons de tissu de moelle osseuse (Pollanen et al., 1997). À l'inverse, si un cadavre est placé dans l'eau, les diatomées peuvent pénétrer passivement dans l'arbre trachéo-bronchique ; dans ce cas, en raison du manque d'activité cardiaque, les diatomées ne peuvent être transportées et diffusées dans des organes fermés et des tissus périphériques. De cette façon, il est clair qu'une activité cardio-circulatoire efficace, capable de passer la barrière alvéolo-capillaire, doit être considérée comme base logique et scientifique pour le diagnostic de noyade au moyen du test de diatomées (Piette et Els 2006).

3.3. Noyade : Définition et physiopathologie

La noyade peut être définie comme une mort résultant de phénomènes biochimiques liés à la pénétration de liquide provenant du nez et de la bouche inondant l'arbre respiratoire et provoquant une asphyxie par défaut d'oxygénation du sang et des poumons (Gordon 1972). En 2003, un groupe d'experts internationaux a proposé une définition unifiée de la noyade afin de faciliter l'échange d'informations et les études sur le sujet, dans le «style d'Utstein», selon laquelle la noyade se définit comme un processus résultant en une atteinte respiratoire primaire par immersion ou submersion dans un milieu liquide. Ceci implique l'existence d'une interface air-liquide à l'entrée des voies aériennes empêchant la respiration. Le fait que la victime survive ou non à l'épisode ne change pas la définition. Les termes prénoyade, noyade sèche ou humide, noyade secondaire sont abandonnés, ainsi que les termes de noyade active, passive ou silencieuse, remplacés par noyade avec ou sans témoins. Le terme «noyé» se réfère toujours à une personne décédée d'une noyade. L'immersion représente le fait d'être recouvert de liquide. L'immersion de la face ou des voies aériennes seules suffisent à causer la noyade. La submersion représente le fait de plonger le corps entier dans du liquide (Idris et al. 2003).

Les conséquences de la submersion vitale ou noyade relèvent soit d'un accident, soit d'un suicide, soit d'un meurtre (Wiggins et Luke 1970). Au début du processus de noyade, une réaction de panique prononcée empêche la victime d'appeler à l'aide ou de répondre à des appels. Pour se maintenir hors de l'eau, elle adopte une position verticale, de telle manière que ses mouvements de nage n'entraînent plus de déplacement («marche dans l'eau»). Le rachis cervical se trouve alors récliné au maximum afin de maintenir la bouche et le nez hors de l'eau. Si de l'eau pénètre dans les orifices respiratoires, une réaction volontaire d'apnée se produit. Puis, un spasme laryngé bouche l'entrée de la trachée. Au cours de cette phase, de grandes quantités de liquide sont souvent avalées. Face à une hypoxie et une hypercapnie croissantes, la victime perd conscience. Par la suite, des spasmes en extension se produisent. Enfin, les réflexes de protection se relâchent, y compris le spasme laryngé, ce qui permet au liquide de pénétrer dans les poumons dans des proportions variables. L'hypoxie continue d'augmenter jusqu'à la respiration agonique et l'arrêt respiratoire. C'est seulement après que se produisent la bradycardie et l'arrêt circulatoire (Gasse et Tekaia 1983; Hochmeister et *al.*, 2007). Les décès liés à l'eau mais d'une autre origine doivent être distingués de la noyade. Les blessures, les événements vasculaires cérébraux, les infarctus myocardiques, les crises d'asthme ou les crises convulsives généralisées peuvent provoquer une perte de conscience ou d'importantes limitations de la capacité à nager (Kenny et Martin 2011; Bell et al. 2008).

4. Autres utilisations des Diatomées

Les diatomées sont devenues importantes dans plusieurs domaines industriels et scientifiques. En géologie, certaines espèces de diatomées sont des fossiles stratigraphiques intéressants. Leur abondance et leur aire de répartition large permettent d'effectuer des corrélations stratigraphiques entre des régions éloignées (LAHOUEL et Belhadj 2019).

La diatomite peut se révéler propice à la conservation de fossiles. Les diatomites lacustres miocènes fournissent ainsi des fossiles de feuilles très bien conservés. En aquaculture, la mytiliculture (culture de mollusques), l'ostréiculture (culture des huîtres fertilisées) et les écloséries (de diverses espèces d'intérêt commercial tel que bivalves, ormeaux, holothuries, crevettes et crabes) utilisent les diatomées comme source de nourriture (LAHOUEL et Belhadj 2019).

Dans le domaine de la biotechnologie et de l'industrie pharmaceutique, certaines espèces de diatomées sont utilisées pour produire des substances à activités antibiotiques, anti

tumorales (*Hasleaostrearia* par exemple) et des acides gras essentiels nécessaires aux animaux et aux humains qui ne peuvent pas les produire eux-mêmes. En médecine vétérinaire, la terre de diatomées a été utilisée dans des traitements naturels contre le pou rouge des volailles (*Dermanyssusgallinae*). Cette propriété insecticide de la terre de diatomées est aussi utilisée en droguerie domestique, un poudrage de ce produit formant un barrage aux insectes rampants (LAHOUEL et Belhadj 2019).

Selon Vizinet et de Reviers (1995), ces microalgues peuvent aussi bien être utilisées en cosmétologie. La diatomite, tamisée afin d'obtenir la granulométrie voulue, puis stérilisée, est ajoutée à des crèmes à usage dermatologique externe, ce qui permet, grâce à son caractère abrasif, une élimination des peaux mortes et un peeling des couches superficielles de l'épiderme. Elles ont aussi comme avantage d'être d'origine naturelle, donc d'avoir une bonne image de marque, et, au plan technologique, par rapport au sable, de posséder un pouvoir abrasif plus doux et une structure plus poreuse. De plus, la diatomite possède un certain pouvoir adsorbant qui permet la fixation préférentielle de certaines substances comme, par exemple, le sébum.

Mann (1907) ; Taylor (1929), ont suggéré que la terre de Diatomées peut être utilisée pour tromper la faim, grâce à la caractéristique de leurs frustules siliceux. Taylor précise qu'en cas de famine, les habitants les plus pauvres de certains pays d'Europe, ajoutent de la terre de diatomée à la nourriture, afin d'obtenir l'impression d'avoir l'estomac plein. Taylor (1929), ajoute que ces pratiques pourraient être une des explications à l'usure des dents de mâchoires d'hommes préhistoriques.

5. Les Diatomées en tant que bioindicateurs

La notion de bio-indicateur désigne une espèce ou une population qui, du fait des particularités écologiques des espèces composant l'assemblage, est apte à rendre compte de façon intégrée dans le temps de l'ambiance écologique régnant dans un milieu aquatique et à révéler précocement des modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement. Pratiquement tous les organismes révèlent des informations sur leur environnement, mais certains sont plus utiles pour la surveillance de la qualité des eaux que d'autres (Charles et Smol 1994). Un bio-indicateur approprié doit idéalement présenter les caractéristiques suivantes : Abondance dans le milieu et cosmopolitisme : les organismes sélectionnés doivent permettre une application géographique et temporelle large des techniques de bio-indication. Localisation en début de chaîne alimentaire, c'est-à-dire au plus proche des

transferts de nutriments et d'énergie : les producteurs primaires sont ainsi particulièrement sensibles aux variations environnementales, même légères (Cazaubon 1991).

5.1. Bioindicateurs de la qualité des eaux

D'après Prygiel et *al.*, (1991) , ce sont les Diatomées qui ont fait l'objet de mise au point d'indices d'évaluation du degré de pollution des eaux de rivières. L'utilisation d'indices diatomiques s'est révélée intéressante pour 3 raisons : les Diatomées sont aptes à coloniser tous les milieux aquatiques et subaériens, en particulier les milieux où l'influence humaine est fortement présente, des plus propres aux plus pollués.

Elles sont faciles à échantillonner ; elles possèdent aussi l'avantage d'être des organismes à cycles vitaux très courts, dont la multiplication est rapide, et donc susceptibles d'intégrer de brusques changements physico-chimiques de la qualité des eaux, précise (Vizinet et de Reviere 1995).

Rumeau et Coste (1988), ont indiqué la méthodologie à suivre pour étudier les Diatomées dans le cadre de ces contrôles. L'identification et le dénombrement des cellules permettent de déterminer la qualité des eaux, par application d'indices établis à l'aide d'un classement de nombreux taxons, en fonction de leur sensibilité ou de leur tolérance à la pollution. Round (1991), a souligné quant à lui, les problèmes engendrés par l'utilisation de Diatomées comme indicateurs de la qualité des eaux ; celui-ci remet en cause les études corrélant la présence de certaines espèces avec un type d'eau défini. Il considère en effet qu'il existe peu de travaux relatant la présence d'espèces caractéristiques d'un environnement à caractères chimiques donnés.

5.2. Bioindicateurs de réchauffement climatique

Les diatomées constituent une part importante de la biomasse algale (Sommer et al. 1986; 2012) leur abondance plus forte pendant certaines saisons de l'année joue un rôle clé dans le développement des communautés zooplanctoniques (Winder et Schindler 2004), puis de tous les niveaux trophiques supérieurs (Smol et Stoermer 2010). Elles apparaissent également comme un excellent bioindicateur (Rimet 2012). Les préférences écologiques pour ces différents paramètres des espèces les plus rencontrées sont aujourd'hui très connues. Les diatomées constituent donc un outil très complet pour mettre en évidence la nature des changements dans un écosystème aquatique (Pérez et al. 2013).

Une augmentation sans précédent, au cours du dernier millénaire, de la température de l'air a été observée et, dans le même temps, des changements plus importants dans la composition des communautés de diatomées ont pu être observés dans les lacs tempérés de l'hémisphère nord. Les données indiquent que ces changements se sont produits en même temps que des changements dans la structure et la qualité de l'habitat d'eau douce, qui, à leur tour, sont liés au réchauffement de l'hémisphère (Rühland *et al.*, 2008).

L'étude faite par Berthon (2014), montre que l'évolution du statut trophique des lacs d'Annecy, du Bourget et Léman est le forçage principal de l'évolution des communautés de diatomées, mais son influence diminue au cours des trente dernières années, avec une incidence grandissante du réchauffement climatique et de la gestion piscicole. En effet, les espèces dont l'abondance augmente de façon inattendue lors des trente dernières années ne montrent aucune préférence le long du gradient de concentration en phosphore total. En revanche, si l'abondance des mêmes espèces augmente sur les trois lacs, les causes peuvent différer selon les lacs et si le réchauffement climatique est en cause, son impact peut être direct ou indirect. Selon Camus *et al.*, (2007), les Diatomées fournissent également un lien entre les modifications récentes des aires de répartition de certaines espèces ou de modifications de la biodiversité spécifique et la modification du climat.

Une étude de Coste et Ector (2000), a montré que depuis 20 à 30 ans il y a eu apparition et/ou prolifération dans les cours d'eau français de plusieurs espèces de diatomées, notamment d'origines tropicales ou subtropicales considérées comme de bons indicateurs de l'augmentation de la température de l'eau de surface.

5.3. Bioindicateurs en paléolimnologie

La paléo-limnologie est l'étude des conditions passées dans les systèmes lacustres (Simpson et Birks 2012). Selon la productivité du lac et l'environnement environnant. Les Diatomées sont très utilisées pour les reconstitutions paléoenvironnementales et paléo-océanographiques. Les paléolimnologues utilisent une gamme de proximas dans leurs études. Par exemple, les températures de l'air ou l'acidité (pH) dans le passé ne peuvent pas être mesurées directement à partir des sédiments lacustres. Au lieu de cela, par exemple, les valves de diatomées restantes, mais aussi le pollen, etc., sont analysés et définis par rapport aux changements survenus dans le passé (LAHOUEL et Belhadj 2019).

Il est possible de retrouver les frustules siliceux de diatomées (Battarbee *et al.* 2002) et donc d'utiliser le pouvoir bioindicateur de ces dernières en paléolimnologie. Au cours des

dernières années, de nombreuses études consistent en la reconstruction de l'évolution de propriétés physico-chimiques des lacs par l'élaboration de fonctions de transfert. Ainsi l'évolution des concentrations en nutriments (Marchetto et al. 2004; Bennion et al., 2001), du pH (Gasse et Tekaiia 1983), de la température (Roseacut et al. 2000), a pu être reconstruite dans de nombreux lacs. Ces reconstructions se fondent sur l'évolution des abondances relatives de chaque espèce constituant les communautés et sur leurs préférences écologiques. Plus le nombre d'espèces prises en compte est important et plus les reconstructions obtenues sont robustes (Battarbee et al. 2002).

6. Effets néfastes des Diatomées

De par leur métabolisme ou même la structure de leur frustule, les diatomées peuvent modifier et influencer leur environnement. En effet, certaines diatomées du genre *Pseudo-nitzschia* sont capables de synthétiser, lors de blooms estuariens, une neurotoxine puissante appelée acide domoïque. Cette toxine peut ainsi diminuer la compétitivité des autres espèces partageant la même niche écologique et entraîner des problèmes sanitaires importants (Prince et al., 2013).

Matériels et Méthodes

1. Présentation des sites de l'étude et du lieu de stage

1.1. Lieu de stage

L'Institut national de criminalistique et de criminologie (INCC-GN) de Bouchaoui est en passe de devenir un pôle d'excellence régional et international. C'est un établissement public à caractère administratif, créé par le décret présidentiel n° 04-183 du 26/06/2004. Il est un outil de pointe inspiré des pratiques d'expertise et d'analyses récentes et appuyées par les technologies appropriées. Il a pour mission de servir la justice et de soutenir les unités d'investigation dans l'exercice de la police judiciaire. Il est chargé notamment de :

-Réaliser, à la requête des magistrats, des expertises et des examens scientifiques dans le cadre des enquêtes préliminaires et des informations judiciaires en vue d'établir les preuves permettant d'identifier les auteurs des crimes et délits.

- Réaliser, à la requête des enquêteurs et des autorités habilitées, des expertises, analyses et examens scientifiques relevant de leurs compétences respectives.

- Mettre en œuvre les procédés de la police scientifique et technique visant la collecte et l'analyse des objets, traces et documents prélevés sur les scènes de crimes.
- Assurer une assistance scientifique aux investigations complexes.
- Participer aux études et analyses relatives à la prévention et à la réduction de toute forme de criminalité.
- Participer, en qualité d'organisme prestataire d'examens et d'expertises dans le domaine de la criminologie, à la définition de la politique de lutte contre la criminalité.

Le département de Faune et Flore Cadavérique (FFC) de l'INCC/GN, été un simple laboratoire faisant partie du département de médecine légale jusqu'à sa création officielle en 2018. Il couvre l'ensemble des domaines d'expertise liés à la présence d'animaux, d'insectes, de diatomées jusqu'aux pollens, avec une première affaire basée sur la technique des Diatomées en 2014, 274 affaires entre 2014 et 2021, et 63 affaires faites en 2021 (INCC-GN).

Notre étude faite à l'INCC-GN a eu comme but principal la maîtrise des techniques de prélèvement et de traitement des échantillons d'eau pour l'isolement et l'identification des diatomées d'eau douce.



Figure 3: Institut nationale de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale (INCC/GN). (Google maps)

1.2. Sites de l'étude

1.2.1. Lac Mézaia (Bejaia)

Le lac de Mézaia est une importante zone humide au cœur de la ville de Bejaia dotée d'une richesse faunistique et floristique, elle constitue un refuge pour plusieurs espèces. Elle se situe à l'intérieur du parc d'attraction de la ville et au centre d'un milieu urbain, ce milieu est étouffé par une urbanisation mal réfléchiée et dégradée ajoutant à cela une pollution due à l'absence de la conscience de préservation et l'éducation à l'environnement. Le lac connaît un important apport en eaux de pluie durant l'année surtout pendant la période froide, sauf en été où le lac connaît une baisse de son niveau d'eau due à l'évaporation de cette dernière. La profondeur de l'eau du lac varie entre 0.5 et 18m et il est relativement plat, la faune se compose de 3 842 espèces dont : 6 espèces de mammifères 152 espèces d'oiseaux 11 espèces des reptiles 04 espèces des amphibiens, tandis que la flore comporte 528 espèces dont : - 165 plantes médicinales - 06 espèces protégées - 34 champignons - 50 lichens (Boudjema et Masrouf 2017).



Figure 4: Lac Mézaia (image personnelle 2021).

1.2.2. Retenue collinaire Soummar (Sétif)

La retenue collinaire Soummar est située à 10 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Sétif, d'une superficie de 42 ha et d'une longueur de 05 Km. elle est située entre le Mont de Hodna au sud et les montagnes de Kabylie au nord. Cette petite retenue, principalement alimentée par les eaux pluviales et les ruisseaux, est utilisée essentiellement pour l'irrigation des cultures. Elle peut être l'objet d'usages secondaires. Le climat de la retenue

collinaire Soummar est du type continental, avec une amplitude thermique de 35,73 .La ville la plus proche est celle d'Ain-Arnat située au nord du site a 2 km, elle se localise juste à côté de l'autoroute est-West ; à gauche dans la destination vers Alger. La zone d'étude est située entre les parallèles : 36° 09' 20 '' et 36° 15' N et entre les méridiens : 5° 15' 45'' et 5° 19' 45'' E. La pluviométrie moyenne ne dépasse pas 400 mm sur l'ensemble du bassin. Le mois le plus froid est le mois de janvier avec 0,33°C et le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une température maximale de 35,4°C. L'irrigation permet aux agriculteurs d'assurer les rendements et La disponibilité de leurs produits et répondre ainsi aux exigences de qualité de l'industrie agroalimentaire (BOULAHLIB 2017).



Figure 5: Retenue collinaire Soummar (image personnelle 2021).

1.2.3. Retenue collinaire Zaïri (Ouricia)

La Retenue collinaire Zaïri (Ouricia) Situé dans le Nord-Ouest de la ville de Sétif, à une superficie de 15 ha, dans la commune d'Ouricia, à 15 Km au Nord de Sétif. Cette éclosérie est destinée à la reproduction artificielle de Carpe argentée, grande bouche et d'autres poissons carnassiers. L'éclosérie de l'Ouricia est composée de: Retenue collinaire de 5 hectares, un forage de 80 m. Parmi les espèces végétales recensées on trouve : strate arborescente: *Populus alba* et *Salixbabylonica* (Salicaceae), *Eucalyptus globulus*. (Myrtaceae), *Sophora japonica*. (Fabaceae). Strate herbacée: *Geraniumrobertianum*. (Geraniaceae), *Dahlia sp.* (Asteraceae), *Vicia sativa*, *Trifolium compestre*. (Fabaceae), *Chrysanthemumanethifolium*. (Compositae) (Gourari 2015).



Figure 6: Retenue collinaire Zaïri (Ouricia), (image personnelle 2021).

2. Synthèse climatique des deux régions durant la période de l'étude

Les Prélèvement des échantillons effectués sur terrain ; étaient sous l'influence de plusieurs paramètres météorologiques qu'il fallait prendre en considération. Afin de pouvoir caractériser le climat des deux régions, de nombreux paramètres ont été retenus à savoir température atmosphérique, vent, taux de précipitations, humidité relative et vitesse du vent ainsi que la température de l'eau.

La période qui s'étend entre le mois de Mai et le mois de Juin a Bejaia été caractérisée par un climat tempéré et humide, la température moyenne enregistrée à Bejaia était de 22.5°C, alors que le taux d'humidité était en moyenne de 70.5%, Les précipitations moyennes étaient importantes en mois de Mai (86 mm) et très faibles en mois de Juin (11mm), La vitesse maximale du vent a atteint 14 Km/h.

A Sétif pendant la même période, le climat été aussi tempéré avec une température moyenne 22°C mais beaucoup moins humide avec un taux d'humidité de 56.5% en moyenne. Les précipitations moyennes journalières étaient assez importantes en mois de Mai (160mm) et très faible en juin (24mm). La vitesse maximale du vent a atteint 25km/h (historique-météo).

3. Matériels et protocoles suivis

3.1. Matériel et protocole suivi sur terrain

Pour la réalisation du présent travail sur terrain nous avons eu besoins de bouteilles d'eau de 330ml étiquetées, un thermomètre, un tube de colle, un tuyau transparent d'environ 2m, une bouteille en verre, un manche a ballé et du scotch (utilisé pour les prélèvements de profondeur), des gants chirurgicaux, des briques, une corde d'environ 3m, une barque (lac Mézaia) et d'un appareil photo numérique.

Le matériel de prélèvement a été préparé (figure7) en suivant ces étapes :

- Percer la bouteille en verre pour échantillonnage et y introduire les deux tuyaux.
 - l'un des tuyaux introduit dans le bouchon doit être plus court que l'autre.
 - le long tuyau introduit dans le bouchon doit faire un peu plus d'un mètre, le petit fait 60cm approximativement.
- Appliquer de la colle sur le bouchon, de manière à ce que l'air n'y pénètre pas.
- Attacher 1m du tuyau sortant du bouchon au manche a ballet.
- Etiqueter les bouteilles en plastique, en attribuant un code à chaque échantillon: Nom du lac/Numéro de sortie/ES (échantillon de surface) ou bien EP (échantillon de profondeur) /Numéro de station.
- Attacher les cordes aux trois briques à déposer dans chaque lac.

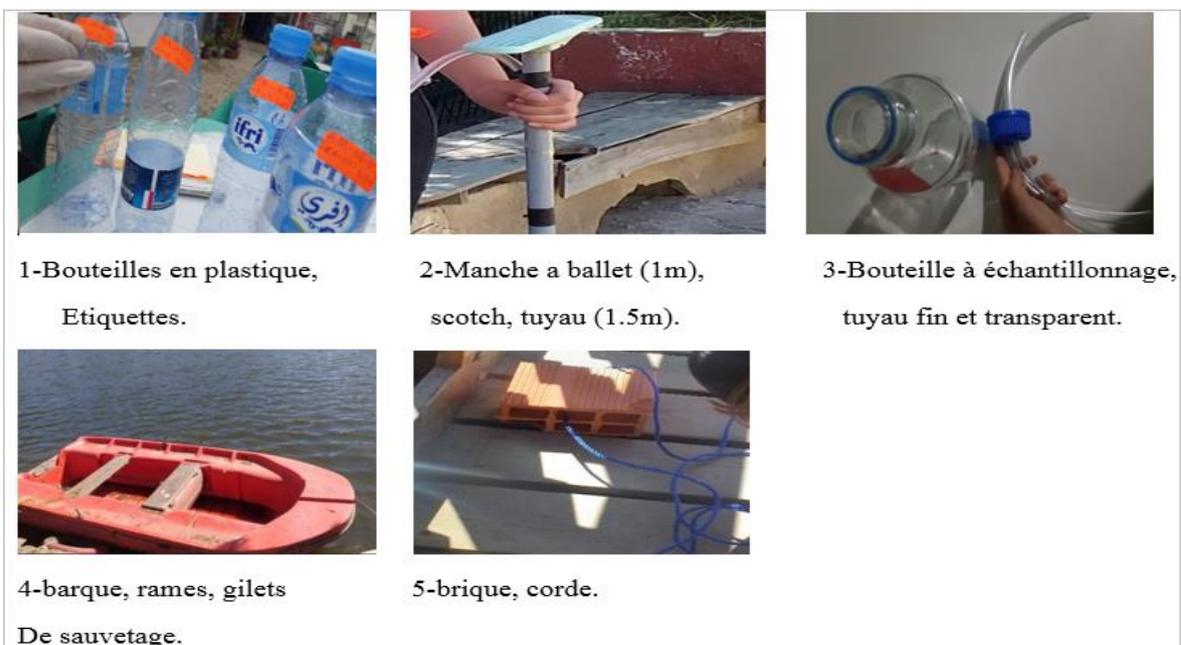


Figure 7: Préparation du matériel de prélèvement

Dans chacun des trois sites une brique a été déposée et laissée dans l'eau pour une période de deux mois (figure 8). Avant de les déposer la sécurité de la faune aquatique et des oiseaux présents a été vérifié. Une fois que le matériel est prêt, le choix des stations de prélèvements (pour toute la période de l'étude) et les prélèvements ont été effectués en suivant le même planning (tableau 1). Dans chaque site, deux prélèvements ont été réalisés pour chacune des deux stations, un de surface en utilisant directement la bouteille en plastique, puis un prélèvement de profondeur suivant ces étapes :

- Introduire le manche à ballet préalablement préparé dans l'eau.
- Aspirer l'air par le petit tuyau introduit dans la bouteille à échantillonnage pour que l'eau puisse entrer dans la bouteille par le long tuyau.
- L'opération est stoppée lorsque l'eau atteint 400ml environ.
- Verser l'échantillon d'eau dans la bouteille en plastique (en respectant à chaque fois le code attribué au site et à la station).

Après avoir bien nettoyé le matériel, les prélèvements de la deuxième station ont été réalisés de la même manière, les échantillons prélevés ont été mis dans des sacs en plastique noir puis dans un carton empêchant ainsi la lumière de les atteindre. Chaque jour de prélèvement, les paramètres présents et pouvant affecter la présence des populations de diatomées ont été notés :

- Mesurer la température de l'eau et noter la météo du jour (Température et vitesse du vent)
- Prendre note des espèces animales présentes chaque jour de prélèvement et de la végétation.



Figure 8: Protocole de prélèvement des échantillons.

Tableau I : Planning des prélèvements selon le site, la station, la date et l'heure.

DATE	STATION		Heures Mézaia	Heures Mechtat Soummar	Heures Zaïri Ouricia	Travaux Réalisés
20-05-2021	01	ES	9H49	9H48	/	Prélèvement de huit échantillons, de deux surfaces et deux de profondeur, à partir de deux stations distantes d'environ 200m en parallèle dans les 02 lacs Mézaia et Mechtat Soummar.
		EP	9H53	9H51	/	
	02	ES	10H16	10H40	/	
		EP	10H18	10H45	/	
21-05-2021	01	ES	/	/	10H32	
		EP	/	/	10H40	
	02	ES	/	/	10H45	
		EP	/	/	10H53	
27-05-2021	01	ES	9H32	9H27	/	
		EP	9H36	9H32	/	
	02	ES	9H57	9H50	/	
		EP	10H00	10H00	/	
28-05-2021	01	ES	/	/	14H50	Prélèvement de huit échantillons, de deux surfaces et deux de profondeur, à partir de deux stations distantes d'environ 300m dans le lac Ouricia Zaïri.
		EP	/	/	14H58	
	02	ES	/	/	15H00	
		EP	/	/	15H05	
10-06-2021	01	ES	9H46	9H42	/	
		EP	9H48	9H48	/	
	02	ES	9H53	9H56	/	
		EP	9H55	10H00	/	
11-06-2021	01	ES	/	/	10H20	
		EP	/	/	10H26	
	02	ES	/	/	10H30	
		EP	/	/	10H37	

3.2. Matériel et protocole suivi au niveau du laboratoire

3.2.1. Matériel et produits chimiques utilisés

Le matériel de laboratoire mis à notre disposition par le Département de faune et flore cadavérique de l'INCC-GN, consistait en : une centrifugeuse, un bain de sable, une hotte, une plaque chauffante, un vortex, un microscope optique, un pH mètre de paillasse, des portoirs, des tubes à centrifugeuse (30/50 ml), différents types de verrerie, des gants et masques et différents réactifs (H₂O₂, HCl, HNO₃, KOH...).

3.2.2. Protocole suivi au laboratoire

3.2.2.1 Traitement chimique des échantillons d'eau

Pour procéder au traitement des échantillons d'eau, 12 béchers bien rincés au KOH (éliminer toute trace de diatomées) ont été préparés, puis séchés sur du papier absorbant, puis identifiés au marqueur permanent, en citant le code attribué à chaque échantillon. Dans chacun des béchers, 100ml d'échantillons d'eau (eau de surface et eau de profondeur) ont été versés, puis traités sous la hotte, l'opération est stoppée lorsque le volume est réduit à environ 50 ml au maximum.

3.2.2.2. Décantation/Dilution :

Les échantillons d'eau obtenus à la fin du traitement sont laissés décanter pendant 24h, puis placés dans des tubes à centrifugeuse de 50ml (identifiés par le code de l'échantillon) afin de les soumettre à une chaîne de dilution, pour ce faire, les tubes ont été centrifugés pendant 20 minutes à 2300 trs/mn et débarrassés du surnageant, complétés avec de l'eau distillée et agités au vortex pendant quelques secondes. Une deuxième centrifugation des tubes a été faite (20 minutes à 2300 trs/mn) et le surnageant a été éliminé à l'aide de pipettes à usage unique.

3.2.2.3 Montage et observations

A la fin du processus de décantation/dilution, des lames permanentes ont été préparées. Pour ce :

- Les lames ont été déposées sur la plaque chauffante et des gouttes du culot ont été placées au milieu des lames et laissées sécher (refaire jusqu'à ce que le culot soit terminé).
- Une fois que les lames ont été refroidies, une lamelle a été déposée à un angle de sorte que son bord touche la diapositive et le bord extérieur de la goutte, puis abaissée lentement, en évitant les bulles d'air.

Les lames ont ensuite été observées sous microscope optique au grossissement (×40) et (×100 huile à immersion) selon la taille des diatomées et photographiées.

3.2.2.4 Extraction et traitement des échantillons (briques)

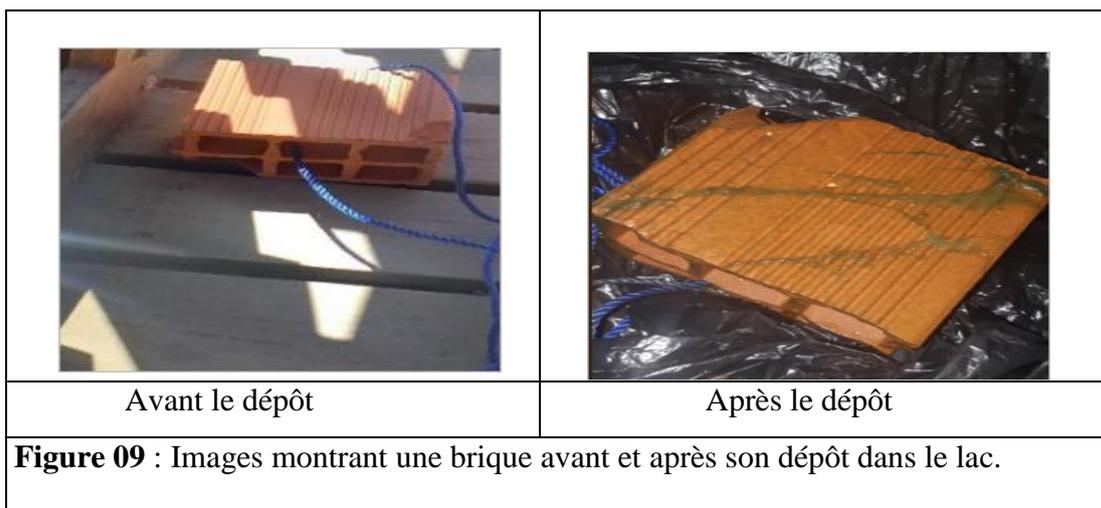
Une fois que la période de deux mois s'est écoulée, les trois briques ont été retirées et transportées vers le laboratoire dans des sacs en plastique noirs et des cartons (même conditions que les échantillons d'eau) afin d'extraire les diatomées présentes sur celles-ci (figure10). Pour commencer trois récipients contenant chacun 1L d'eau distillée et identifiés au marqueur permanent (nom du lac) ont été utilisés, chaque brique a été déposée dans son récipient et grattée à l'aide d'une brosse, les récipients sont ensuite laissés reposer pendant 24h pour que l'échantillon se précipite.

Une fois que les 24h sont écoulées, les récipients sont débarrassés du surplus d'eau en gardant uniquement 500ml d'eau (pour chaque récipient). Les trois échantillons d'eau restants ont été versés dans des béchers (même code) et déposés sur un bain de sable sous la hotte à une température de consigne programmée dans une fourchette de 80 °C à 100°C. L'opération a été stoppée lorsque le volume est réduit à environ 400 ml au maximum, et les échantillons d'eau ont été traités.

Pour commencer 200ml d' H_2O_2 ont été ajoutés à chaque bécher (sur bain de sable sous les mêmes conditions) et l'opération a été stoppée lorsque le volume est réduit à environ 400 ml au maximum. Ensuite 200ml d' H_2O_2 ; 20ml d' HNO_3 et 20ml d' HCl ont été additionnés aux trois béchers et l'opération a été stoppée lorsque le volume est réduit à environ 300 ml au maximum et le contenu des béchers a été déposé dans trois tubes de 50ml codés (les 250ml restants ont été gardés réfrigérateur).

A la fin du traitement, une chaîne de dilution a été réalisée. Tout d'abord, les trois tubes ont été centrifugés pendant 20 min (2300trs/min), les tubes ont été débarrassés de leurs surnageant à coup sec et complétés avec de l'eau distillée. Pour finir les tubes ont été soumis à une dernière centrifugation pendant 12 minutes à 2300 trs/mn.

Le montage des lames a été fait de la même manière pour les échantillons d'eau de surface et ceux de profondeur.



Résultats et discussion

1. Paramètres physicochimiques des eaux étudiées

Parmi les paramètres influençant la distribution et le développement des populations de diatomées, on compte le pH, la conductivité et la température de l'eau. La mesure de ces paramètres a donné les résultats mentionnés dans les tableaux (Tableau II, Tableau III, Tableau IV, Tableau V) et illustrés dans les figures (Figure 11, Figure 12, Figure 13).

Tableau II : Résultats de mesure du pH des échantillons d'eau

Station	pH 1 Prélevement1	pH 2 Prélevement2	pH 3 Prélevement3
BM.ES1	7,70	7,78	8,15
BM.EP1	7,79	7,80	8,09
BM.ES2	7,87	7,88	8,25
BM.EP2	7,78	8,05	8,22
SMs.ES1	7,37	7,01	8,03
SMs.EP1	7,20	6,83	8,05
SMs.ES2	7,40	7,00	8,08
SMs.EP2	7,55	7,05	8,12
SOz.ES1	7,27	8,00	8,20
SOz.EP1	7,53	8,06	8,25
SOz.ES2	7,62	7,96	8,15
SOz.EP2	7,65	8,09	8,00

BM: Béjaia Mézaia SMs: Setif Mechtat Soummar
SOz : Setif Zaïri (Ouricia) ES : Echantillon de surface
EP : Echantillon de profondeur

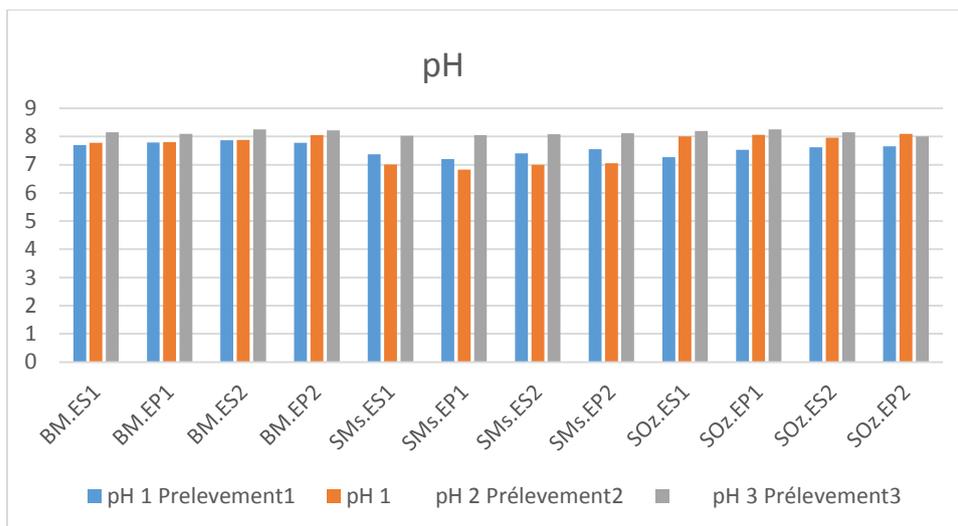


Figure 11 : Variations du pH durant la période de l'étude dans les sites de l'étude.

La mesure des valeurs de pH pour les deux premiers prélèvements au lac Mézaia a montré une très légère variation, ces valeurs sont comprises entre 7.70 et 7.88 sauf pour la station BM.EP2 du deuxième prélèvement dont la valeur de pH a atteint 8.05. L'intervalle de pH durant le troisième prélèvement est de [8.09 ; 8.25].

L'intervalle de pH des deux premiers prélèvements de la retenue collinaire Soummar est de [7 ; 7.55] avec une légère variation, sauf pour la station SMs.EP1 du deuxième prélèvement dont la valeur de pH a diminué à 6.83. Pour le troisième prélèvement l'intervalle de pH est de [8.03 ; 8.12].

Pour le site Zaïri (Ouricia), les valeurs de pH mesurées pour le premier prélèvement sont comprises entre 7.27 et 7.65, Pour le deuxième et le troisième prélèvement l'intervalle de pH est de [8 ; 8.25] sauf pour la station SOz.ES2 du deuxième prélèvement dont la valeur est de 7.96

Selon ces valeurs mesurées dans les trois lacs durant les trois prélèvements, nous pouvons constater que les eaux étudiées sont neutres car elles varient aux alentours de 7.

Tableau III : Résultats de mesure de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) des échantillons d'eau

Stations	Conductivité1 Prélèvement 01	Conductivité2 Prélèvement02	Conductivité3 Prélèvement03
BM.ES1	926	902	847
BM.EP1	900	881	847
BM.ES2	907	866	856
BM.EP2	886	878	865
SMs.ES1	2020	2130	2120
SMs.EP1	1981	2070	2090
SMs.ES2	1905	2120	2080
SMs.EP2	2000	2080	2090
SOz.ES1	844	860	857
SOz.EP1	899	857	858
SOz.ES2	833	854	856
SOz.EP2	840	852	857

BM: Béjaïa Mézaïa SMs: Setif Mechtat Soummar
 SOz : Setif Zaïri (Ouricia) ES : Echantillon de surface
 EP : Echantillon de profondeur

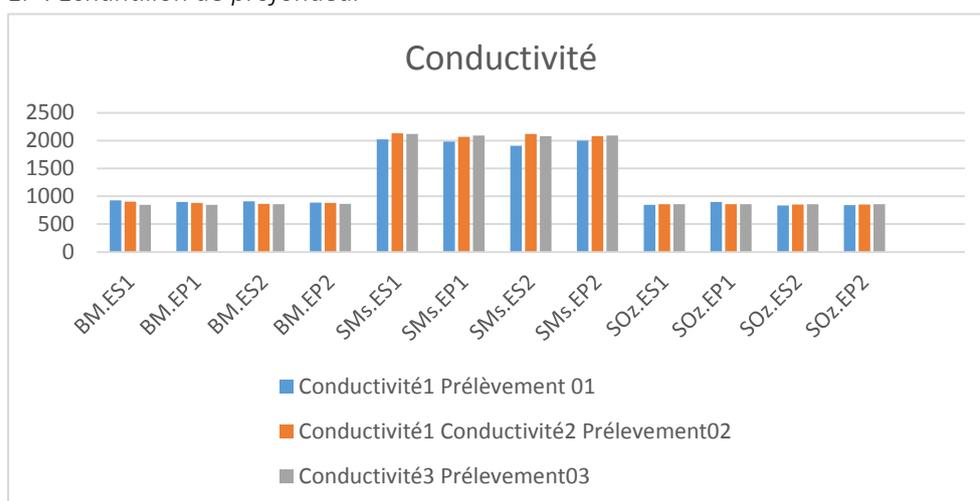


Figure 12 : Variations de la conductivité des échantillons d'eau.

Les valeurs de la conductivité des échantillons d'eau des deux sites Mézaïa et Zaïri ont enregistré une très faible variabilité durant les trois prélèvements avec un intervalle commun de $[833\mu\text{S}/\text{cm} ; 926\mu\text{S}/\text{cm}]$, tandis que les valeurs de la conductivité du site Soummar varient entre $1905 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $2130 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Ces valeurs montrent que les deux premiers sites sont des eaux douces, tandis que le site Soummar est une eau douce qui penche légèrement vers une eau saumâtre.

Tableau IV: Résultats de mesure de la température de l'eau lors des prélèvements.

Station	T 01=C° Prélèvement1	T 02=C° Prélèvement2	T 03 =C° Prélèvement3
BM.ES1	22	24	26
BM.ES2	22	24	26
SMs.ES1	19	23	25
SMs.ES2	19	21	26
SOz.ES1	23	20	24
SOz.ES2	24	21	24

BM: Béjaia Mézaia SMs: Setif Mechtat Soummar

SOz : Setif Zaïri (Ouricia) ES : Echantillon de surface

EP : Echantillon de profondeur

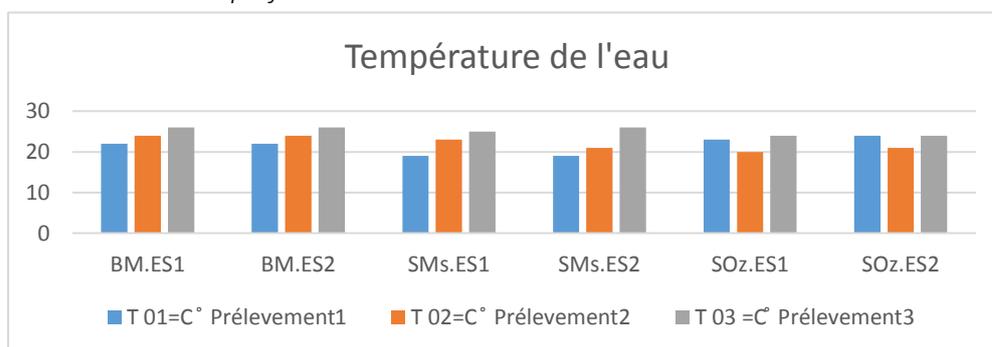


Figure 13 : Variations de la température de l'eau.

La température a connu une augmentation de 2°C, entre chaque deux prélèvements dans le lac Mézaia et de 3°C à 5°C pour la retenue collinaire Soummar. Tandis que la température à Zaïri a connu une diminution de 3°C au deuxième prélèvement puis une augmentation de 3°C au troisième prélèvement.

2. Identification microscopique des diatomées

Pour étudier les diatomées, les classer et les nommer, les frustules doivent être débarrassés de leur contenu cellulaire afin d'avoir accès au dessin des stries sur lequel est basée toute la classification. Afin d'identifier les diatomées au microscope, il a été nécessaire de faire appel à différentes nomenclatures à savoir : Frank Eric Round, Crawford, et Mann 1990, Cleve 1894, Loir 2004.

Les taxons sont identifiés, grâce à l'observation de la forme du frustule au microscope optique à un grossissement 100 fois et 40 fois (selon la taille de la diatomée). La détermination est effectuée en se basant sur l'analyse des éléments morphologiques suivants (Lavoie et Hamilton 2008), à savoir : - La forme générale des frustules, la forme de l'aire

centrale, la forme des stries, le type et la taille des ponctuations, présence de fibules, la présence de stigma, la présence ou l'absence du raphé, la position du raphé et La forme générale du raphé (figure 14) .

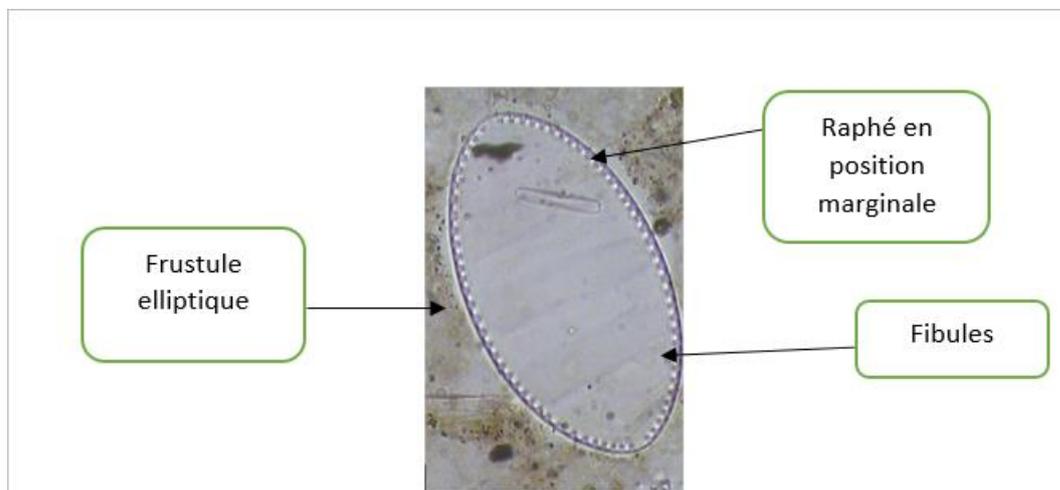


Figure 14 : Cymatopleura elliptique sous microscope optique Gx100

Les résultats de l'identification des diatomées du site Mézaia sont représentés dans le tableau VI.

Tableau VI : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées du lac Mézaia

Date de prélèvement	ES / EP	Genres	Espèce (si possible)
20-05-2021	ES1	Navicula*** Synedra*	
		Cyclotella*	C.atomus
	EP1	Synedra***	
		Navicula***	N.crucicula
		Stauroneis* Nitzschia* Diatoma*	
		Gomphonema*	G.laticollum
		Achnanthes*	
	ES2	Synedra*** Navicula* Stauroneis*	

	EP2	Synedra*** Navicula* Gomphonema* Cyclotella*	
27-05-2021	ES1	Synedra*** Navicula*	
		Gomphonema	G. laticollum
	EP1	Synedra***	
		Gomphonema	G. laticollum
	ES2	Synedra*** Cyclotella* Navicula*	
		Gomphonema*	G. laticollum
EP2	Synedra*** Cyclotella* Navicula* Gomphonema*		
10-06-2021	ES1	Synedra*** Navicula**	
	EP1	Gomphonema*	G.laticollum
		Navicula* Synedra* Achnanthes*	
	ES2	Synedra** Navicula* Gomphonema*	
	EP2	Navicula** Synedra** Gomphonema*	
		Cyclotella*	C. meneghiniana
<i>ES= échantillon de surface EP=échantillon de profondeur</i> <i>*** = Genre très abondant ** = Genre moyennement présent *= Genre faiblement présent</i>			

Les genres Synedra, Navicula et Gomphonema sont présents en abondance pendant toute la période de l'étude dans les échantillons de surface et de profondeur, contrairement au genre Nitzschia qui est présent uniquement dans la sortie du 20-05-2021(EP1). Pour l'espèce G. laticollum elle est présente pendant toute la période de l'étude mais uniquement dans les échantillons EP1 (20-05-2021), ES1, EP1 et ES2 (27-05-2021), EP1 (10-06-2021) et avec une abondance moyenne.

Les genres Navicula, Gomphonema et Synedra ne sont pas été affectés par le changement des paramètres physicochimiques de l'eau et la vitesse du vent (16km/h le 20-05, 15km/h le 27-05 et 13 km/h le 10-06), on peut donc déduire que ces derniers sont capables de

développer des mécanismes de résistance (frustule siliceux). Pour le genre Gomphonema l'espèce G. laticollum est identifiée dans la plupart des échantillons quand cela est possible.

La présence des genres Nitzschia et Stauroneis uniquement dans l'échantillon de profondeur(EP1) du 20-05, pourrait être le résultat d'une contamination de la station par les oiseaux migrateurs ou par une autre source.

L'identification des espèces de diatomées de la retenue collinaire Soummar a donné les résultats représentés dans le tableau VI.

Tableau VI : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées de la retenue collinaire Soummar

Date de prélèvement	ES / EP	Genres	Espèces (si possible)
20-05-2021	ES1	Navicula** Nitzschia*	
	EP1	Nitzschia***	N. palea N. linearis
		Gomphonema**	
		Cyclotella*	C. atomus
		Navicula*	
	ES2		
EP2	Nitzschia***	N. palea N. linearis	
	Navicula*		
27-05-2021	ES1	Nitzschia*	N. palea N. linearis
		Navicula* Gomphonema*	
	EP1	Gomphonema*	
		Nitzschia***	N. palea N. linearis
		Cyclotella*	C. atomus
		Aulacoseira*	A. granulata var angustissima
	ES2	Craticula*	C. ambigua
		Aulacoseira**	A. granulata var angustissima
		Cyclotella**	C. atomus
		Luticula*	L. nivalis
	Nitzschia*** Gyrosigma* Navicula**		

		Gomphonema**	
	EP2	Gomphonema*	
		Nitzschia***	N. palea N. linearis
		Craticula*	C. ambigua
		Canivula*	C. lacustris
	Cyclotella**	C. atomus	
10-06-2021	ES1	Nitzschia***	N. palea
		Cyclotella*	C. atomus
		Craticula*	C. ambigua
		Navicula*	
		Gomphonema*	
	EP1	Gomphonema**	
		Nitzschia***	N. palea
		Cyclotella**	C. atomus
		Craticula**	C. ambigua
		Aulacoseira*	A. granulata var angustissima
	ES2	Nitzschia**	N. palea
		Gomphonema* Navicula*	
	EP2	Nitzschia***	N. palea N. linearis
		Cyclotella*	C. atomus
		Gomphonema** Navicula*	
<i>ES= échantillon de surface EP=échantillon de profondeur</i> <i>*** = Genre très abondant ** = Genre moyennement présent * = Genre faiblement présent</i>			

Le genre Nitzschia est identifié en abondance pendant toute la période de l'étude dans les échantillons de surface et de profondeur parmi les espèces qu'on a pu identifier de ce genre, N. palea est la plus présente au niveau des stations. Contrairement à l'espèce Lenticula nivalis qui est présente uniquement dans la sortie du 27-05-2021(ES2).

Les genres Navicula, Cyclotella et Gomphonema et l'espèce Cyclotella atomus, sont moyennement abondants dans quelques échantillons de surface et de profondeur, tandis que l'espèce Aulacoseira granulata var angustatum est retrouvée avec une faible présence.

Le genre Nitzschia n'est pas affecté par le changement des paramètres physicochimiques de l'eau et la vitesse du vent (18km/h le 20-05, 19km/h le 27-05 et 21 km/h le 10-06), on peut donc déduire que ce dernier est capable de développer

des mécanismes de résistance grâce à son frustule siliceux.

La présence de l'espèce *Luticola nivalis* uniquement dans l'échantillon de surface (ES2) du 27-05, pourrait être le résultat d'une contamination de la station par les oiseaux migrateurs ou par une autre source.

Un inventaire des diatomées présentes à la retenue collinaire Zaïri (Ouricia) est établi et représenté sous forme de tableau (tableau VII).

Tableau VII : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées de la retenue collinaire Zaïri (Ouricia)

Date de prélèvement	ES / EP	Genres	Espèces (si possible)
21-05-2021	ES1	Craticula**	
		Nitzschia*	
		Gyrosigma*	
		Navicula***	
		Achnanthes*	<i>A. recurvata</i>
	EP1	Cymbella***	<i>C. excisa</i> var <i>procera</i>
		Cymbopleura*	<i>C. cuspidata</i>
		Stauroneis**	<i>S. anceps</i>
		Nitzschia*	<i>N. Palea</i>
		Cymbopleura**	<i>C. cuspidata</i>
	ES2	Amphora*	<i>A. hyalina</i>
		Cymatopleura**	<i>C. elliptica</i>
		Navicula**	
		Craticula*	
	EP2	Cymbella*	<i>C. excisa</i> var <i>procera</i>
Achnanthes*		<i>A. recurvata</i>	
Canivula*		<i>C. pusio</i> (cleve)	
Navicula***			
28-05-2021	ES1	Craticula*	
		Nitzschia*	
		Gyrosigma*	
		Navicula**	
	EP1	Cymbella**	<i>C. excisa</i> var <i>procera</i>
		Cymbopleura*	<i>C. cuspidata</i>
		Achnanthes*	<i>A. recurvata</i>
		Nitzschia*	
		Cymbella*	<i>C. excisa</i> var <i>procera</i>
		Cymatopleura**	<i>C. elliptica</i> <i>C. solea</i> var <i>apiculata</i>
Navicula***	<i>N. crucicula</i>		
Cyclotella*	<i>C. atomus</i>		

		Caloneis*	C. amphisbaena C. bacillum	
		Canivula**	C. lacustris	
	ES2	Nitzschia* Stauroneis* Navicula**		
		Cymbella*	C. excisa var procera	
		Achnanthes*	A. recurvata	
		Caloneis*	C. amphisbaena	
	EP2	Navicula*		
		Cymbopleura***	C. excisa var procera C. cuspidata	
		Canivula*	C. lacustris	
11-06-2021	ES1	Nitzschia* Stauroneis** Navicula***		
		Cymbopleura*	C. solea var apiculate	
		Canivula**	C. lacustris C. pusio (cleve)	
	EP1	Stauroneis* Navicula*		
		Cymbopleura*	C. elliptica C. solea var apiculata	
		Cymbella**	C. excisa var procera	
		Achnanthes**	A. recurvata	
		Caloneis*	C. amphisbaena C. bacillum	
		Canivula***	C. pusio	
	ES2	Nitzschia* Stauroneis* Navicula*		
		Cymbella**	C. excisa var procera	
	EP2	Nitzschia* Stauroneis* Navicula** Neidium* Eunota* Pinnularia*		
		Cymbella*	C. excisa var procera	
		Cymbopleura***	C. elliptica C. solea var apiculata	
		Achnanthes*	A. recurvata	
		Canivula*	C. lacustris	
		Amphora*	A. Copulata	
	<p><i>ES= échantillon de surface EP=échantillon de profondeur</i> *** = Genre très abondant ** = Genre moyennement présent *= Genre faiblement présent</p>			

Le genre *Navicula* te identifié en abondance pendant toute la période de l'étude dans les échantillons de surface et de profondeur. Contrairement à l'espèce *Luticola nivalis* qui est présente uniquement dans la sortie du 27-05-2021(ES2).

Les genres *Cymbella*, *Canivula*, *Cymbopleura* et *Cymatopleura* ainsi que les espèces *Cymbella excisa* var *procera* et *Canivula lacustris*, sont moyennement abondants dans quelques échantillons de surface et de profondeur, tandis que les espèces *Amphora copulata*, *Amphora hyalina* et *Achnanthes recurvata* sont faiblement présentes.

Le genre *Navicula* n'est pas affecté par le changement des paramètres physicochimiques de l'eau et la vitesse du vent (24km/h le 21-05, 22km/h le 28-05 et 17 km/h le 11-06), on peut donc déduire que ce dernier est capable de développer des mécanismes de résistance grâce à son frustule siliceux.

La présence des genres *Neidium*, *Eunota* et *Pinnularia* uniquement dans l'échantillon de profondeur(EP2) du 11-06, pourrait être le résultat d'une contamination de la station par les oiseaux migrateurs ou par une autre source.

Les diatomées récoltées par grattage des briques et traitements ont donné les résultats dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Identification des genres et espèces (si possible) de diatomées obtenues par grattage de briques

Mézaia Du 20-05-21 Au 25-06-21		Mechtat Soummar Du 20-05-21 Au 25-06-21		Zaïri (Ouricia) Du 21-05-21 Au 25-06-21	
Genre	Espèce	Genre	Espèce	Genre	Espèce
Gomphonema ***	G.acuminatum G.laticollum	Nitzschia ***	N. palea N. linearis	Diatoma*	D.vulgare
Cyclotella ***	C.atomus C.meneghiniana			Navicula ***	N.crucicula
Stauroneis*	S.anceps	Gomphonema **	G.angustatum	Caloneis*	C. amphisaena
Synedra*** Navicula*** Nitzschia*** Diatoma*		Navicula **		Cymbella* Cymatopleura*	C. excisa var procera C.elliptica C.solea Var apiculata
*** = Genre très abondant ** = Genre moyennement présent * = Genre faiblement présent					

L'identification des diatomées pour le lac Mézaia montre que les genres Gomphonema (*G. acuminatum*, *G. laticollum*), Cyclotella (*C. atomus*, *C. meneghiniana*), Stauroneis, Synedra, Navicula, Nitzschia et Diatoma sont très abondants. L'espèce Stauroneis anceps est très faiblement abondante.

Dans la retenue collinaire Soummar nous remarquons que la diversité des genres de diatomées est très pauvre, en revanche la présence de diatomées est abondante, elle est représentée principalement par les genres Nitzschia, Gomphonema et Navicula et par les espèces Nitzschia palea, Nitzschia linearis et Gomphonema angustatum.

Les diatomées dans la retenue collinaire Zaïri (Ouricia) sont représentées principalement par le genre Navicula et l'espèce Navicula crucicula les autres genres et espèces à savoir Diatoma (*D. vulgare*), Caloneis (*C. amphibaena*), Cymbella (*C. excisa* var *procera*) et Cymatopleura (*C. elliptica*, *C. solea* var *apiculata*).

Les genres et espèces de diatomées identifiés dans les échantillons extraits de la brique du lac Mézaia sont présents dans les trois prélèvements effectués durant la période de l'étude, sauf pour les deux espèces Gomphonema acuminatum et Stauroneis anceps qui sont absents dans les trois prélèvements. Dans la retenue collinaire Mechtat Soummar uniquement l'espèce Gomphonema angustatum qui n'est pas présente durant les trois prélèvements, dans l'échantillon de la retenue collinaire Zaïri (Ouricia) les deux espèces Diatoma vulgare et Navicula crucicula sont également absentes.

On pourrait donc dire que les diatomées présentes dans les trois prélèvements et dans les échantillons de briques sont capables de vivre en suspension dans l'eau ou fixées à une substance, tandis que les diatomées présentes uniquement dans les échantillons de briques ne survivent que quand elles sont fixées sur une substance, comme il se pourrait que ces dernières n'aient uniquement pas pu être identifiées vu que leurs genres sont présents.

Afin de pouvoir comparer la flore des diatomées des sites de Bejaia et de Setif, un tableau récapitulatif des genres et espèces les plus répandus, ainsi que des genres et espèces spécifiques a été établi (Tableau IX).

Tableau IX : Tableau récapitulatif des trois sites de l'étude.

Echantillon	Mézaia 20-05-2021		Mechtat Soummar 20-05-2021		Zaïri (Ouricia) 21-05-2021	
	Genre	Espèce	Genre	Espèce	Genre	Espèce
Echantillons de surface	Synedra=	/	Navicula°	/	Achnanthes=	A. recurv -ata=
	Navicula°	/	Nitzschia°	N. palea° N. linearis	Navicula°	/
Echantillons de profondeur	Navicula°	/	Nitzschia°	N. palea° N. linearis	Cymbella°	C.excis -a var procer -a°
	Synedra=	/	Navicula°	/	Nitzschia*	/
	Navicula*	/	Cyclotella°	C. atomus°	Navicula*	/
Echantillons de surface	Synedra=	/	Gomphonema°	/	Cymbella°	C.excis -a var procer -a°
	Gomphonema°	G.laticollum	Nitzschia°	N. palea° N. linearis	Navicula°	/
Echantillons de profondeur	Synedra=	/	Gomphonema°	/	Canivula=	C.lacu -stris=
			Aulacoseira=	A.granul -ata var angusta -um=	Navicula°	/
				Cymbopleura°	C. ellipti -ca	

	Gomphonema°	G.laticollum=	Nitzschia°	N. linearis N. palea°		C. solea var apiculata°
			Cyclotella°	C.atomus°		
Echantillon	Mézaia 10-06-2021		Mechtat Soummar 10-06-2021		Zaïri (Ouricia) 11-06-2021	
	Genre	Espèce	Genre	Espèce	Genre	Espèce
Echantillons de surface	Navicula°	/	Gomphonema°	/	Nitzschia*	/
	Synedra=	/	Nitzschia°	N. palea° N. linearis	Navicula°	/
					Canivula=	C.lacustris=
Echantillons de profondeur	Navicula°	/	Gomphonema°	/	/	C. elliptica C. solea var apiculata°
			Aulacoseira=	A.granulata var angustatum=	Cymboplectea°	
	Synedra=	/	Nitzschia°	N. linearis N. palea°	Navicula°	/
			Cyclotella°	C.atomus	Canivula=	C.lacustris=

° : genres et espèces les plus répondu

= : genres et espèces spécifiques du lac

Parmi les genres les plus abondants communs entre les sites de l'étude on site : le genre Navicula qui est commun entre les trois sites, le genre Gomphonema qui est commun entre le site de Mézaia et le site de Soummar et le genre Nitzschia commun entre le site de Mechtat Soummar et le site de Zaïri(Ouricia).

Le genre Synedra ne se trouve qu'au niveau du site de Mézaia, L'espèce Aulacoseira granulata var angustatum n'est présente que sur le site de Mechtat Soummar et les deux espèces Canivula lacustris et Achnanthes recurvata ne sont retrouvées qu'au niveau du site de Zaïri(Ouricia).

Discussion

Le développement des diatomées dans l'eau ainsi que leur répartition, sont étroitement liés aux changements de la température de l'eau, de la conductivité ainsi que du pH, une étude a permis d'établir un lien entre l'impact du pH environnemental et la formation de l'exosquelette en verre (ou thèque) chez les diatomées (Morin et al. 2012).

L'identification des espèces dans le lac Mézaia a révélé la présence de 8 genres et 4 espèces, dans la retenue collinaire Soummar 9 genres et 7 espèces ont été retrouvées et dans la retenue collinaire l'identification a révélé la présence de 14 genres et 15 espèces.

L'identification des espèces de diatomées présentes dans les briques a révélé la présence de 10 genres et 14 espèces dont 5 espèces benthiques et 9 Planctoniques.

Conclusion et Perspectives

L'établissement d'un inventaire de la flore diatomique présente dans les sites aquatique d'une région donnée est une tâche très importante à établir afin de mener au mieux les enquêtes judiciaires, vu l'importance de celles-ci dans la recherche du lieu du décès.

Nos résultats ont démontré que le pH, la conductivité et la température de l'eau ont une relation étroite avec le développement et la répartition des diatomées, l'augmentation ou la diminution d'un de ces facteurs pourrait induire la diminution voir l'absence d'une espèce ou d'un genre de diatomées, cependant il existe des diatomées qui développent des mécanismes de résistances à ces variations et qu'on a retrouvé durant toute la période de l'étude. Les genres et espèces de diatomées les plus répandus et espèces et genres spécifiques de chaque site, ainsi que les diatomées qui se fixent sur les surfaces sont les mieux placées pour être utilisées en enquête judiciaires.

Si un cadavre est retrouvé dans la retenue collinaire Soummar à titre d'exemple, et qu'on retrouve le genre *Synedra* dans les organes de ce dernier, cela voudrait dire qu'il a été noyé au lac Mézaia puis déposé dans la retenue collinaire après sa mort, étant donné que le genre *Synedra* est spécifique au la Mézaia.

En perspectives, il serait souhaitable de faire des études plus étendues sur les diatomées, dans la région de Bejaia et de Setif ainsi que dans les autres régions d'Algérie, afin d'avoir un inventaire complet sur les taxons présent dans notre pays. Une étude sur des lapins (noyés) serait aussi souhaitable afin de compléter notre étude.

Références bibliographiques

B

- Battarbee, Richard W., Vivienne J. Jones, Roger J. Flower, Nigel G. Cameron, Helen Bennion, Laurence Carvalho, et Stephen Juggins. 2002. « Diatoms ». In *Tracking environmental change using lake sediments*, 155-202. Springer.
- Baudrimont, Roland. 1974. « Recherches sur les diatomées des eaux continentales de l'Algérie: écologie et paléocéologie ».
- Bell, Gail S., Athanasios Gaitatzis, Catherine L. Bell, A. L. Johnson, et Josemir W. Sander. 2008. « Drowning in people with epilepsy: how great is the risk? » *Neurology* 71 (8): 578-82.
- Benjira, Mohammed Amine. 2019. « Classification automatique des diatomées ». PhD Thesis, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Bennion, Helen, Peter G. Appleby, et Geoff L. Phillips. 2001. « Reconstructing nutrient histories in the Norfolk Broads, UK: implications for the role of diatom-total phosphorus transfer functions in shallow lake management ». *Journal of Paleolimnology* 26 (2): 181-204.
- Berthon, Vincent. 2014. « Changement climatique et perturbations locales dans trois grands lacs alpins au cours du dernier siècle: ce qu'enseignent les diatomées et les rotifères ». PhD Thesis, Grenoble.
- Bottin, Marius. 2012. « Structure des assemblages de diatomées benthiques en rivière: l'environnement explique-t-il tout? Processus écologiques et développement méthodologiques ». PhD Thesis, Doctorat Écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés, École
- Boudjema, Madouda, et Hakima Masrour. 2017. « Le lac de Mézaia ». PhD Thesis, Université Mouloud Mammeri.
- BOULAHLIB, Fatima Zohra. 2017. « Ecologie de l'avifaune aquatique de la retenue collinaire Soummar (Sétif) ». PhD Thesis, Université de m'sila.
- BUSSARD, A. 2015. « BUSSARD, Adrien. Capacités d'acclimatation des diatomée... - Google Scholar ». 2015.
https://scholar.google.fr/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=BUSSARD%2C+Adrien.+Capacit%C3%A9s+d%27acclimatation+des+diatom%C3%A9s+aux+contraintes+environnemental+es.+2015.+Th%C3%A8se+de+doctorat&btnG=.
- Byard, Roger W. 2018. « Pekka Saukko, Bernard Knight: Knight's Forensic Pathology 4th Ed.: New York. CRC Press, Taylor and Francis Group, 2016 ». *Forensic Science, Medicine and Pathology* 14 (1): 147-147. <https://doi.org/10.1007/s12024-017-9908-z>.

C

- Camus, Gilles, Olivier Dequincey, et Jean-Pierre Moussus. 2007. « Réchauffement climatique et biodiversité ». Planet-Vie.
- Cazaubon, ARLETTE. 1991. « Problems and objectives of sampling river algae for monitoring ». *WHITTON BA, ROTT E., FRIEDRICH G., Use of algae for monitoring rivers, ROTT E., Institut fur Botanik, Univ. Innsbruck*, 17-24.
- Charles, Donald F., et John P. Smol. 1994. « Long-term chemical changes in lakes: quantitative inferences from biotic remains in the sediment record ».
- Claudon, Nicolas. 2007. « Classification automatique des diatomées: une approche par les motifs des structures internes ». PhD Thesis, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Cleve, Per Teodor. 1894. *Synopsis of the naviculoid diatoms*. Vol. 26. 2-3. PA Norstedt & söner.

Coste, Michel, et Luc Ector. 2000. « Diatomées invasives exotiques ou rares en France: principales observations effectuées au cours des dernières décennies ». *Systematics and geography of plants*, 373-400.

D

Doghri, Ibtissem. 2015. « Interactions moléculaires entre microorganismes au sein de biofilms en milieu marin: mise en évidence de biomolécules antibiofilm ». PhD Thesis, Université de La Rochelle.

G

Gasse, F., et F. Tekaia. 1983. « Transfer functions for estimating paleoecological conditions (pH) from East African diatoms ». In *Paleolimnology*, 85-90. Springer.

Gordon, I. 1972. « The anatomical signs in drowning. A critical evaluation ». *Forensic science* 1 (4): 389-95.

Gourari, Bariza. 2015. « Étude de la biodiversité faunistique urbaine et périurbaine de la ville de Sétif ». PhD Thesis, Université Ferhat Abbas.

Guillou, Laure, Seung-Yeo Moon-Van Der Staay, Herve Claustre, Frederic Partensky, et Daniel Vaultot. 1999. « Diversity and abundance of Bolidophyceae (Heterokonta) in two oceanic regions ». *Applied and Environmental Microbiology* 65 (10): 4528-36.

H

Hochmeister, Manfred, Martin Grassberger, et Thomas Stimpfl. 2007. *Forensische Medizin für Studium und Praxis*. maudrich.

I

Idris, A. H., R. A. Berg, J. Bierens, L. Bossaert, C. M. Branche, A. Gabrielli, S. A. Graves, A. J. Handley, R. Hoelle, et P. T. Morley. 2003. « Maatschappij tot Redding van Drenkelingen; European Resuscitation Council: US Centers for Disease Control and Prevention; University of Florida; University of North Carolina; Australia and New Zealand Resuscitation Council; InterAmerican Heart Foundation; Heart and Stroke Foundation of Canada; Resuscitation Council of Southern Africa: Recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning: the "Utstein style" ». *Resuscitation* 59 (1): 45-57.

K

Kenny, D., et R. Martin. 2011. « Drowning and sudden cardiac death ». *Archives of disease in childhood* 96 (1): 5-8.

L

LAHOUEL, Ammar, et Rachid Belhadj. 2019. « Répertoire National des diatomées utilisées dans le diagnostic de la noyade vitale en Algérie ». PhD Thesis.

Lavoie, Isabelle, et Paul B. Hamilton. 2008. *Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada*. PUQ.

Lavoie, Isabelle, et Émilie Saulnier-Talbot. 1995. « Les diatomées ».

Loir, Maurice. 2004. *Guide des diatomées: plus de 200 micro-algues siliceuses photographiées*. Delachaux et Niestlé.

Ludes, B., Michel Coste, et Pierre Mangin. 1995. « LE DIAGNOSTIC DE NOYADE PAR LA RECHERCHE ET L'IDENTIFICATION DES DIATOMÉES Intérêt d'une extraction tissulaire par digestion enzymatique ». *Vie et Milieu/Life & Environment*, 231-34.

Ludes, Bertrand, et Michel Coste. 1996. *Diatomées et médecine légale: applications de la recherche des diatomées au diagnostic de la submersion vitale*. Tec et Doc Lavoisier.

M

- Mann, Albert. 1907. « Diatoms, the Jewels of the Plant-world ». *Smithsonian Miscellaneous Collections*.
- Marchetto, Aldo, Andrea Lami, Simona Musazzi, Julieta Massaferrò, Leonardo Langone, et Piero Guizzoni. 2004. « Lake Maggiore (N. Italy) trophic history: fossil diatom, plant pigments, and chironomids, and comparison with long-term limnological data ». *Quaternary International* 113 (1): 97-110.
- Morin, Soizic, V. Roubéix, Isabelle Batisson, P. Winterton, et Stéphane Pesce. 2012. « Caractérisation des communautés de diatomées d'eau douce: comparaison des approches taxonomiques et de fingerprinting ». In *31ème colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF)*, 1.

N

- Nehar, B., S. Blanco, et S. Hadjadj-Aoul. 2015. « Diversity and ecology of diatoms in northwest of Algeria: case of El-Hammam stream and estuary of Cheliff river ». *Applied Ecology and Environmental Research* 13 (1): 37-52.

P

- Peabody, Anthony J. 1980. « Diatoms and drowning—a review ». *Medicine, Science and the Law* 20 (4): 254-61.
- Pérez, Liseth, Julia Lorenschat, Julieta Massaferrò, Christine Pailles, Florence Sylvestre, Werner Hollwedel, Gerd-Oltmann Brandorff, Mark Brenner, Islebe Gerald, et María del Socorro Lozano. 2013. « Bioindicators of climate and trophic state in lowland and highland aquatic ecosystems of the Northern Neotropics ». *Revista de Biología Tropical* 61 (2): 603-44.
- Petit, M. P. 1876. « Essai d'une classification des diatomées ». *Bulletin de la Société Botanique de France* 23 (10): 372-83.
- Piette, Michel HA, et A. Els. 2006. « Drowning: still a difficult autopsy diagnosis ». *Forensic science international* 163 (1-2): 1-9.
- Pollanen, M. S., C. Cheung, et D. A. Chiasson. 1997. « The diagnostic value of the diatom test for drowning, I. Utility: a retrospective analysis of 771 cases of drowning in Ontario, Canada ». *Journal of Forensic Science* 42 (2): 281-85.
- Pollanen, Michael S. 1998. « Diatoms and homicide ». *Forensic Science International* 91 (1): 29-34.
- Prince, Emily K., Friederike Irmer, et Georg Pohnert. 2013. « Domoic acid improves the competitive ability of *Pseudo-nitzschia delicatissima* against the diatom *Skeletonema marinoi* ». *Marine drugs* 11 (7): 2398-2412.
- Prygiel, J., Michel Coste, et C. Lecointe. 1991. « Le logiciel omnidia: un outil informatique pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes et la gestion des inventaires diatomiques ». In *11ème colloque des diatomistes de langue française, Douai, 24-27 septembre 1991*, 151-67.

R

- Rimet, Frédéric. 2012. « Recent views on river pollution and diatoms ». *Hydrobiologia* 683 (1): 1-24.
- Roseacute, Peter, Roland Hall, Tom Korsman, et Ingemar Renberg. 2000. « Diatom transfer-functions for quantifying past air temperature, pH and total organic carbon concentration from lakes in northern Sweden ». *Journal of Paleolimnology* 24 (2): 109-23.
- Round, F. E. 1991. « Diatoms in river water-monitoring studies ». *Journal of applied phycology* 3 (2): 129-45.

- Round, F. E., et R. M. Crawford. 1981. « The lines of evolution of the Bacillariophyta. I. Origin ». *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 211 (1183): 237-60.
- Round, Frank Eric, Richard M. Crawford, et David G. Mann. 1990. *Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge university press.
- Rühland, Kathleen, Andrew M. Paterson, et John P. Smol. 2008. « Hemispheric-scale patterns of climate-related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes ». *Global Change Biology* 14 (11): 2740-54.
- Rumeau, A., et M. Coste. 1988. « Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique ». *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, n° 309: 1-69.

S

- SECKBACH, Joseph et KOCIOLEK, Patrick (éd.). *Le monde des diatomées*. Springer Science & Business Media, 2011.
- Simpson, Gavin L., et H. John B. Birks. 2012. « Statistical learning in palaeolimnology ». In *Tracking environmental change using lake sediments*, 249-327. Springer.
- Singh, Rajvinder, et Ramanjeet Kaur. 2013. « Diatomological mapping of water bodies—A future perspective ». *Journal of forensic and legal medicine* 20 (6): 622-25.
- Smol, John P., et Eugene F. Stoermer. 2010. *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press.
- Sommer, Ulrich, Rita Adrian, Lisette De Senerpont Domis, James J. Elser, Ursula Gaedke, Bas Ibelings, Erik Jeppesen, Miquel Lüring, Juan Carlos Molinero, et Wolf M. Mooij. 2012. « Beyond the Plankton Ecology Group (PEG) model: mechanisms driving plankton succession ». *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 43: 429-48.
- Sommer, Ulrich, Z. Maciej Gliwicz, Winfried Lampert, et Annie Duncan. 1986. « The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters ». *Archiv für Hydrobiologie* 106 (4): 433-71.
- Spitz, Werner U. 1963. « Diagnose des Ertrinkungstodes durch den Diatomeen-Nachweis in Organen ». *Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin* 54 (1): 42-45.

T

- Taylor, Frederick Beatson. 1929. ... « ... Notes on diatoms ».

V

- Vizinet, J., et B. de Reviere. 1995. « Les utilisations des diatomées ». *Vie et Milieu/Life & Environment*, 301-14.

W

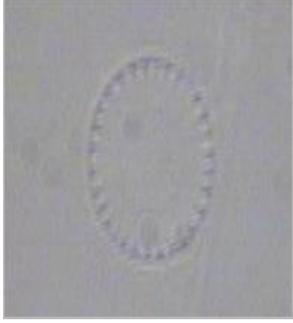
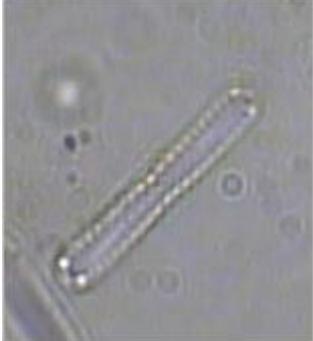
- Wiggins, C. E., et J. L. Luke. 1970. « The pathology, diagnosis and medical-legal aspects of death by drowning ». *Journal-Oklahoma State Medical Association* 63 (1): 3-7.
- Winder, Monika, et Daniel E. Schindler. 2004. « Climate change uncouples trophic interactions in an aquatic ecosystem ». *Ecology* 85 (8): 2100-2106.

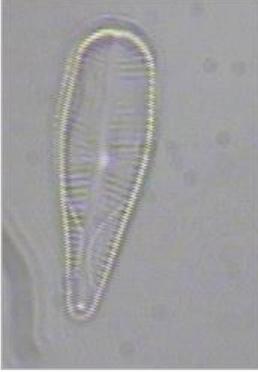
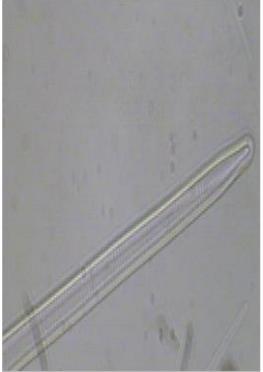
Sites Web

<https://www.historique-meteo.net/afrique/algerie/setif/2021/>

<https://www.historique-meteo.net/afrique/algerie/bejaia/2021/>

Annexes

			
<p>Cymbella excisa var. procera</p>	<p>Cyclotella atomus</p>	<p>Cymatopleura elliptica</p>	<p>Nitzschia palea var. debilis</p>
			
<p>Navicula crucicula</p>	<p>Cymatopleura solea var apiculata</p>	<p>Luticola nivalis</p>	<p>Aulacoseira granulata var. angustissima</p>
			
<p>Caloneis bacillum</p>	<p>Achnanthes recurvata</p>	<p>Craticula ambigua</p>	<p>Gomphonema acuminatum</p>

			
Diatoma vulgare	Amphora copulata	Cavinula pusio	Nitzschia linearis
			
Genre Stauroneis	Genre Gyrosigma	Genre Gomphonema	Genre Synedra
Autres.			

*Sous le mot *Autres* rentrent toutes les espèces et genres de diatomées qui nous a été difficile d'identifier*