UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

=======

INSTITUT NATIONAL DE L'EAU

=======

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Mémoire de fin de formation présenté par

FIHOUNDE MEDESSE FABRICE

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Hydrologie

OPTION : ECOHYDROLOGIE

==========

Evaluation de la qualité des eaux de dragage de sable dans la commune d'Abomey-Calavi : cas de la rivière Sô

Maître de mémoire

Dr. Ousmane BOUKARI
(Chercheur en qualité des Eaux et Ecologie)

Mention : Très bien

Jury :

Président	**:**	Professeur Léonce DOVONON
Rapporteur	**:**	Docteur Ousmane BOUKARI
Examinateur	**:**	Docteur Thierry AGBLONON

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2022 – 2023

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

=======

INSTITUT NATIONAL DE L'EAU

=======

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Mémoire de fin de formation présenté par

FIHOUNDE MEDESSE FABRICE

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Hydrologie

OPTION : ECOHYDROLOGIE

==========

Evaluation de la qualité des eaux de dragage de sable dans la commune d'Abomey-Calavi : cas de la rivière Sô

Maître de mémoire

Dr. Ousmane BOUKARI
(Chercheur en qualité des Eaux et Ecologie)

Mention : Très bien

Jury :

Président	**:**	Professeur Léonce DOVONON
Rapporteur	**:**	Docteur Ousmane BOUKARI
Examinateur	**:**	Docteur Thierry AGBLONON

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2022 – 2023

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à l'égard de l'ensemble des personnes qui m'ont accompagné tout au long de ce travail en particulier :

- Au Professeur MAMA Daouda, Directeur de l'Institut National de l'Eau (INE) et du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) ;
- Au Docteur BOUKARI Ousmane pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité **;**
- À tous les responsables du Département d'Hydrologie et de Gestion des Ressources en Eau de l'Institut National de l'Eau (INE) ;
- À tout le personnel du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) en l'occurrence Dr ADANDEDJI Firmin, Mr Firmin ENINHOU, BOTON Pétronille, WOÏTO Cédric pour leur précieuse contribution à la réalisation de ce travail, leur sympathie et leur solidarité à mon égard et pour tous les sacrifices consentis dans l'élaboration de ce mémoire **;**
- À tous les Honorables membres du Jury qui apprécieront ce modeste travail ; Merci pour le temps que vous sacrifierez au détriment de vos occupations pour l'analyse et l'amélioration de ce document ;
- À tous mes camarades de la formation professionnelle d'hydrologie, spécialement ceux de la promotion 2022-2023 avec qui tout au long des trois (3) années de formation, nous avons partagé des moments de fraternité et d'apprentissage. Merci pour le soutien et l'entraide dont nous avons tous fait preuve ;
- Ma sœur FIHOUNDE Pamela, mes frères, et toute la famille, mes cousins et cousines en particulier ma tante FIHOUNDE Victorine, pour l'amour, l'affection, le soutien, l'orientation et les conseils de tous les jours ;
- À mon ami ATCHAGONOU Cardin qui m'a suivi de très près et m'a énormément aidé. Je les remercie du fond du cœur.

À tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce document, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude.

Table des matières

REMERCIEMENTS 3
Table des matières 4
Liste des photos 8
Liste des figures 9
Liste des Sigles et acronymes 11
Résumé 12
Abstract 13
INTRODUCTION 14
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE 16
1. Clarification conceptuelle : 17
1.1. Généralité sur l'eau 17
1.1.1 Qualité physico-chimique de l'eau 17
1.1.2. Eaux de surface 17
1.2. Généralité sur le dragage 18
1.2.1. Définition de dragage 18
1.2.2. Drague hydraulique 18
1.2.3. Drague à eau ou à injection 18
1.2.4. Dragues pneumatiques 19
1.2.5. Techniques d'exploitation des sables au bénin 19
1.3. Paramètres physico-chimiques de l'eau 20
1.3.1. Paramètre Physique 20
1.3.1.1. Conductivité Electrique 20
1.3.1.2. Salinité 20

1.3.1.3. Potentiel hydrogène (pH) 20
1.3.1.4. Solides totaux dissous 20
1.3.1.5. Température 21
1.3.1.6. Turbidité 21
1.3.1.7. Transparence 21
1.3.1.8. Oxygène dissous (OD) 21
1.3.2. Paramètres Chimique 21
1.3.2.1. Nitrite (NO2-) ; Nitrate (NO3-) 21
1.3.2.2. Ammonium ($NH4+$) 22
1.3.2.3. Orthophosphate 22
1.4. Phytoplancton 22
1.4.1 Cyanobactéries 23
1.4.2. Chrysophycées 23
1.4.4. Diatomées 24
1.2.5. Dinoflagellés 25
1.2.6. Chlorophycées 25
1.2.7. Euglenophycées 26
CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE 27
2. Cadre d'étude 28
2.1. Démographie 28
2.2. Climat et hydrographie 29
2.3 Rivière Sô 30
2.4. Description du Dragage de Sable 30
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES 31

3. Matériels Et Méthodes 32
3.1. Matériels de prélèvement et de mesure 32
3.1.1. Matériels de terrain 32
3.1.2. Matériel de laboratoire 32
3.2. Méthodes 34
3.2.1. Recherche documentaire 34
3.2.2. Acquisition des données 34
3.2.2.1. Choix des points de prélèvements 34
3.2.3. Echantillonnage de l'eau 35
3.2.4. Echantillonnage du phytoplancton 36
3.2.5. Analyse physico-chimique 37
3.2.6. Analyse biologique 37
3.2.6.1. Dénombrement et identification du phytoplancton 37
3.2.6.2. Calcul de l'abondance 37
3.2.7. Traitement des données 38
CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION 39
4. Résultat et discussion 40
4.1. Résultat 40
4.1.1. Caractéristiques physico-chimiques de la rivière Sô dans la zone de dragage de sable. 40
4.1.1.1. Température 40
4.1.1.2. Profondeur 41
4.1.1.3. Transparence 41
4.1.1.4. pH 42

4.1.1.5. Turbidité 43
4.1.1.6. Oxygène dissous 43
4.1.1.7. Salinité 44
4.1.1.8. TDS 45
4.1.1.9. Conductivité Electrique 45
4.1.1.10. Ammonium 46
4.1.1.11. Orthophosphate 47
4.1.1.12. Nitrites 48
4.1.1.13. Nitrates 49
4.1.2. Corrélations entre les différents paramètres mesurés au niveau des sites dragués et des sites non dragués. 49
4.1.3. Analyses biologiques 50
4.1.3.1. Taxonomie des espèces 50
4.1.3.2. Abondance des espèces 52
DISCUSSION 55
Reference bibliographies 60
Annexe 64
Annexe 1 : Pourcentage de chaque espèce obtenue en fonction de chaque site. 64
Annexe 2 : Paramètres physico-chimiques analysés 64
Annexe 3 : Pourcentage des espèces sur chaque Sites 65
Annexe 4 : Dosage des différents paramètres chimique 65

Liste des photos

Photo 1 : Plateforme de drague (FIHOUNDE, 2023) 30
Photo 2 : Déversement de sable (FIHOUNDE, 2023) 30
Photo 3 : Microscope VWR (FIHOUNDE, 2023) 33
Photo 4 : Spectrophotomètre DR 5000 (FIHOUNDE, 2023) 33
Photo 5 : Multi parametre AQUAREAD (FIHOUNDE, 2023) 33
Photo 6 : Etuve DHG-9030 (FIHOUNDE, 2023) 33
Photo 7 : Prélèvement d'échantillon (FIHOUNDE, 2023) 36
Photo 8 : Receuil d'échantillon phytoplanctonique (FIHOUNDE, 2023) 36
Photo 9 : Pâturage de bœuf (FIHOUNDE, 2023) 67
Photo 10 : Echantillons phytoplanctonique (FIHOUNDE, 2023) 67
Photo 11 : Pêche sur la rivière sô (FIHOUNDE, 2023) 67
Photo 12 : Echantillons des paramètres physico-chimiques (FIHOUNDE, 2023) 67
Photo 13 : *Trachelomonas Armata* 68
Photo 14 : *Trachelomonas bernardinensis* 68
Photo 15 : *Phacus orbicularis* 68
Photo 16 : *Euglena Oxyuris.* 68
Photo 17 : C*yclotella sp.* 68
Photo 18 : *Navicula sp.* 68
Photo 19 : *Nitzchia sp* 68
Photo 20 : *Euglena acus* 68

Liste des figures

Figure 1 : Cyanobactéries (Source : Brahim Sabour). 23
Figure 2 : Chrysophycées Abdennadher, (2014)..... 24
Figure 3 : Diatomées (Foster, J.N., Sheath, R. G. (2006)). 24
Figure 4 : Dinophycées (Benfiala *et al.*, 2013). 25
Figure 5 : Chlorophycées (Groga, 2012)..... 26
Figure 6 : Euglenophycées (Abdennadher, 2014). 26
Figure 7 : Localisation géographique de la commune d'Abomey-Calavi..... 28
Figure 8 : Réseau hydrographique de la portion de la ville d'Abomey-Calavi (EIES) 29
Figure 9 : Carte de localisation des sites d'échantillonnage..... 35
Figure 10 : Variation de la température 40
Figure 11 : Variation de la profondeur des sites Dragués et non dragués 41
Figure 12 : Variation de la température de l'eau des sites de prélèvement 42
Figure 13 : Variation de pH eu niveau des différents sites 42
Figure 14 : Variation de la turbidité sur les sites 43
Figure 15 : Variation d'oxygène dissous sur les sites 44
Figure 16 : Variation de la teneur en salinité des différents sites 44
Figure 17 : Variation des valeurs des TDS 45
Figure 18 : Variation de la conductivité electrique..... 46
Figure 19 : Variation de l'ammonium des différents sites 47
Figure 20 : Variation de l'Orthophosphate des sites 48
Figure 21 : Variation des teneurs en nitrite des sites 48
Figure 22 : Variation des teneurs en nitrate sur les sites..... 49
Figure 23 : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimique de l'eau des sites..... 50
Figure 24 : Diagramme de richesse pytoplanctonique au niveau des sites dragués 52

Figure 25 : Diagramme de richesse pytoplanctonique au niveau des sites non dragués..... 52
Figure 26 : Variation de l'abondance des classes phytoplanctonique au niveau des sites..... 53

Liste des Sigles et acronymes

DCE : Directive Cadre Eau

GPS : Global Positionning System

MES: Matière En Suspension

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel d'Hydrogène

PT : Phosphore Total

TDS : Total Dissolved Solids (Solides Totaux Dissouts)

MDDEFP : Ministère de Développement Durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs

RSVL : Réseau de Surveillance Volontaire des Lacs (RSVL)

NQE : Norme de Qualité Environnementale

NTU : Nelphelometric Turbidity Unit

UTM : Universal Transverse Mercator

Résumé

Les eaux de surface désignent les eaux présentes à la surface terrestre. Elles sont souvent soumises à des aléas naturels et humains. Pour préserver cette ressource, il est crucial de procéder régulièrement à des analyses permettant d'évaluer la qualité de l'eau. C'est dans cet objectif que notre étude a été réalisée pour évaluer la qualité des eaux de la rivière-Sô exploitée à des fins de dragage dans la commune d'Abomey-calavi. Afin d'effectuer une étude représentative de cette rivière, huit (08) sites ont été échantillonnés, dont trois (03) sites dragués et (05) sites non dragués. Sur le terrain, le pH, la température, la conductivité électrique ont été collectés à l'aide d'un multi-paramètre AQUAREAD. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées par la méthode (Rodier et al, 2009) à l'aide du spectrophotomètre DR-5000, le prélèvement phytoplanctonique à l'aide d'un filet à plancton de maille 20 µm. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les eaux draguées sont très turbides et possèdent des profondeurs élevées contrairement aux sites non exploités. La propagation de cette turbidité affecte la transparence des sites non exploités le long de la rivière. Chimiquement, ces eaux contiennent des teneurs élevées en nitrites, nitrates, ammonium et en orthophosphate et ne respectent pas les normes dédiées aux eaux de surface en raison des activités anthropiques à proximité de cette rivière. Biologiquement, les sites dragués présentent de faibles diversités planctoniques. Les Diatomées et les Euglenophycées sont les espèces en plus grand nombre sur cette rivière. Cependant sur les sites exploités, les Diatomophycées sont représentés à 41% et les Euglenophycées à 14% tandis que sur les sites non exploités, les Diatomophycées sont de 59% et 86% pour les Euglenophycées. Au total 77% des espèces phytoplanctoniques présents sur les sites se retrouvent dans les milieux non exploités. L'abondance phytoplanctonique des différents milieux de la rivière dépendent du niveau de la transparence et la teneur en nitrates. Toutefois, la propagation d'une forte turbidité rend les sites exploités pauvre en espèces phytoplanctonique. Pour s'assurer du maintien écologique de cette rivière, il est préférable d'instaurer les normes de dragage des sables en se basant sur la durée d'exploitation et sensibiliser les riverains sur la pollution excessive de la rivière.

Mots-clés : dragage, qualité écologique, rivière-Sô

Abstract

Surface water refers to water present on the earth's surface. They are often subject to natural and human hazards. To preserve this resource, it is crucial to regularly carry out analyzes to assess water quality. It is with this objective that our study was carried out to evaluate the quality of the water of the Sô river exploited for dredging purposes in the commune of Abomey-calavi. In order to carry out a representative study of this river, eight (08) sites were sampled, including three (03) dredged sites and (05) non-dredged sites. In the field, pH, temperature, electrical conductivity were collected using an AQUAREAD multi-parameter. The physicochemical analyzes were carried out by the method (Rodier et al, 2009) using the DR-5000 spectrophotometer. Phytoplankton sampling using a 20 µm mesh plankton net. The results of the physicochemical analyzes showed that the dredged waters are very turbid and have high depths in contrast to unexploited sites. The propagation of this turbidity affects the transparency of unexploited sites along the river. Chemically, these waters contain high levels of nitrites, nitrates, ammonium and orthophosphate and do not meet the standards dedicated to surface waters due to anthropogenic activities near this river. Biologically, dredged sites have low plankton diversity. Diatoms and Euglenophyceae are the species in greatest number on this river. However, on exploited sites, Diatomophyceae are represented at 41% and Euglenophyceae at 14% while on unexploited sites, Diatomophyceae are 59% and 86% for Euglenophyceae. In total, 77% of the phytoplankton species present on the sites are found in unexploited environments. The phytoplankton abundance of the different environments of the river depends on the level of transparency and the nitrate content. However, the spread of high turbidity makes exploited sites poor in phytoplankton species. To ensure the ecological maintenance of this river, it is preferable to establish sand dredging standards based on the duration of operation and to raise awareness among local residents about the excessive pollution of the river.

Keyword: dredging, ecological quality, River-Sô

INTRODUCTION

L'eau est indispensable à toute forme de vie ; elle est nécessaire à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs, la navigation, etc. (Dovonou, 2008). Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. L'exploitation des plans d'eau est d'une très grande importance socio-économique au Bénin (Houssou, 2012). Parmi les activités d'ordre économiques fournies par les plans d'eau, figure le dragage de sable. Dans de nombreuses régions, l'extraction de sable des plans d'eau est une activité économique importante qui fournit des matériaux essentiels à la construction et à l'industrie. Par ailleurs l'urbanisation rapide du sud-Bénin et l'interdiction d'utilisation du sable marin par l'arrêté n° 2008-615 du 28 octobre 2008, a causé l'augmentation de la demande en sable lagunaire et crée ainsi l'exploitation de sable lagunaire comme activité majeur au sein des plans d'eau du Bénin dans les années 2009.

L'activité du dragage de sable a des effets négatifs sur le milieu lagunaire, la pêche, la qualité de vie, le cadre de vie, sur les activités sportives et récréatives ; cela constitue un frein pour l'élan de reproduction rapide des produits halieutiques et réduit considérablement les zones de pêche (Kouassi, 2021). Les impacts de cette activité sur l'environnement sont multiples ; la destruction des habitats de la faune aquatique, de la flore aquatique due au dragage qui entraîne la perturbation des écosystèmes (Kombieni, 2016). L'extraction du sable dans les hydrosystèmes entraîne la destruction des habitats des poissons pondeurs sur substrats et augmente la turbidité de l'eau (Vinawamon, 2010). Une perturbation de la transparence de l'eau peut compromettre la chaîne alimentaire et, par conséquent, nuire à la productivité et à la diversité animale et végétale d'un écosystème aquatique (CREL, 2009). Selon Tortajada, (2011) les perturbations de types chimiques, physiologiques ou comportementales pour une espèce ou un groupe d'espèces indiquent une modification de la qualité des eaux au sein de leur écosystème. L'abondance et la composition du peuplement planctonique sont, en général, de bons indices pour comprendre la structuration et la qualité des eaux (Sherrard *et al.* 2006).

La rivière Sô en tant que ressource naturelle précieuse, joue un rôle indispensable dans la commune de Sô-ava à l'Est du Bénin et ses bras s'allongeant dans la commune d'Abomey-calavi, offre un cadre propice à de nombreuses activités humaines surtout aux opérations de dragage de sable dans cette commune. Cependant, ces activités soulèvent des préoccupations quant à l'impact potentiel qu'elle peut avoir sur la qualité de l'eau et sur l'écosystème aquatique. C'est ce qui justifie la présente étude intitulée : **évaluation de la qualité des eaux de dragage de sable dans la commune d'Abomey-Calavi : cas de la rivière Sô.**

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres distincts. Le premier chapitre, intitulé "Synthèse bibliographique", met en lumière les notions essentielles pour la compréhension du thème de l'étude. Le deuxième chapitre, nommé "Présentation de la zone d'étude", présente les caractéristiques de l'environnement étudié. Le troisième chapitre, "Matériel et méthodologie", expose les approches méthodologique employée sur la rivière et au laboratoire. Enfin, le quatrième chapitre traite des "Résultats et discussions" en présentant les conclusions pertinentes auxquelles nous sommes parvenus.

Objectif général

L'objectif général est d'évaluer la qualité des eaux exploitées pour le dragage de sable dans la commune d'Abomey-Calavi : cas de la rivière Sô.

De façon spécifique, notre étude vise à:

- évaluer les paramètres physico-chimiques des eaux du site du dragage ;
- inventorier le peuplement phytoplanctonique des sites d'extraction de sable de la rivière ;
- identifier les différents facteurs responsables de l'état de phytoplancton de la rivière ;

Hypothèses :

Les hypothèses formulées sont les suivants :

- Le dragage excessif de sables à Sô-ava entraine la détérioration de la qualité de l'eau de la rivière Sô;

- les dragages de sable réduisent l'abondance des espèces planctoniques dans la rivière Sô ;

- la turbidité des eaux exploitées influence la diversité des espèces phytoplanctonique.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Clarification conceptuelle :

1.1. Généralité sur l'eau

1.1.1 Qualité physico-chimique de l'eau

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et le niveau de pollution de l'eau par rapport à un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres : qualité physique (matières en suspension, turbidité, transparence, température, conductivité, salinité etc.), qualité chimique (pH, sels minéraux, matière organique, oxygène dissous, nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silice, etc. Ces paramètres permettent de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion (CPEPESC, 2017).

1.1.2. Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont emmagasinées à la surface des continents. C'est l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact directe avec l'atmosphère. Elles constituent une ressource non négligeable voire indispensable à de nombreux usages comme l'irrigation, la production d'eau destinée à la consommation humaine, l'utilisation dans les procédés industriels ou les loisirs (baignade) (Bensiahmed et Ghalmi, 2013).

Au Bénin, nous bénéficions d'un réseau de cours d'eau assez important présentant un régime d'écoulement saisonnier avec des débits de crue pendant la saison pluvieuse de juillet à octobre, contre des débits d'étiage vers la fin du mois d'avril quasi nuls dans la plupart des cas. Ils prennent naissance, pour la plupart, dans le massif de l'Atacora et alimentent trois bassins : celui du Niger vers le Nord-est, celui de la Volta vers le Nord-ouest et le bassin côtier du Bénin vers le Sud. Actuellement, le pays est subdivisé en quatre (04) grands ensembles hydrographiques qui se présentent comme suit :

➢ l'ensemble hydrographique du Niger qui comprend le fleuve Niger (120 km), la rivière Sota (250 km), la rivière Alibori (338 km) ;

➢ l'ensemble hydrographique de la Volta, constitué par la rivière Mékrou (410 km) et la rivière Pendjari (380 km) ;

➢ l'ensemble hydrographique de l'Ouémé-Yéwa, constitué par le fleuve Ouémé (510 km), le fleuve Okpara (200 km), le fleuve Zou (150 km), la lagune de Porto-Novo (35 km) et le lac Nokoué (150 km^2) ;

➢ l'ensemble hydrographique du Mono-Couffo qui comprend le fleuve Mono (100 km), le fleuve Couffo (190 km), le lac Ahémé (78 km^2), la lagune de Ouidah (40 km^2), le lac Toho (15 km^2) et la lagune de Grand-Popo (15 km^2) (PNE, 2009).

1.2. Généralité sur le dragage

1.2.1. Définition de dragage

On appelle dragage l'opération qui consiste à extraire les matériaux situés sur le fond d'un plan d'eau. L'objectif peut être de réaliser des travaux de génie portuaire (creusement de bassins ou de chenaux), d'entretenir les chenaux fluviaux ou maritimes empruntés par les navires lorsqu'ils ont été comblés par les sédiments, d'effectuer des opérations de remblaiement pour reconstituer les plages ou gagner des terres sur la mer ou d'extraire des granulats marins pour répondre aux besoins du secteur de la construction. Il en existe de différents types : dragues hydrauliques ou mécaniques principalement, ainsi que d'autres formes plus spécifiques.

1.2.2. Drague hydraulique

Cette drague aspire les sédiments au moyen d'une pompe centrifuge, à travers un long tube à embout appelé « élinde ». La profondeur de dragage tourne généralement autour de 30 m, et peut aller jusqu'à 60 m pour une drague autoporteuse. Les sédiments, aspirés sous forme de boue liquide, sont ensuite rejetés, selon les dragues, dans un puits, un chaland ou une zone de dépôt via des conduites.

1.2.3. Drague à eau ou à injection

Cette drague est montée sur un navire. Le mécanisme consiste à injecter de l'eau sous pression dans le sol, ce qui donne un mélange d'eau et de sédiments en suspension. La différence de densité entre ce mélange et l'eau crée un courant qui emporte les sédiments. Cette méthode nécessite une étude approfondie du fonds. Elle peut être mise en œuvre dans les cas où un retour des sédiments peut être évité (chenaux à fort courant, bassins à marées de grande amplitude…).

1.2.4. Dragues pneumatiques

Ces dragues fonctionnent par aspiration avec un système à air comprimé. Le mécanisme agit de la façon suivante : un vide d'air est créé dans un cylindre, provoquant une arrivée de sédiments. Une fois le cylindre plein, les valves sont inversées, l'air comprimée y pénètre alors et expulse les sédiments. Ces dragues sont utilisées notamment sur des chantiers de décontamination.

1.2.5. Techniques d'exploitation des sables au bénin

Il existe trois techniques d'exploitation : l'exploitation artisanale, l'exploitation semi-artisanale et l'exploitation moderne.

- **Exploitation artisanale :**

C'est à cette forme d'exploitation que s'adonnent les populations sur les plans d'eau. Cette technique se fait à la main depuis le prélèvement jusqu'au chargement des camions. Cette technique comprend quatre phases essentielles :

- Extraction du sable ;

- Transport à la berge ;

- Mis en tas ;

- Chargement.

- **Exploitation semi artisanale :**

C'est la forme d'exploitation qu'on observe dans les carrières ouvertes sur le continent. Le sable prélevé à la pelle est directement chargé dans les véhicules engagés dans les tranchées.

- **Exploitation moderne :**

L'exploitation moderne du sable ou dragage industriel est une innovation au Bénin. Le dragage industriel est une opération qui consiste à curer le fond d'un cours d'eau et à enlever le sable, le vase avec des machines spécialisées.

1.3. Paramètres physico-chimiques de l'eau

1.3.1. Paramètre Physique

1.3.1.1. Conductivité Electrique

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^{+}), le potassium (K^{+}), le bicarbonate (HCO^{3-}-), le sulfate ($SO4^{2-}$) et le chlorure (Cl^{-}). Plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Laurentides, 2009).

1.3.1.2. Salinité

La salinité représente la quantité de sels dissous dans un liquide. La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés de l'eau dont : la densité, la compressibilité, le point de congélation, la température du maximal de densité (Merzoug, 2009). Les principaux ions responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^{+}), de potassium (K^{+}), les chlorures (Cl^{-}), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HC$O_3{}^{-}$) (CRAAQ, 2006).

1.3.1.3. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH indique l'équilibre entre les acides et les bases d'un plan d'eau et est une mesure de la concentration des ions hydrogènes en solution (Atanle *et al.* 2013). Sa valeur s'exprime sur une échelle graduée de 0 à 14 où 1 désigne une substance fortement acide, 7, une substance neutre, et 14, une substance fortement basique. Ainsi, les substances ayant un pH inférieur à 7 sont acides tandis que les substances ayant un pH supérieur à 7 sont basiques (Laurentides, 2009). Le potentiel d'Hydrogène (pH) représente un facteur complexe déterminé par divers facteurs chimiques (présence des carbonates, CO_2, HCO_3^{-}, etc.), physiques (échange air-eau, etc.) et biologiques (équilibre entre l'activité des producteurs primaires et l'activité saprophytique du milieu).

1.3.1.4. Solides totaux dissous

Les solides dissous totaux (TDS) sont constitués de sels inorganiques (magnésium, potassium, calcium, bicarbonates, sodium, chlorures et sulfates) et de quelques petites quantités de matières organiques dissoutes dans l'eau. Les eaux de ruissellement agricoles et urbaines peuvent provoquer un surplus de minéraux dans les cours d'eaux (FEPS, 2010).

1.3.1.5. Température

D'une façon générale, la température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques (Ayad, 2017) et par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (Ayad, 2017). C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la compréhension de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. (Ayad, 2017). Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes et peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (Ayad, 2017). Par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier, 2009).

1.3.1.6. Turbidité

La turbidité mesure et quantifie l'état d'une eau troublée par des particules en suspension ; cela s'applique à toutes les eaux : eaux douces, eaux marines, eaux saumâtres. La turbidité reflète ainsi l'état d'un liquide dû à la présence de particules en suspension, fines mais visibles, qui gênent le passage de la lumière (aquaportail.com).

1.3.1.7. Transparence

La profondeur exacte à laquelle le disque de Secchi disparaît de la vue de l'observateur est une mesure de la transparence de l'eau. La transparence est fortement liée à une propriété de l'eau : celle de transmettre la lumière.

1.3.1.8. Oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous est en fait la quantité d'oxygène présent en solution dans l'eau à une température donnée, (crelaurentides.org), disponible pour la vie aquatique et l'oxydation des matières organiques. Dans les études scientifiques ou dans les livres, on utilise parfois l'abréviation O.D. pour désigner l'oxygène dissous. On dit qu'une eau est saturée en oxygène lorsqu'elle ne peut plus dissoudre ce gaz. (Crelaurentides.org).

1.3.2. Paramètres Chimique

1.3.2.1. Nitrite (NO_2^-) ; Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre Nitrosomonas, puis en nitrates par les bactéries du genre Nitrobacter (Santé Canada, 1992). Les nitrates sont très solubles dans

l'eau ; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation (Santé Canada, 1992). Les concentrations de nitrates et de nitrites dans l'eau peuvent être exprimées sous forme de nitrates (ou nitrites) ou sous forme d'azote. Un milligramme de nitrates par litre (mg/l de NO3) équivaut à 0,226 mg de nitrates, sous forme d'azote, par litre (mg-N/l). Dans le cas des nitrites, un mg/l équivaut à 0,304 mg-N/l (National Research Council, 1995).

1.3.2.2. Ammonium ($NH4^+$)

L'ammonium (NH4+) est la forme ionisée de l'azote ammoniacale. Il est relativement fréquent dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (décomposition des déchets végétaux et animaux) (bretagne-environnement.fr).

1.3.2.3. Orthophosphate

Les orthophosphates dans les eaux naturelles correspondent à la fraction de phosphore qui se trouve sous forme minérale dissoute. C'est un élément essentiel pour assurer la rigidité des tiges, le développement des racines et le bon fonctionnement de la reproduction des plantes (Lefebvre et Mugnie, 2007). Compte tenu de son importance dans la constitution des êtres vivants, il joue souvent, vis-à-vis de leur développement, le rôle de ''facteur limitant''. En effet, selon Rodier et al. (2005), le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues ; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs, où elles contribuent à l'eutrophisation. La présence des phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieures à 0.1 ou 0.2 mg/L est l'indice d'une pollution par des eaux vannes contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques ainsi que par les eaux de ruissellement.

1.4. Phytoplancton

Le phytoplancton désigne l'ensemble des microorganismes photosynthétiques unicellulaires. Ces organismes vivent en suspension dans la masse d'eau et de par leur capacité de déplacement limitée, leur distribution est en grande partie conditionnée par le mouvement des masses d'eau. Le phytoplancton forme un ensemble de microorganismes très diversifié en termes de taille (s'échelonnant du micromètre au 10 de millimètre), d'organisation (solitaire, coloniale, filament), et de forme (FRAISSE, 2013). Si les organismes phytoplanctoniques représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur Terre, ils assurent 45% de la production primaire dans les milieux aquatiques (Abdennadher, 2014).

1.4.1 Cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des bactéries photosynthétiques ; on les retrouvent majoritairement en milieu dulcicole stagnant, certaines sont toxiques. Elles sont présentes la plupart du temps sous forme de colonies. On peut noter que la vie est d'abord apparue dans les océans, les cyanobactéries primitives étant parmi les plus vieilles formes de vie, ancêtres probables du phytoplancton.

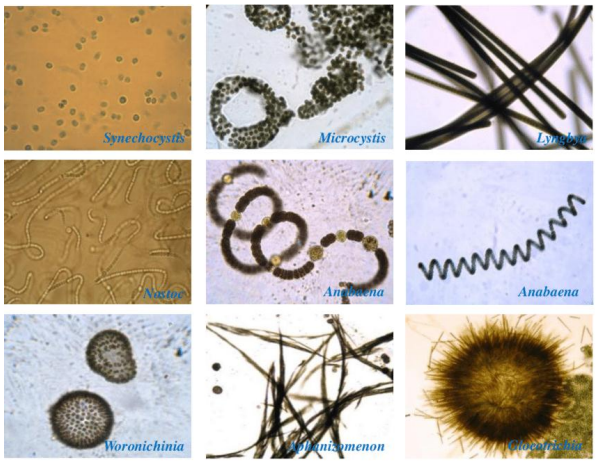


Figure 1 : Cyanobactéries (Source : Brahim Sabour).

1.4.2. Chrysophycées

Les chrysophycées sont des algues unicellulaires (rarement filamenteuses) jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 microns). Elles vivent indépendantes ou en colonies dans les eaux marines et continentales des zones tempérées et chaudes (Mollo *et al.*, 2013). Elles sont des microalgues pélagiques, dont le nombre de flagelles est variable. La plupart des cellules sont uniflagellées mais d'autres possèdent deux flagelles généralement de même taille. Ceux dotées de deux flagelles, peuvent se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface. C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (Mollo *et al*., 2013).



Figure 2 : Chrysophycées Abdennadher, (2014)

1.4.4. Diatomées

Les diatomées sont la classe phytoplanctonique la plus représentée en termes de biomasse et diversité, dans les zones tempérées. Elles sont cosmopolites, on les retrouve dans tous les océans et rivières. Elles possèdent une caractéristique : la présence d'une enveloppe externe en silice, le frustule, composé de 2 valves. On distingue 2 ordres, identifiables en fonction de la symétrie de la cellule :

• les diatomées centriques ;

• les diatomées pennales.

Elles présentent une grande diversité de formes géométriques : ovale, ronde, carrée, cylindrique, etc. Certaines espèces sont solitaires, d'autres vivent associées en chaînes.



Figure 3 : Diatomées (Foster, J.N., Sheath, R. G. (2006)).

1.2.5. Dinoflagellés

Les dinoflagellés sont des microalgues unicellulaires de couleur rouge-orangé et de taille moyenne ou petite, entre 3 et 50 microns. Ils possèdent deux flagelles, une ceinture transversale, des plaques de cellulose sur la partie externe de la membrane, un cingulum qui encercle la cellule et la divise en une épithèque et une hypothèque alors qu'une invagination longitudinale (le sulcus) définit la face ventrale de la cellule (Groga, 2013). Particulièrement abondants dans les régions tempérées et polaires, les dinoflagellés sont présents dans le monde entier et vivent, isolés ou en colonies, dans les eaux marines ou saumâtres. Ils occupent une place importante (après les diatomées) dans la contribution à la production primaire, alimentation de base de la chaîne alimentaire marine qui va jusqu'aux gros poissons et aux grands mammifères marins (Mollo *et al.*, 2013).

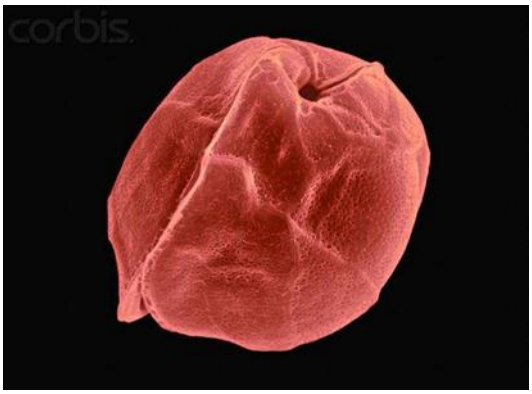


Figure 4 : Dinophycées (Benfiala *et al.*, 2013).

1.2.6. Chlorophycées

Les chlorophycées sont un groupe important, principalement en eau douce. Les formes sont très variables, les cellules peuvent être isolées ou associées. Elles forment ponctuellement des blooms*, colorant l'eau en vert. (aquaportail). Les chlorophycées sont des microalgues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde, elles mesurent de 1 à 10 microns et peuvent, comme les chrysophycées, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface. Les chlorophycées forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygophycées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (John, 1994).



Figure 5 : Chlorophycées (Groga, 2012)

1.2.7. Euglenophycées

Elles sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Elles sont presque toutes unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoides (Rosowski, 2003). Les Euglénophycées sont surtout rencontrées dans des milieux riches en matières organiques. En ce qui concerne leur mode de reproduction, la division cellulaire semble être la règle pour cette classe du phytoplancton (Groga, 2012).



Figure 6 : Euglenophycées (Abdennadher, 2014).

CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE

2. Cadre d'étude

La Commune d'Abomey-Calavi est située dans le département de l'Atlantique en République du Bénin. Elle est comprise entre les parallèles 6°22' et 6°30' de latitude Nord et les méridiens 2°15'et 2°22' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par la commune de Zè, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Est par la commune de Cotonou et de So-Ava et à l'Ouest par les communes de Ouidah et Tori-Bossito. Elle s'étant sur une superficie de 539 km2 ; près 20 % de la superficie du département et 0,47 % de la superficie nationale. L'effectif et compte une population qui est évalué à 656358 habitants en 2013 avec 332784 femmes et 323574 hommes. La commune compte Neuf (9) arrondissements : Abomey-Calavi ; Akassato ; Godomey ; Golo-Djigbé ; Hèvié ; Kpanroun ; Ouèdo ; Togba et Zinvié et Cent quarante-neuf (149) villages et quartiers. (Monographie départementale, 2019).

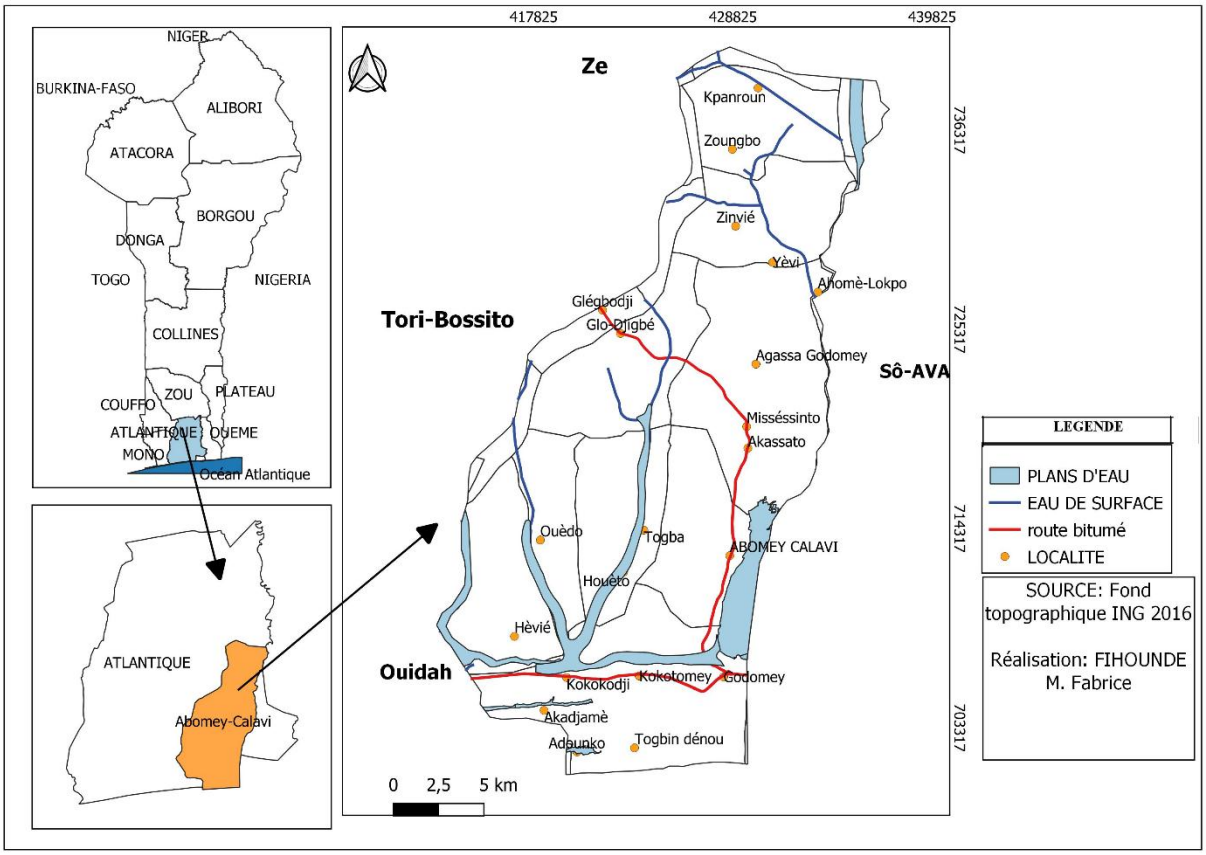


Figure 7 : Localisation géographique de la commune d'Abomey-Calavi

2.1. Démographie

La commune d'Abomey-Calavi subit aujourd'hui l'influence de la proximité de Cotonou, la capitale économique. L'ethnie dominante dans la commune est le `'Aïzo", mais les migrations

récentes ont favorisé l'installation d'autres ethnies telles que les `'Fon", les `'Toffin", les `'Yoruba", les `'Nagot", les `'Goun", etc. Les religions les plus pratiquées sont le christianisme, les religions traditionnelles, l'islam, etc. (Comlan, 2007).

2.2. Climat et hydrographie

Le climat de la région est de type subéquatorial, caractérisé par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La grande saison des pluies s'étend de mi-mars à mi-juillet, suivie d'une petite saison sèche de mi-août à mi-septembre. Ensuite, une petite saison des pluies se produit de mi-septembre à mi-décembre, suivie d'une grande saison sèche de mi-décembre à mi-mars. La pluviométrie annuelle est d'environ 1200 mm, répartie entre 700 à 800 mm pour la grande saison des pluies et 400 à 500 mm pour la petite saison des pluies.

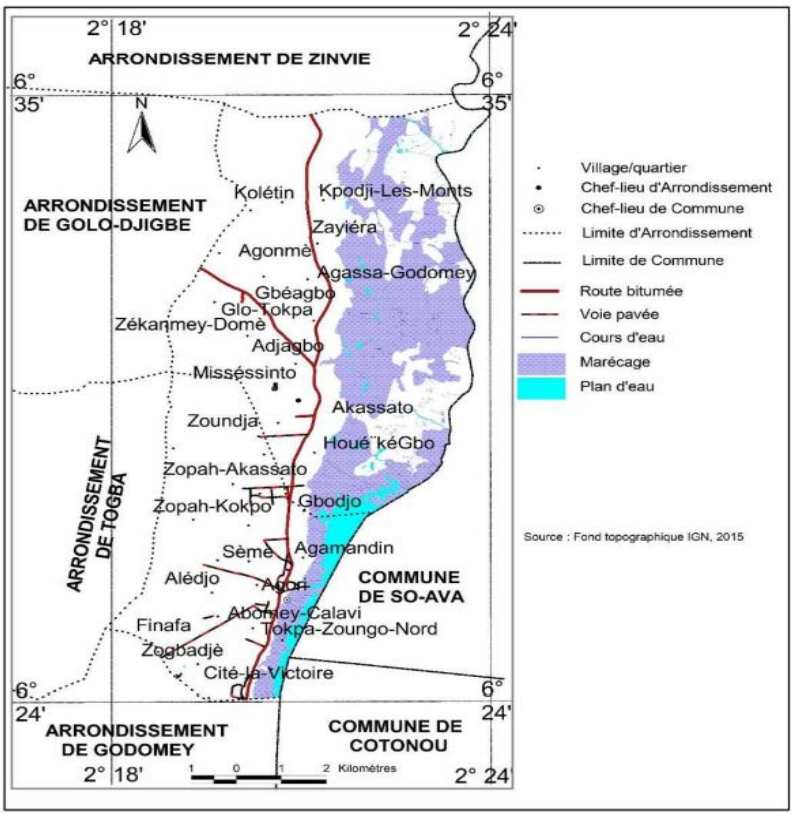


Figure 8 : Réseau hydrographique de la portion de la ville d'Abomey-Calavi (EIES)

Le réseau hydrographique est constitué essentiellement de deux plans d'eau que sont le lac `'Nokoué" et la lagune côtière. Par ailleurs, la commune dispose d'une façade maritime juxtaposée à la lagune côtière, des marais, des ruisseaux et des marécages.

2.3 Rivière Sô

La rivière Sô prend sa source au lac Hlan à l'ouest de kpomè (Sanni, 2015), et traverse cinq arrondissement de la commune de Sô-Ava. Elle est d'une longueur de 84.4 km (Topo foncier, 2006). Ses plus forts débits sont observés pendant les crues (Afrique Conseil, 2006).

2.4. Description du Dragage de Sable

Le site de déversement des sables extraits de la rivière se localise entre les coordonnées UTM 31N430773 et 31N719019. La drague est montée sur un navire dont le mécanisme consiste à injecter de l'eau sous pression dans le sol, ce qui donne un mélange d'eau et de sédiments en suspension. La différence de densité entre ce mélange et l'eau crée un courant qui emporte les sédiments.



Photo 1 : Plateforme de drague (FIHOUNDE, 2023)



Photo 2 : Déversement de sable (FIHOUNDE, 2023)

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

3. Matériels Et Méthodes

3.1. Matériels de prélèvement et de mesure

3.1.1. Matériels de terrain

- un GPS pour enregistrer les coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage ;
- des flacons plastiques de 1,5 L pour recueillir les échantillons d'eaux destinées aux analyses physico-chimiques ;
- des bouteilles pour les échantillons destinés aux décomptes de plancton;
- un multi-paramètre de marque AQUARED pour la mesure des paramètres in-situ comme le pH, la température, la conductivité, la salinité ;
- un disque de Secchi pour mesurer la transparence ;
- une bande adhésive pour étiqueter les échantillons ;
- des boîtes en verre pour conserver le plancton récoltés de 250 mL ;
- un colorimètre pour mesurer les matières en suspension dans l'eau ;
- une glacière pour conserver l'échantillon jusqu'au laboratoire ;
- un formol de 4% et le Lugol pour la fixation des échantillons destinés au plancton ;
- un appareil photo pour la prise d'images montrant nos activités sur le terrain ;
- un filet à plancton.

3.1.2. Matériel de laboratoire

Pour les analyses chimiques :

- un spectrophotomètre DR 5000 pour la mesure de l'absorbance des différents paramètres chimiques;
- un microscope VWR pour l'observation du phytoplancton microscopique ;
- la verrerie de laboratoire ;
- un colorimètre HACH DR 850 pour mesurer les matières en suspension ;
- une étuve DHG-9030 pour le séchage.



Photo 3 : Microscope VWR
(FIHOUNDE, 2023)

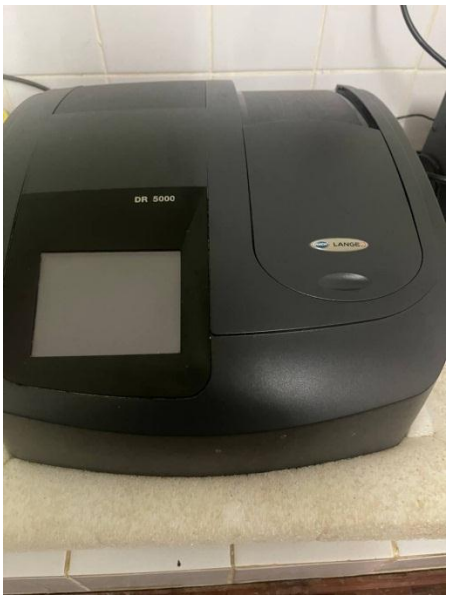


Photo 4 : Spectrophotomètre DR 5000
(FIHOUNDE, 2023)



Photo 5 : Multi parametre AQUAREAD
(FIHOUNDE, 2023)



Photo 6 : Etuve DHG-9030
(FIHOUNDE, 2023)

3.2. Méthodes

3.2.1. Recherche documentaire

À cette étape de notre étude, nous avons réalisé une recherche approfondir en utilisant diverses sources d'information, notamment les bibliothèques, les bureaux d'études, Internet, ainsi que des études antérieures et des mémoires. La collecte des données nous a permis d'obtenir une compréhension générale de la zone que nous examinons, en nous orientant vers des documents pertinents liés à notre domaine de recherche, y compris les paramètres physico-chimiques et biologiques caractéristiques de cette zone.

3.2.2. Acquisition des données

3.2.2.1. Choix des points de prélèvements

Le choix des points d'échantillonnage a été fait en considérant les sites exploités pour le dragage de sable ainsi nous, avions sélectionné un (01) site en cours de dragage, un (01) site de dragage abandonnée et un (01) site dragué située à 70 m de la berge. Cinq (05) autres sites dans les zones non exploitées dont la première est située proche de la berge, les autres sites le long de la branche de cette rivière. Le tableau 1 ci-dessous nous présente ces différents sites de prélèvements et leurs coordonnées respectifs.

Tableau 1 : Sites de prélèvement et leurs coordonnées

Sites	Attribut	Coordonnées en UTM	
		Longitude	Latitude
Site Dragué	D1	718967	430902
Site Dragué (En Cours de dragage)	D2	719059	431088
Site Dragué (abandonnée)	D3	718931	431172
Site Non Dragué (Proche de la berge)	ND1	718933	430769
Site Non Dragué	ND2	719231	431318
Site Non Dragué	ND3	718725	431657
Site Non Dragué	ND4	718729	432005
Site Non Dragué	ND5	718736	432363

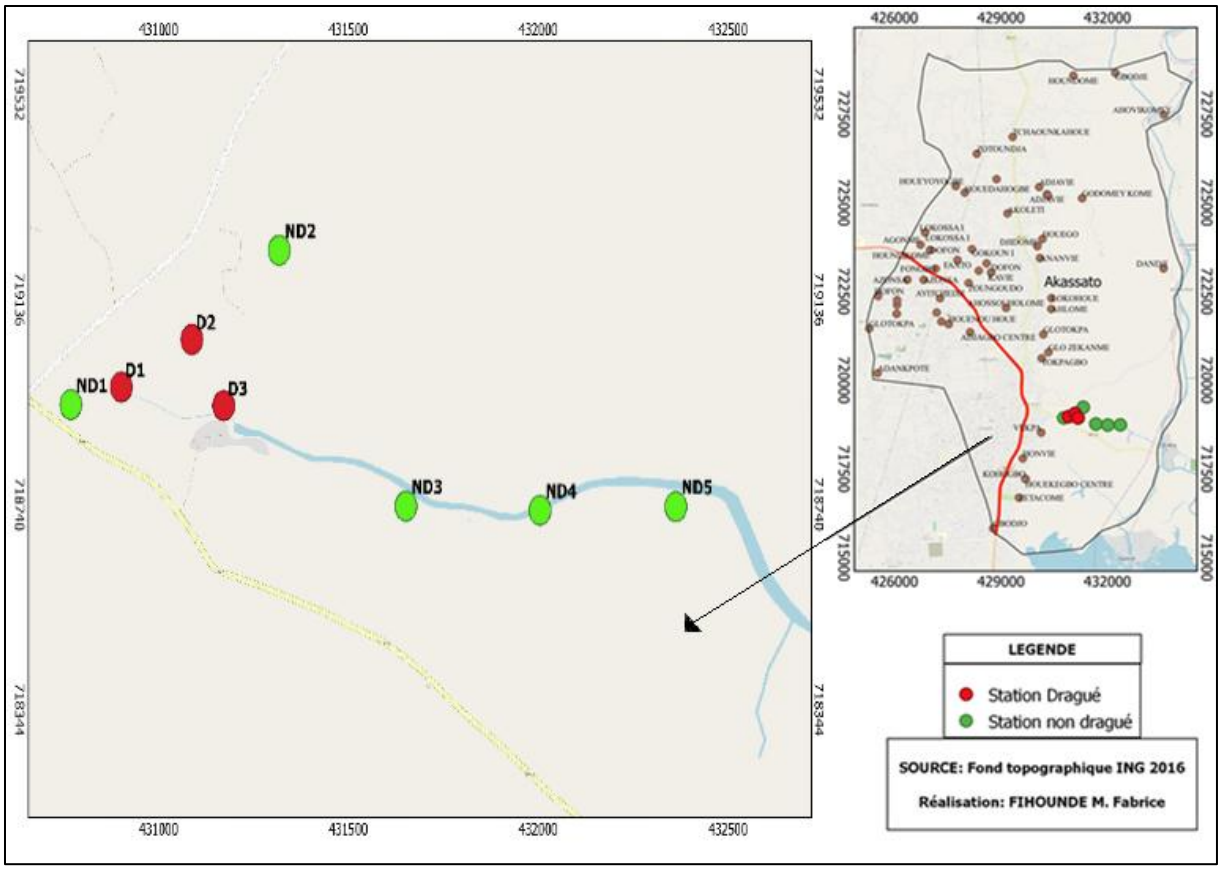


Figure 9 : Carte de localisation des sites d'échantillonnage

3.2.3. Echantillonnage de l'eau

L'échantillonnage a été effectué à partir d'une embarcation, entre 8h et 12h au début du neuvième mois de l'année. Huit (08) échantillons d'eau ont été prélevés. Avant de prélever l'échantillon, une série préparative suivant un protocole de nettoyage a été adopté. Cela implique la préparation des étiquettes, la préparation de la glacière et du bloc réfrigérant. Pendant le processus d'échantillonnage, il est crucial de rincer le flacon à plusieurs reprises avec de l'eau d'échantillonnage afin de garantir l'absence d'interférences physico-chimiques avec les paramètres que nous souhaitons mesurer. La transparence et la profondeur ont été mesurées à l'aide d'un disque de Secchi ; le pH, la conductivité électrique, le TDS (Solides Totaux Dissous), l'oxygène dissous, la température des eaux et la salinité avec le multi-paramètre AQUAREAD. Le flacon de prélèvement est ensuite complètement immergé dans l'eau et positionné à contre-courant pour effectuer l'échantillonnage instantané. Une fois que le flacon est rempli, il est fermé sous l'eau pour éviter la formation de bulles d'air et tout risque de fuite de gaz.



Photo 7 : Prélèvement d'échantillon (FIHOUNDE, 2023)

3.2.4. Echantillonnage du phytoplancton

L'échantillonnage a été effectué en utilisant un filet à plancton de maille de 20 µm. Ce filet est généralement de forme conique et est soutenu par un entonnoir à son extrémité, ce qui permet de concentrer la quantité d'eau filtrée. Le processus d'échantillonnage implique de drainer le filet sur une distance d'environ 5 à 10 mètres, en le maintenant à contre-courant de manière horizontale. Une fois que l'échantillon est collecté, il est versé dans le flacon de 250 mL et ensuite fixé au moyen de formol.



Photo 8 : Receuil d'échantillon phytoplanctonique (FIHOUNDE, 2023)

3.2.5. Analyse physico-chimique

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées par la méthode de Rodier et al, 2009. Ces analyses concernent les nutriments tels que les nitrates, nitrites, ammonium, orthophosphates et phosphores total (voir annexe).

3.2.6. Analyse biologique

3.2.6.1. Dénombrement et identification du phytoplancton

L'eau échantillonnée dans les boites en verre 250 mL est conservée pendant 24 h et on diminue le surnageant à la moitié du volume prélevé qui est environ 250 mL. Le dénombrement du phytoplancton est fait à l'aide du microscope photonique de marque VWR. Une goutte d'eau est prélevée au fond à l'aide d'une pipette après homogénéisation. Cette goutte est déposée entre lame et lamelle puis observée au microscope photonique à l'objectif 40. Ensuite on prélève ensuite 1 mL de l'échantillon avec une micropipette et on étale sur la cellule de bulker. À travers le microscope, on observe les espèces qu'on dessine et au fur et à mesure on compte les espèces retrouvées plusieurs fois. Les espèces observées sont identifiées à l'aide des différentes clés d'identification recueillies sur internet et les clés d'identification de André ILTIS (les algues 1955) et les clés d'identification de Pierre BOURRELLY (les algues d'eaux douces ; introduction à la systématique, 1990).

3.2.6.2. Calcul de l'abondance

La biomasse planctonique est définie comme le nombre d'individus d'une espèce par unité de surface. Pour le calcul de cette biomasse par NIO (2004) comme suit :

$$A=\left(\frac{n*V2}{V1}\right)$$

- A : est le nombre d'individus phytoplanctoniques par millilitre d'eau filtré par le filet ;
- n : est le nombre d'individus phytoplanctoniques comptés au microscope dans

1 mL d'échantillon ;

- V1 : volume observé qui est de 1 mL ;
- V2 : est le volume total d'eau filtré par le filet en litre 250 mL;
- V2 : est le volume de concentration des organismes en millilitre 20 L.

3.2.7. Traitement des données

Le traitement des résultats et la création de la matrice de corrélation de Pearson ont été effectués avec le logiciel R-Studio 4.3.1, plus le coefficient sera proche de 1 et plus la relation linéaire positive entre les variables sera forte. Plus le coefficient est proche de -1, plus la relation linéaire négative entre les variables est forte. La réalisation des graphes et des tableaux a été effectuées avec Excel office 2019. Pour la cartographie, le logiciel QGIS 3.6.1 a été utilisé. En ce qui concerne la rédaction du document, Microsoft Word 2019 a été le logiciel de choix.

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

4. Résultat et discussion

4.1. Résultat

Au terme des différents travaux de recherche, nous avons recueilli des données issues du terrain et en laboratoire, portant sur la qualité physique, chimique et biologique de la rivière sô à AKASSATO dans la commune d'Abomey-Calavi. Dans ce chapitre, sont présentés les résultats obtenus :

4.1.1. Caractéristiques physico-chimiques de la rivière Sô dans la zone de dragage de sable.

4.1.1.1. Température

La figure ci-après présente la température des sites dragués et des sites non dragués. La température des sites varie entre 27.73°C et 29.1°C soit une moyenne de 28.53°C. Le site non dragué ND2 présente la valeur maximale de température. Ces valeurs sont tous inférieures à la limite exigé par les directives de l'OMS(<30°C).

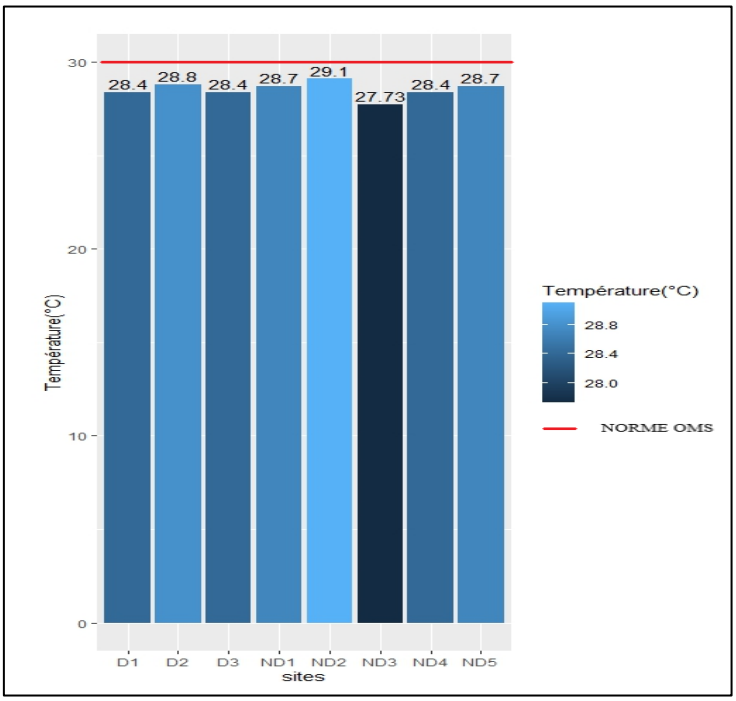


Figure 10 : Variation de la température

4.1.1.2. Profondeur

La profondeur des sites dragués varie entre 4,46 m à 4,98 m. La plus grande profondeur observée au niveau du site D3 avec 4,89 m. Les sites non dragués présentent des profondeurs moins importantes et varient entre 0,65 m à 1,9 m.

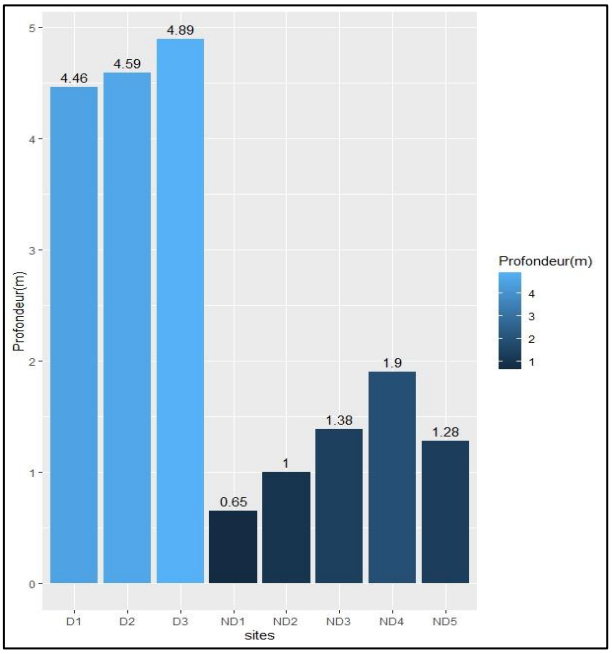


Figure 11 : Variation de la profondeur des sites Dragués et non dragués

4.1.1.3. Transparence

Les valeurs de la transparence mesurée varient entre 10 cm et 12 cm pour les sites dragués. La plus faible transparence est obtenue au niveau du site D3. La transparence varie entre 0,09 m à 0,54 m pour les sites non dragués. Le site non dragué ND1 situé proche de la berge est le site présentant la plus faible transparence et le site ND5 la plus grande transparence de 0,54m. Toutes les valeurs sont inférieures à la limite de tolérable qui est de 2 m selon l'OMS pour les eaux de surface.

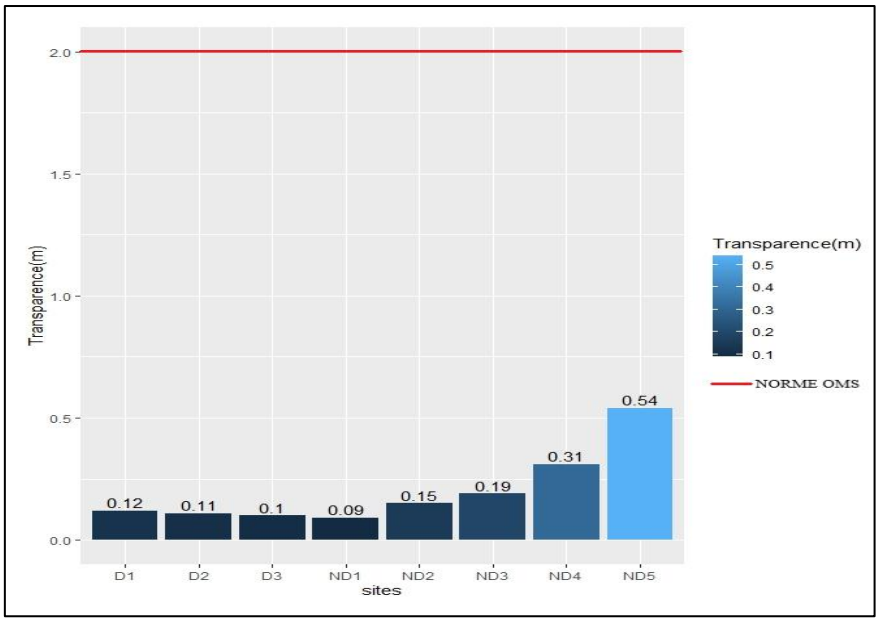


Figure 12 : Variation de la température de l'eau des sites de prélèvement

4.1.1.4. pH

La Figure présente les valeurs du potentiel d'Hydrogène obtenues au niveau des eaux de la rivière Sô. L'analyse de cette figure nous montre que le potentiel d'hydrogène varie entre 6,06 et 6.33. Nous remarquons que ces valeurs sont inférieures à 6,5 et 8,5 représentants la valeur normalisée pour ce paramètre ; directive OMS, 2013. Ces valeurs montrent ainsi que les eaux de ces sites sont acides.

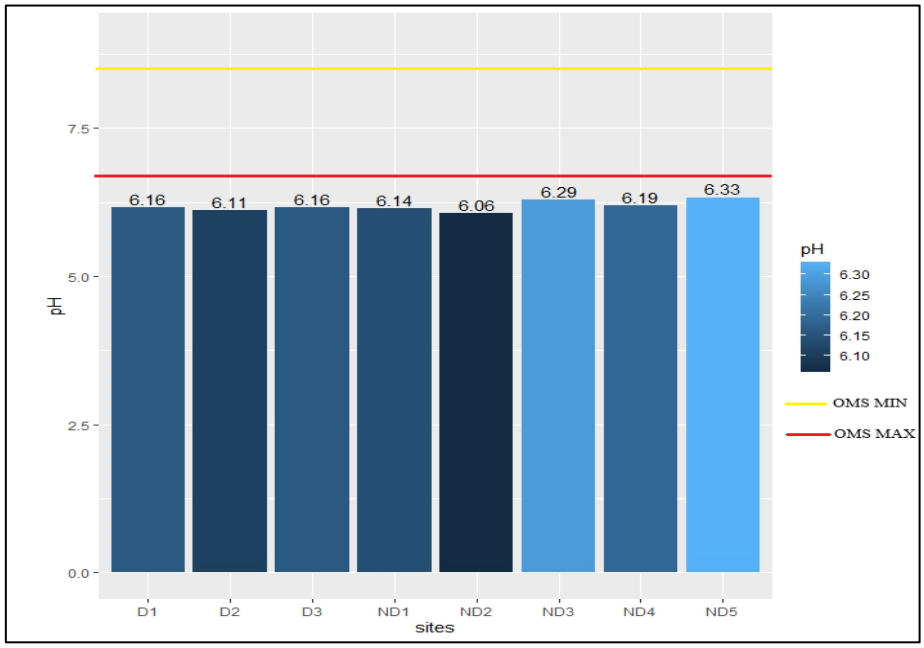


Figure 13 : Variation de pH au niveau des différents sites

4.1.1.5. Turbidité

La Figure ci-dessous présente les valeurs de la turbidité mesurés sur les sites dragués et non dragués. Les sites dragués présentent des valeurs comprises entre 411 NTU et 585 NTU. Les turbidités mesurées sur les sites non dragués ND1 et ND2 sont respectivement 589 NTU et 486 et font parties des valeurs les plus élevées parmi les sites non dragués. Contrairement aux autres sites, les sites non dragués ND4 et ND5 présentent des turbidités très faibles soit 35 NTU et 30 NTU.

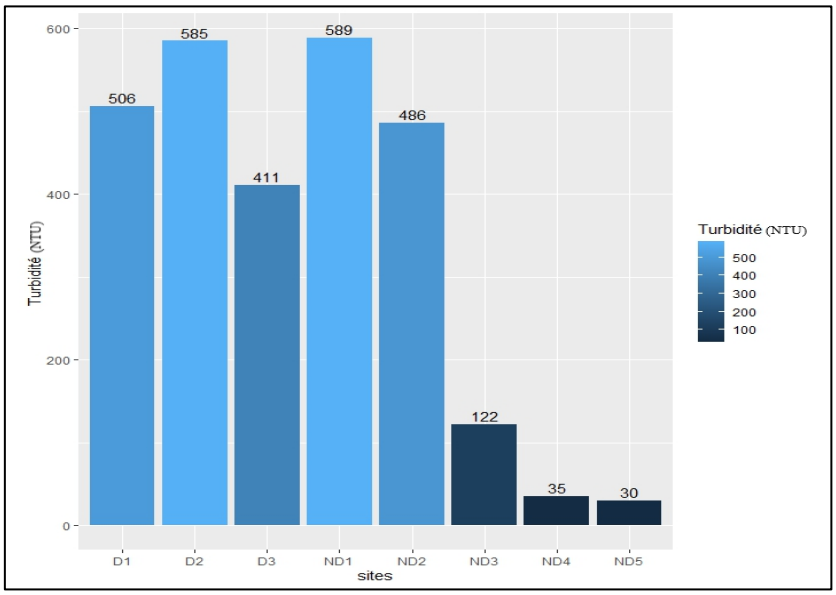


Figure 14 : Variation de la turbidité sur les sites

4.1.1.6. Oxygène dissous

La figure présente l'oxygène dissous relevé sur chaque site de prélèvement. Les mesures de l'oxygène dissous sur les sites dragués et non dragués sont tous inférieure à 1mg/L et n'atteint pas le niveau de tolérance donner par l'OMS qui est de 5 mg/L ceci montre que le milieu présente alors un caractère anoxique. L'oxygène dissous est plus élevé sur le site non dragué ND4.

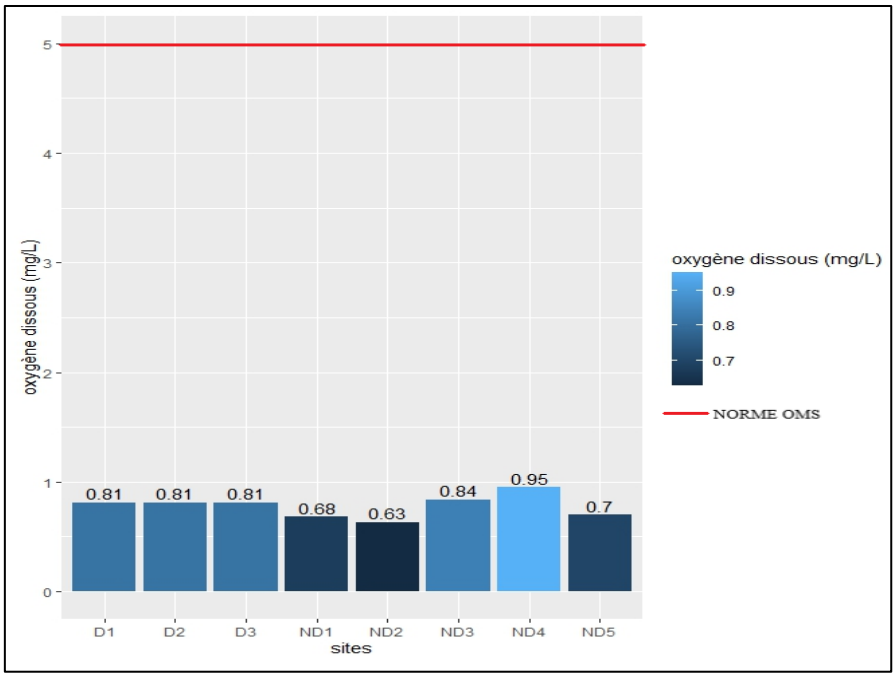


Figure 15 : Variation d'oxygène dissous sur les sites

4.1.1.7. Salinité

La teneur en salinité des sites non dragués est de 0,05 mg/L à l'exception du site non dragué ND1 qui en contient 0,07 mg/L. La concentration en salinité des sites dragués varie entre 0,05 mg/L et 0,07 mg/L.

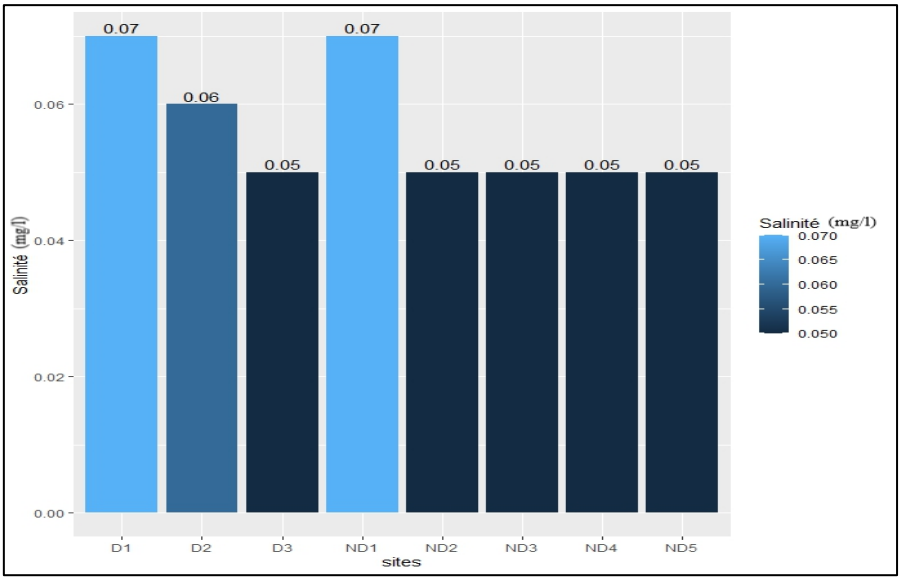


Figure 16 : Variation de la teneur en salinité des différents sites

4.1.1.8. TDS

Le graphe nous présente les valeurs de TDS au niveau des sites dragués et les sites non dragués dans la rivière sô. Nous constatons que les valeurs varient entre 104 mg/L à 145 mg/L. La plus faible valeur est obtenue au niveau du site dragué D3 et la plus forte valeur est obtenue au niveau du site dragué D1, avec une moyenne de 119,6 mg/L.

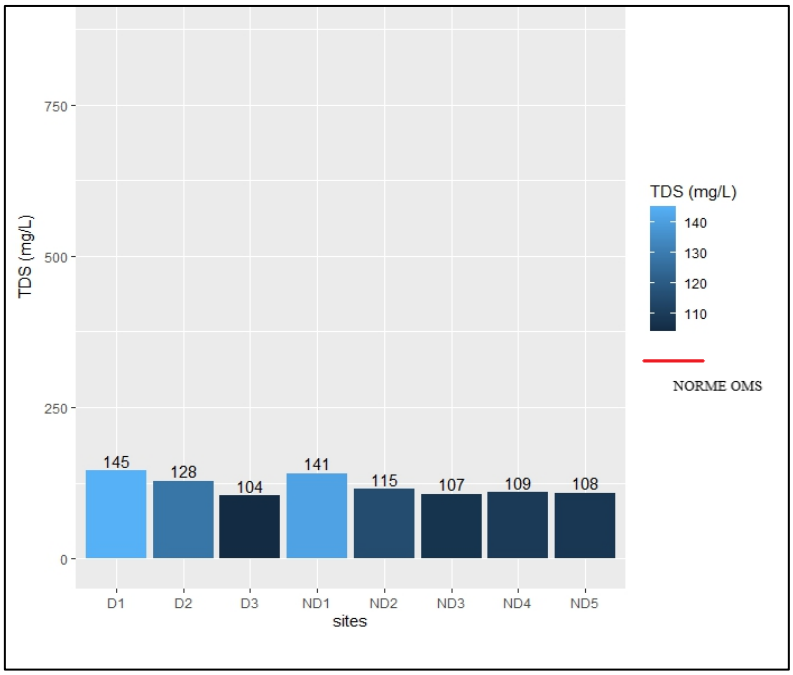


Figure 17 : Variation des valeurs des TDS

4.1.1.9. Conductivité Electrique

La présente figure expose les données de la conductivité obtenues au niveau des différents sites de la rivière sô exploités pour le dragage de sable à AKASSATO. La conductivité électrique des sites dragués varie entre 162 µS/cm et 223 µS/cm. Les sites non exploités présentent des conductivités électriques variants entre 164 µS/cm et 214 µS/cm avec une moyenne de 212.2 µS/cm. La valeur maximale des sites non dragués est obtenue sur le site ND1.

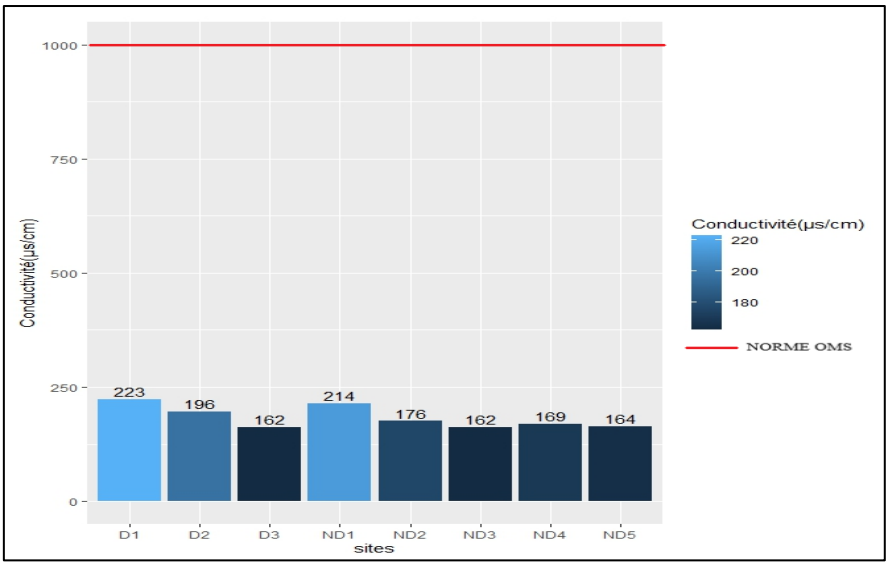


Figure 18 : Variation de la conductivité electrique

4.1.1.10. Ammonium

La figure présente les valeurs de l'ammonium relevé sur chaque site. La valeur la plus élevée est obtenues sur le site non dragué ND1 avec une valeur de 3.7mg/L. Les valeurs des sites dragués varient entre 2.65mg/L et 3.5mg/L soit une moyenne de 3.15mg/L. le site non dragué ND5 présente le plus faible taux en ammonium soit 0,17mg/l. Par ailleurs les différentes valeurs d'ammonium de tous les points de prélèvements sont supérieures à la norme de l'OMS 0,1mg/L.

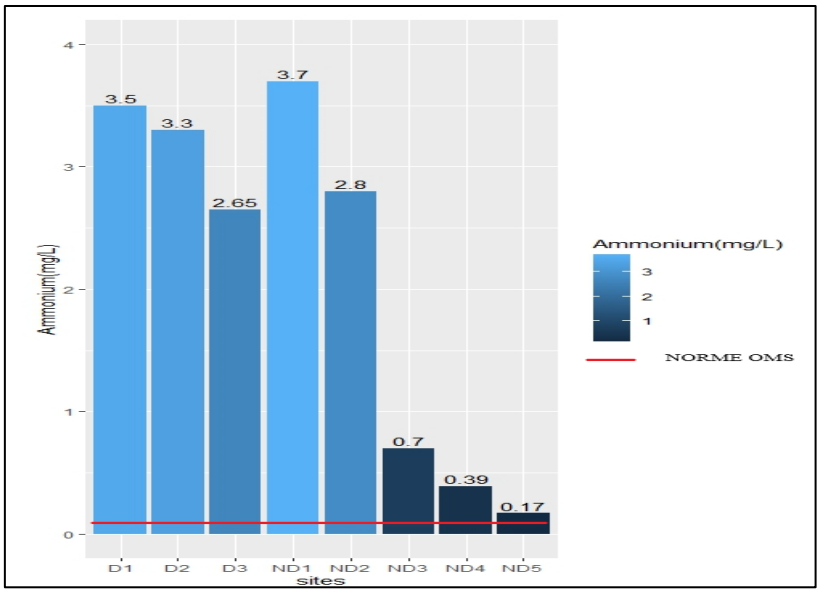


Figure 19 : Variation de l'ammonium des différents sites

4.1.1.11. Orthophosphate

Nous remarquons que les sites dragués et les deux premiers sites non dragués révèle des teneurs les plus élevées en orthophosphate. Les sites non dragués ND5 et ND4 présentent les plus faibles valeurs soit 0.2mg/L d'orthophosphate. Tenant compte de la norme de l'OMS(0.2mg/L), seuls les sites de prélèvement (04) et (05) respectent cette norme.

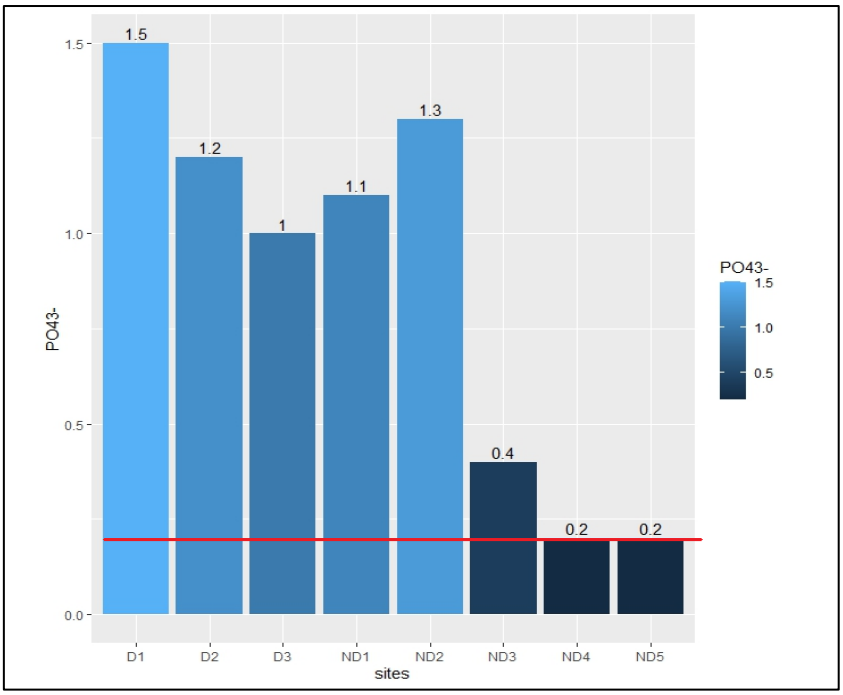


Figure 20 : Variation de l'Orthophosphate des sites

4.1.1.12. Nitrites

Les valeurs déterminées au laboratoire lors des analyses révèlent que les teneurs en nitrites varient entre 1.68 mg/L et 2.2 mg/L pour les milieux dragués et de 0.13 mg/L à 2.23mg/L pour les milieux non dragués. Les valeurs de la concentration en nitrite obtenues sur la rivière en exploitation dépassent la norme fixée par l'OMS (0,1 mg/L).

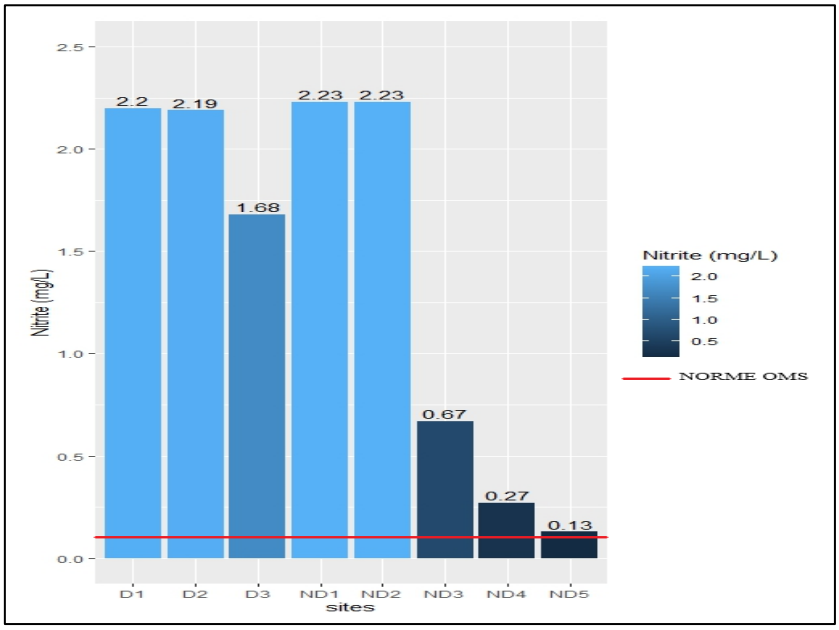


Figure 21 : Variation des teneurs en nitrite des sites

4.1.1.13. Nitrates

La figure présente la concentration des nitrates sur la rivière exploitée pour le dragage de sable. La concentration est de 0.53mg/L pour le site dragué D1 et nul pour les autres sites dragués. La valeur des nitrates du site non dragué ND5 est de 1.95mg/L. Par rapport à la limite de détection 0,001 mg/L, le site non dragué 5 constitue la plus forte valeur.

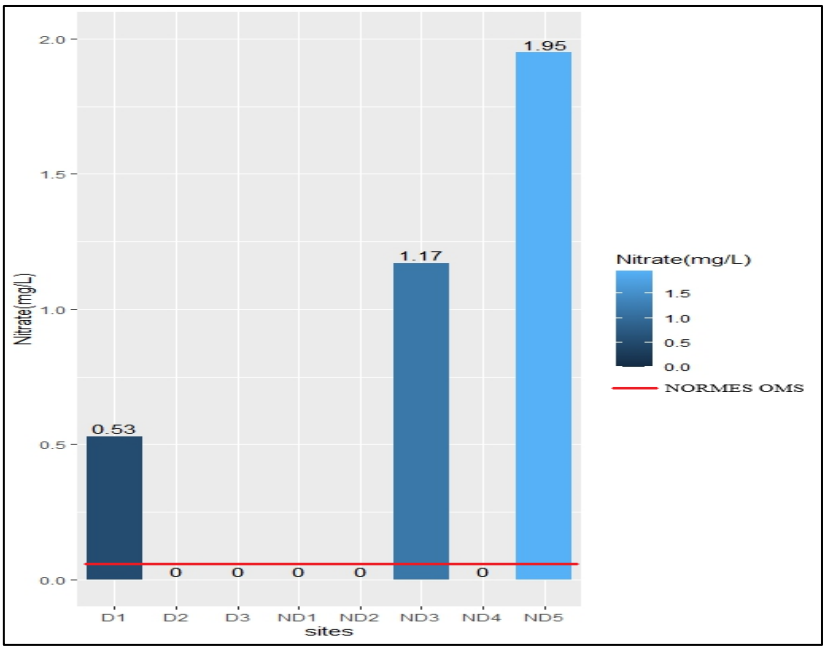


Figure 22 : Variation des teneurs en nitrate sur les sites

4.1.2. Corrélations entre les différents paramètres mesurés au niveau des sites dragués et des sites non dragués.

Le pH et la transparence révèlent une corrélation négative très significative avec les nitrites ; turbidité ; l'ammonium et l'orthophosphate. Par contre, une corrélation positive est enregistrée entre la salinité ; les TDS et la conductivité électrique. On note une corrélation positive et significative entre l'orthophosphate et l'ammonium, les nitrites avec la turbidité ; l'ammonium et l'orthophosphate, ensuite une corrélation positive entre la turbidité ; l'orthophosphate et l'ammonium enfin entre les nitrates et le pH.

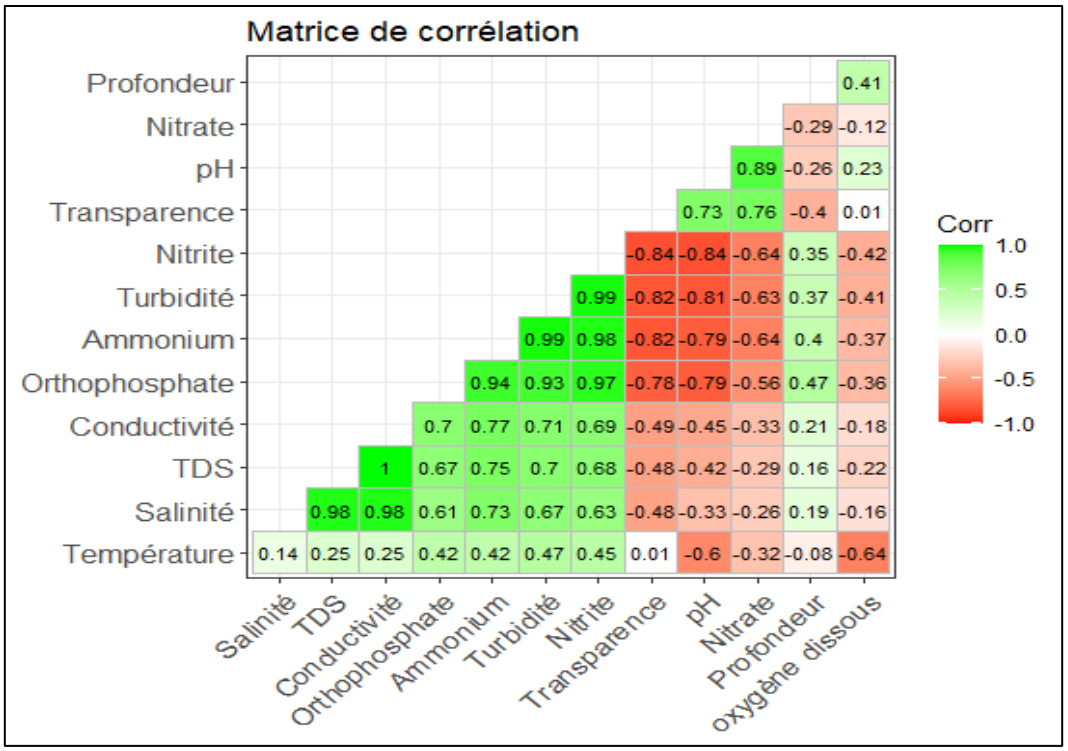


Figure 23 : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimique de l'eau des sites.

4.1.3. Analyses biologiques

4.1.3.1. Taxonomie des espèces

Les résultats issus de l'identification des espèces phytoplanctoniques nous ont permis de répertorier dans les eaux de la rivière Sô à Akassato, 46 espèces reparties en sept (07) classes dont les diatomées, les Chlorophycées, les Euglenophycées, les Cryptophycées, les Zynematophycée, les Cyanophycées, et les Chrysophycées. Les espèces les plus abondantes présentes sur ces différents sites sont : *Cyclotella meneghia*, *closterium.sp* et *Euglena Acus*. En effet, les Diatomophycées et Euglenophycées sont les classes phytoplanctoniques qui sont enregistrées en grand nombre d'espèces avec (16) espèces pour les diatomées et (15) pour les Euglenophycées. Les Cryptophycées quant à eux sont les espèces les moins abondantes dans ces eaux. Les Diatomophycées sont à 14% présentes dans les milieux dragués et 86% dans les milieux non dragués. Les Euglenophycées et les Chlorophycées sont respectivement de 59% et 73% sur les sites non dragués ; 41% et 27 % sur les sites dragués (figure 24 et 25). En effet, les espèces phytoplanctoniques présentes dans les milieux dragués sont moins élevées que celles présentes dans les milieux non dragués soit respectivement 23% et 77% (Annexe 3). Le tableau ci-dessous présente la liste taxonomique de ces espèces identifiées.

Tableau 2 : Présente la liste taxonomique de ces espèces identifiées.

Classe	Espèces	Nombres
Diatomophycées	*Cyclotella Meneghiana, Siuriella sp., Navicula Cuspidata, Nitzshia sp., Hantzschia Amphioxys, Rhizolenia Longiseta, Closteriopsis Longissima, Melosira Granulata.*	16
Euglenophycées	*Colacium Cyclopicola, TrachelomonasNaviculiformis, Trachelomonas Bacillefera, Euglena Accus, Euglena Sanguinea, Eugleunan Oxycirus, Trachelomonase Bernardinensis, Strambonas Cuneata, Euglena Formisproscima, Curvicauda, Cryptoglena, Trachelomonas Caudata, Trachelomonas Armata, Strombomonas sp..*	15
Chlorophycées	*Closterium Gracile, Pandorina Morum.*	3
Cyanophycées	*Lyngbya sp., Oscillatoria Limosa, Nostochopsis Lobatus, Merismopedia Glauca, Trachelomonas Molesta.*	5
Zynematophycée	*Spirogyra sp., Closterium Ociculaire, Cloterium Lanceolatum,*	3
Chrysophysées	*Chroococcus Turicensis,Chlorellidium, Mallomonopsis Elliptica*	3
Cryptophycées	*Chroomonas*	1
Total		**46**

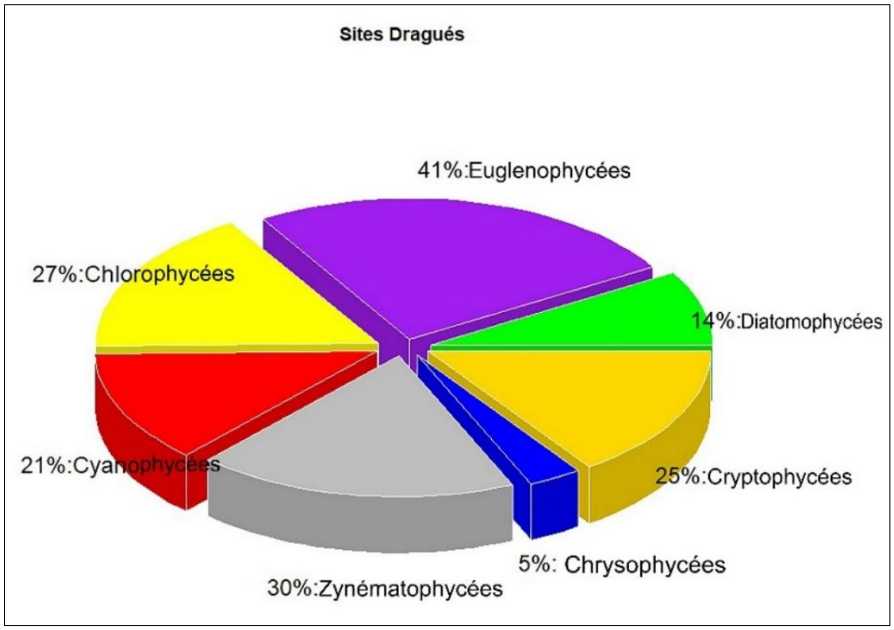


Figure 24 : Diagramme de richesse phytoplanctonique au niveau des sites dragués

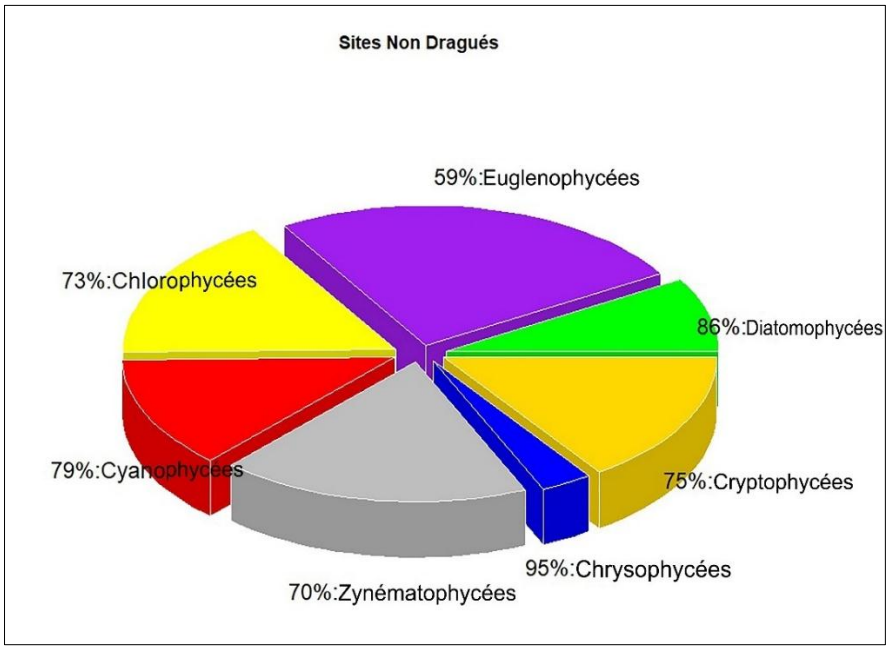


Figure 25 : Diagramme de richesse phytoplanctonique au niveau des sites non dragués

4.1.3.2. Abondance des espèces

Le diagramme présente l'abondance des classes phytoplanctonique au niveau des différents sites. Les diatomées sont abondantes sur les sites non dragués avec une valeur maximale de

9079 individu/L sur le site 5. Par contre, les sites dragués présentent de faible quantité de diatomée avec une valeur maximale de 2633 individu/L sur le site 3.

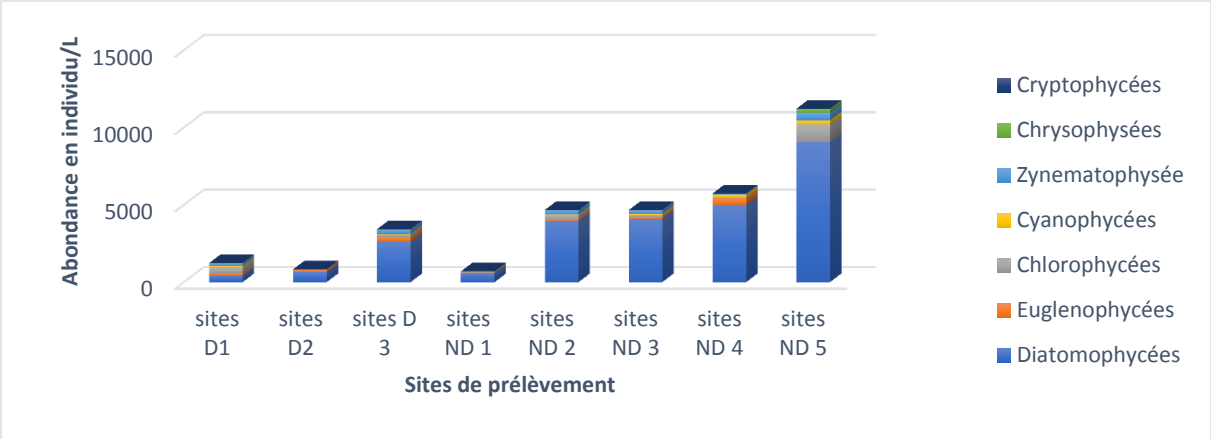


Figure 26 : Variation de l'abondance des classes phytoplanctonique au niveau des sites

Tableau 3 : Corrélation de pearson entre l'abondance des classes phytoplanctoniques et les paramètres physico-chimiques

	Profond	Transpa	pH	Turbi	Oxy-dissous	Salinité	TDS	Conduc	Nitrite	Tempéra	NH4+	PO_4^{3-}	Nitrate
Diatomo	-0,48	0,93	0,68	-0,85	-0,06	-0,74	-0,72	-0,74	-0,84	-0,03	-0,88	-0,79	0,7
Eugleno	0,27	-0,05	-0,15	0,31	0,75	-0,41	-0,43	-0,38	-0,29	-0,21	-0,28	-0,27	-0,49
Chloro	-0,05	0,78	0,56	-0,37	-0,34	-0,14	-0,12	-0,14	-0,38	0,25	-0,37	-0,25	0,81
Cyano	-0,26	0,96	0,7	-0,83	0,14	-0,47	-0,47	-0,47	-0,83	-0,05	-0,81	-0,72	0,7
Zynemato	-0,18	0,64	0,58	-0,5	-0,35	-0,53	-0,53	-0,55	-0,46	-0,04	-0,5	-0,34	0,75
Chryso	-0,37	0,98	0,74	-0,7	-0,52	-0,41	-0,36	-0,38	-0,75	0,43	-0,68	-0,68	0,83
Crypto	-0,16	-0,22	-0,57	0,27	-0,54	-0,36	-0,24	-0,23	0,37	0,52	0,22	0,38	-0,33

Cyano = Cyanophycées ; Chloro = Chlorophycées ; Crypto= Cryptophycées ; Chryso = Chrysophycées ; Diato=Diatomées ; Zynémato= Zynématophycée ; Eugleno = Euglenophycée. Profond= Profondeur ; Transpa= Transparence ; Turbi= Turbidité ; Oxy- Dissous= Oxygène Dissous ; Conduc = Conductivité ; Tempéra= Température.

Les résultats montrent que la transparence, le pH et le Nitrate ont une forte corrélation positive avec les Diatomophycées, Chlorophycées, Cyanophycées, Zynématophycées et les Chrysophycées. Seul l'oxygène dissous présente une corrélation positive avec les Euglenophycées.

DISCUSSION

La présente étude a permis d'évaluer la qualité de la rivière sô à Akassato, dans la zone de dragage de sable.

Les valeurs de la température obtenues sur la rivière sont comprises entre 27.7°C et 29.1°C. Ces valeurs sont inférieures à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2011 (30°C), elles concordent avec les résultats des analyses physico-chimiques sur la pollution des plans d'eau par Dovonou en 2008. La faible variation entre la température des sites ne sera pas un risque de croissance accélérée des microorganismes. La profondeur des sites dragués de la rivière varie entre 4,46 m et 4,89 m par contre les sites non exploités sont moins profonds (0,65 m à 1,9 m). Les opérations d'extraction du sable dans ces milieux sont les causes de ces grandes profondeurs. Ces valeurs obtenues sont inférieures à ceux obtenues par kouassi (2020), sur le risque environnemental de l'extraction de sable sur le front lagunaire ébrié.

Les faibles niveaux de transparence sont relevés dans les sites dragués et varient entre 0,1 m et 0,12 m. La transparence des eaux des sites non dragués varie entre 0,15 m et 0,54 m, ces valeurs de transparence mesurées varient en fonction de la position géographique de ces sites par rapport à la zone dragué, plus elle est éloignée moins elle est influencée. Ces différentes valeurs de transparence des sites dragués sont inférieures aux valeurs obtenues lors de la petite saison des pluies par Koudenoukpo *et al.* (2017) sur la Caractérisation physico-chimique d'un système lotique en région tropicale sur la rivière Sô. Une faible valeur de transparence 0,09 m observé sur un site non exploité résulterait de l'apport des sédiments des zones dragués vers la rivière. Ces eaux sont de mauvaise qualité en termes de la transparence selon le Réseau de Surveillance Volontaire des Lacs (RSVL) qui estime que les eaux dont la transparence est inférieure à 3 m sont inadéquates pour la vitalité des espèces aquatiques.

Les eaux de tous les sites de dragage ont des pH acide (6,11 à 6,16) ; les pH des sites non dragués 3 à 5 varient entre (6,19 et 6,33). Toutes ces valeurs sont inférieures à la norme 6,5 minimale fixée par l'OMS en 2011 pour les eaux de surface. Ces valeurs obtenues se rapprochent de celles trouvées par Elijah *et al.* (2008) dont les eaux sont devenues acides après dragage sur les propriétés physico-chimiques de l'eau suite à un dragage. La présence de la machine de dragage pourrait influencer le pH de l'eau, ce qui justifie le caractère acide de ces eaux.

La turbidité des eaux de cette rivière exploitée est plus élevée dans les sites dragués 411 NTU à 585 NTU. À l'exception des sites non dragués proches de la zone de dragage, les autres sites sont moins turbides 30 NTU à 122 NTU. Selon le Ministère de Développement Durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs (MDDEFP), (2013) ; une qualité de la protection de la vie aquatique l'effet chronique de la turbidité des eaux turbides ne doit pas excéder 80 NTU. Les valeurs de turbidité obtenues se trouvent dans la plage de 20 à 11398 NTU trouvées par Elijah *et al.* (2008). L'augmentation de la turbidité suite au dragage est liée à la remise en suspension des sédiments.

L'oxygène dissous dans les zones draguées sont de 0,81 mg/L, ainsi ces eaux sont anoxies. Les valeurs trouvées sont contraires à ceux obtenues par Laleye *et al.* (2022) dont les teneurs sont comprises dans la fourchette de 6.5 mg/L à 7.71 mg/l pour les sites dragués. Ces valeurs sont également inférieures aux différentes valeurs d'oxygène dissous obtenues par Koudenoukpo *et al.* (2017). La faible concentration en oxygène dissous dans les milieux dragués serait probablement causé par la perturbation des couches de sédiments anaérobie.

L'analyse chimique des eaux draguées révèle que les nitrates et les nitrites présentent des valeurs variant respectivement de 0 à 0,53 mg/l et de 1,68 à 2,2 mg/l. Les valeurs de nitrates sont supérieures à la limite de détection qui est de 0,001 mg/l pour les nitrates et 0,1 mg/l pour la norme de l'OMS des nitrites. Ces concentrations élevées de nitrate peut s'expliquer par la présence des déchets ménagers et commerciaux produits par les riverains et prioritairement sur l'embarcadère. Suivant la grille de Nisbet et verneaux (1970), l'état de pollution en nitrites est critique dans la zone de dragage. Ces valeurs sont contraires à ceux de Laleye *et al.* (2022) sur l'impact de l'exploitation du sable fluvio-lagunaire dans l'écosystème aquatiques.

Les valeurs d'ions ammonium obtenues dans les sites dragués varient de 2,65 mg/l en D3 et 3,6 mg/l dans le site D1 et sont tous supérieures à la norme de l'OMS qui est de 0,1mg/l. Ces fortes teneurs d'ammonium, pourraient être expliquées par l'importante décomposition de la matière organique s'accompagnant d'une importante consommation d'oxygène dissous et favorisant sa production par ammonification (Groga, 2012).

Les valeurs d'orthophosphate sont élevées dans les milieux dragués avec des taux variant de 1 mg/l à 1,5 mg/l. Ces taux sont supérieurs à la norme de l'OMS qui est de 0,1 mg/l. La concentration élevée en orthophosphates dans les sites dragués pourrait être causée par la décomposition des herbes produisant des matières organiques. Au-dessus du seuil de 0,5 mg/l

d'orthophosphate selon la Norme de Qualité Environnementale (NQE), l'état du paramètre orthophosphate est jugé mauvais pour la qualité de l'eau. Selon Hounkpe *et al.* (2017), Les rejets domestiques et les activités agricoles peuvent constituer d'importantes sources de fertilisants.

La corrélation entre le TDS et la Salinité est (r=0,98) ; entre la salinité et la conductivité (r=0,98), le degré de la salinité de l'eau semble être un facteur déterminant la conductivité Izougarhane *et al.* (2014). Les TDS et la conductivité électrique ont une corrélation forte et positive. La forte corrélation avec l'orthophosphate et de l'ammonium est de 0,94 et celle obtenue entre la conductivité et le TDS est 1. La présence conjointe de l'orthophosphate et de l'ammonium serait due à la décomposition de la matière organique. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Koudenoukpo *et al.* (2017) soit 0,96 pour la corrélation entre l'orthophosphate et l'ammonium ; 0,92 pour la corrélation entre le TDS et la conductivité. L'augmentation de la turbidité suite au dragage est liée à la remise en suspension des sédiments Elijah *et al.* (2008).

L'analyse biologique révèle la présence de plusieurs espèces, dont les Diatomées, les Chlorophycées, les Euglenophycées, les Cryptophycées, les Zynematophycée, les Cyanophycées, et les Chrysophycées. Les Diatomophycées et les Euglenophycées sont les espèces les plus abondantes dans les différents sites. Ce résultat d'abondance des Diatomophycées a été ressorti dans l'étude de la biomasse planctonique et qualité de l'eau du lac Ahémé au Sud-Ouest du Bénin par Boukari *et al.* (2022). Les Diatomées constituent donc l'essentiel des espèces constamment rencontrées dans les échantillons Thierry *et al.* (2020). Les espèces sont plus abondantes dans les milieux non dragués soit 59% pour les Euglenophycées contre 41% dans les milieux dragués ; 86% des Diatomées dans les milieux non dragués contre 14% dans les milieux dragués. L'abondance des espèces dépendent de la position géographique et de la distance du milieu par rapport aux zones draguées. L'obtention d'un taux peu élevé de phytoplancton dans un milieu dragué serait due aux activités répétées d'exploitation au niveau de ces sites.

La forte corrélation positive entre le complexe transparence-pH et les Diatomophycées, les Chlorophycées, les Cyanophycées, les Zynématophycées et les Chrysophycées montre que la transparence est indispensable à leur croissance ; la transparence élevée de l'eau favorise la productivité biologique selon Boukari *et al.* (2022). Par ailleurs l'obtention des corrélations négatives entre ces espèces et la turbidité prouve que la teneur élevée de la turbidité de ces

eaux inhibe le développement du phytoplancton. Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit le rayonnement du solaire utile à la vie aquatique (IBGE, 2005). La corrélation de ces espèces avec les nitrates, prouve que les Diatomophycées, Chlorophycées, Cyanophycées, Zynématophycées et les Chrysophycées sont plus stimulées par les nitrates. Selon Kramer.S. (2014), le phytoplancton se développent mieux dans les milieux élevés en nitrate, au cours de l'étude sur la relation entre la concentration de nitrate et la prolifération de phytoplancton.

CONCLUSION

Le présent travail, porte sur l'évaluation de la qualité des eaux exploitées pour le dragage de sable dans la commune d'Abomey-Calavi sur la rivière Sô. Au cours cette étude, nous avions remarqué que la majorité des paramètres physico-chimiques sur les sites dragués n'a point respectés les normes requis pour les eaux de surface. L'exploitation des sables dans ces eaux provoque une turbidité hors norme traversant toute la colonne des eaux et se propage vers les milieux non exploités. Le suivi des concentrations en nutriments dans les sites révèle une pollution en composés azotés et phosphorés causé par les activités anthropiques sur cette rivière. Par ailleurs, une confrontation de la diversité des espèces phytoplanctonique aux paramètres physico-chimique prouve qu'une forte transparence l'eau est indispensable au développement des différentes espèces phytoplanctoniques de cette rivière tel que Diatomophycées, Chlorophycées, Cyanophycées, Zynématophycées et les Chrysophycées. L'abondance phytoplanctonique des milieux non dragués sont élevés à un taux de 77% tandis que la forte turbidité due aux exploitations des sables empêche la photosynthèse du milieu aquatique et entraîne la réduction des espèces à un taux de 23%. Afin de préserver cet écosystème aquatique, nous proposons un contrôle permanent de son état. Ainsi, la mise en exécution de certaines actions pour la protection de cet écosystème est indispensable. Pour ce faire, il faudra :

- Réglementer la gestion de cet écosystème par la mise en place des campagnes de sensibilisation des voyageurs traversant la rivière ainsi qu'aux riverains, sur la pollution engendrée par les activités sur cette rivière ;

- mettre en vigueur des dispositions réglementaires sur le respect des normes des dragages de sable dans le cadre de la protection des eaux superficielles ;

- poursuivre une étude de suivi sur la propagation de la turbidité le long de la branche pour s'assurer de limiter son impact sur le peuplement phytoplanctonique.

Référence bibliographies

- **Abdennadher M. (2014).** Etude Taxonomique et écophysiologique des dinoflagellés toxiques du Golfe de Gabès : Alexandrium minutum; Prorocentrum lima, Coolia spp et Ostreopsis ovata. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de SFAX (Sciences Biologiques). 291p. 10-12p.
- **Achoh M. E., Agadjohouede H., Gangbe L., Laleye K. R., Vodougnon M., Laleye P. (2018).** Impact of dredging on the ichthyofauna of the lowlands: comparison of the reproduction parameters of Sarotherodon melanotheron populations (Rüppell, 1852) of dredged lowlands and the coastal lagoon at togbin in southern Benin.
- **Agblonon T. M., Adandedjan D., Noukpo N., Capo-Chichi P., Bonou C., Chikou A., Laleye P. (2022).** Peuplement du phytoplancton dans le lac Nokoué au sud bénin : mise à jour et dynamique spatiotemporelle.
- **Benfiala Z., Mefatih H., Rouighi Z. (2013).** Contribution à la détermination de la communauté de phytoplancton peuplant le lac Méggarine (Touggourt). Université kasdimerbah ouargla, projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de licence en pisciculture saharienne. p 32.
- **Biaou S. T., Gouissi F. M., Akodogbo H., Koudjodé S. A., Fassinou N. M., Goura S. O., Yessoufou W. B. (2022).** Effect Of The Physico-Chemical State Of The Water Of The Okpara River On The Distribution Of Macroinvertebrates In Northern Bénin.
- **Boukari O. T., Dovonou F. E., Chouti W. E., Koto D., Adjadjihoue E., Youssouf A., Mama D., Bawa L. M. (2022)**. Biomasse planctonique et qualité de l'eau du lac Ahémé au sud-ouest du bénin.
- **Brahim S.** Diversite-morphologique-des-cyanobacteries.
- **Chabi M. (2017).** Inventaire des macroinvertébrés de la lagune de porto-novo en période de grande saison sèche. Mémoire de licence hydrobiologie appliquée faculté des sciences et technique université d'abomey-calavi.
- **Dovonou E. F. (2008).** La pollution des plans d'eau au bénin. Université d'Abomey-calavi (bénin) - DEA en environnement, santé et développement.
- **Djenontin Ignace. (2006).** Programme d'appui au démarrage des communes monographies communales de sô-ava directeur général du cabinet « Afrique conseil ». République du bénin mission de décentralisation.

- **Elijah O., Tunde I., Bawo D. (2008).** Changes in Water Physico Chemical Properties Following the Dredging of an Oil Well Access Canal in the Niger Delta. World Journal of Agricultural Sciences.
- **Foster, J. N., Sheath, R. G. (2006).** Diatoms: Applications for the environmental and earth science. Cambridge University Press.
- **Fréchette P. M., Lavergne Y., Walsh. (1990).** Sédimentation et dispersion des déblais de dragage en mer et effets sur la moule bleue en élevage dans la baie des chaleurs des pêches. p 15.
- **Germain H. (1981).** Flore des diatomées : Eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions boubée, paris. p 444.
- **Houssou M. (2012).** Variabilité saisonnière des communautés planctoniques (phyto et zooplancton) des lacs Azili, Hlan et Toho. Mémoire De Master : Université D'abomey-Calavi, Ecole Polytechnique D'abomey-Calavi (Bénin).
- **Hounkpe J., Kelome N., Lawani R., Adechina A. (2017).** Etat des Lieux de la Pollution des Ecosystèmes Aquatiques au Bénin (Afrique de L'ouest). p 149-171.
- **Hervé Kombieni. (2016).** Les impacts environnementaux et socio-économiques de l'exploitation du sable lagunaire dans la commune de grand-popo (benin). Revue de géographie de l'université ouaga joseph ki-zerbo. p 193.
- **IBGE. (2005).** Observatoire Des Données De L'environnement : "L'eau à bruxelles".
- **Izougarhane M., Ibrahim H., Houri K., Ibaoui H., Chakiri S., Essamri A., Fadli M. (2014).** Impact of dredging on the physicochemical parameters of water in the estuary of Sebou river (Morocco) p 195.
- **Kennish M. J. (1998).** Pollution impacts on marine biotic communities.
- **Kombieni H. A. (2016).** Les impacts environnementaux et socio-économiques de l'exploitation du sable lagunaire dans la commune de Grand-Popo (BENIN). Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO No. 05, Vol 2.
- **Kouassi C. A., Kambire B., Alla A. D. (2021).** Risques environnementaux de l'extraction de sable sur le front lagunaire ébrié d'abobo-doumé (district autonome d'abidjan) revue ivoirienne des lettres, arts et sciences humaines n° 48. p 102-103.
- Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques et environnement et changement climatique canada. (2016). Recommandations pour la gestion des matières en suspension (mes) lors des activités de dragage. québec. 64 pages et annexes.

- **Laleye K. R., Agadjihouede H., Agblonon T.M., Chikou A. (2022).** Impacts related to sand dredging activity: revue de litterature. University of Abomey-Calavi.
- **Laleye K. R., Agadjihouede H., Djiman L., Agblonon T. H., Chikou., Laleye P.A**. Impact de l'exploitation du sable fluvio-lagunaire sur la qualité physico-chimique de l'eau des écosystèmes aquatiques du sud-bénin.
- **Mohand S. H., Hamaidi F., Zoubiri A., Benouaklil F. (2009).** Etude de la Dynamique des Populations Phytoplanctoniques et Résultats Préliminaires sur les Blooms Toxiques à Cyanobactéries dans le Barrage de Ghrib (Ain Defla-Algérie). p 369,380.
- **Nisbet M., Verneaux J. (1970).** Composantes Chimiques Des Eaux Courantes. Annales De Limnologie, Tome 6. p 161-190.
- **Noël Groga. (2012).** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de taabo (côte d'ivoire). Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse : pp 41-42.
- **OMS. (2003).** Situation du réseau EPA au 31 décembre 2002. 135p.
- Rapport d'Etudes d'Impact Environnemental et Social (EIES). (2020). Abomey-Calavi. p11.
- **Sasha Kramer. (2016).** La relation entre la concentration de nitrate et la prolifération de phytoplancton dans Harpswell Sound.
- **Shannon C. E., Weaver W. (1948 - 1949).** « a mathematical theory of communication ». In: the bell system technical journal, La théorie mathématique de l'information. p 379-423, 623- 656.
- **Tortajada S. (2011).** L'étude du fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques des marais de charente maritime vers la recherche d'indicateurs. Sciences agricoles. Université de la rochelle.
- **Tonassoumi B. T. (2007).** Analyse du mécanisme de mobilisation des ressources par les municipalités : Cas de la commune d'Abomey-Calavi. Mémoire de fin de formation au cycle III. Diplôme d'étude supérieure spécialisée.
- **United states Environmental protection Agency.** (n.d). Water quality stanards forlakes an reservoir. Washington.
- **Vinawamon G. C. (2010).** Impact du chenal de Cotonou sur les ressources halieutiques du Lac Nokoué. Quelles solutions pour un bon fonctionnement de l'équilibre de l'écosystème. Diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) : Université d'Abomey-Calavi (Bénin).

- **Zinsou C. K., Chikou A., Adandedjan D., Hazoume R., Youssao I., Mensah G. A., Laleye P. (2017).** Caractérisation physico-chimique d'un système lotique en région tropicale : la rivière Sô au Sud-Bénin, Afrique de l'Ouest.

Webographie

- Aquaportail.com
- Www.eaufrance.fr
- www.knowledge-uclga.org.
- Www.planstlaurent.qc.ca
- https://planificateur.a-contresens.net
- https://pole-lagunes.org
- Www.tice.agrocampusouest.fr
- (gouv.qc.ca)

Annexe

Annexe 1 : Pourcentage de chaque espèce obtenue en fonction de chaque site.

Espèces	Diatomée	Eugléno	Chloro	Cyano	Zynemato	Chryso	Crypto
Site D1	2%	8%	20%	11%	11%	3%	0%
Site D2	2%	11%	0%	2%	1%	0%	0%
Site D3	10%	22%	6%	7%	18%	2%	25%
Site ND1	2%	4%	1%	0%	3%	3%	0%
Site ND2	15%	10%	12%	8%	16%	0%	75%
Site ND3	16%	9%	5%	10%	15%	5%	0%
Site ND4	19%	33%	2%	24%	5%	0%	0%
Site ND5	34%	2%	54%	37%	31%	88%	0%

Annexe 2 : Paramètres physico-chimiques analysés.

Sites	Température	Profondeur	Transparence	pH	Turbidité	Oxygène dissous	Salinité
D1	28,4	4,46	0,12	6,16	506	0,81	0,07
D2	28,8	4,59	0,11	6,11	585	0,81	0,06
D3	28,4	4,89	0,1	6,16	411	0,81	0,05
ND1	28,7	0,65	0,09	6,14	589	0,68	0,07
ND2	29,1	1	0,15	6,06	486	0,63	0,05
ND3	27,73	1,38	0,19	6,29	122	0,84	0,05
ND4	28,4	1,9	0,31	6,19	35	0,95	0,05
ND5	28,7	1,28	0,54	6,33	30	0,7	0,05

Sites	TDS	Conductivité	Nitrite	Ammonium	Orthophosphate	Nitrate
D1	145	223	2,2	3,5	1,5	0,5
D2	128	196	2,2	3,3	1,2	0
D3	104	162	1,7	2,7	1	0
ND1	141	214	2,2	3,7	1,1	0
ND2	115	176	2,2	2,8	1,3	0
ND3	107	162	0,7	0,7	0,4	1,2
ND4	109	169	0,3	0,4	0,2	0
ND5	108	164	0,1	0,2	0,2	2

Annexe 3 : Pourcentage des espèces sur chaque Sites

Sites	Dragué	Non Dragué
Diatomophycées	14%	86%
Euglonophycées	41%	59%
Chlorophycées	26%	74%
Cyanophycées	20%	80%
Zynematophycées	30%	70%
Chrysophycées	5%	95%
cryptophycées	25%	75%
Total	23%	77%

Annexe 4 : Dosage des différents paramètres chimique

Dosage des Nitrates

Le dosage des nitrates consiste en premier lieu à prélever 10 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers où dans des fioles jaugées auquel on ajoute 1 mL de solution de Salicylate de sodium à 0,5% prélèvée avec de propipette et qu'on porte à l'étuve à 105°C. Ensuite, on laisse refroidir après séchage et on ajoute 2 mL d'acide sulfurique pur qu'on prélève avec de propipette et on attend 10min. Après on ajoute 15 mL d'eau distillée, on attend 15min, on ajoute 15 mL de sel de Seignette pour nitrate et on

complète de l'eau distillée jusqu'à 100 mL. La lecture se fait au spectrophotomètre DR 5000 à une longueur d'onde λ=425nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage des nitrites

Le dosage des nitrites consiste en premier lieu à prélever 50 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers ou fioles jaugées auquel on ajoute 2 mL de réactif de Zambelli avec de propipette. Ensuite, on attend 10min et on y ajoute 2 mL d'ammoniac concentré avec de propipette. La lecture est faite au spectrophotomètre DR 5000 à une longueur d'onde λ=425nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage du phosphore total

Le dosage du phosphore total consiste en premier lieu à prélever 25 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers ou fioles jaugées, auquel on ajoute 1 mL de la solution de K2S2O8 avec des propipettes et on marque le niveau de la solution dans les bouteilles. Ensuite, on met les bouteilles à l'autoclave pendant 90 min à 120°C et 1,2 atm, après on laisse refroidir et on y ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de marquage et qu'on homogénéise. Enfin, on ajoute à l'ensemble 1 mL d'acide ascorbique avec des propipettes qu'on agite énergétiquement puis on y ajoute 4 mL de réactif combiné qu'on agite et on attend 30min le développement de la couleur bleue. La lecture est faite au spectrophotomètre DR 5000 à une longueur d'onde λ=700nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage des ions ammoniums

Le dosage des ions ammoniums consiste en premier lieu à prélever 50 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers ou fioles jaugées. Ensuite, on ajoute 1 mL de sel de Seignette pour ammonium prélevé avec de propipette et enfin, on y ajoute 2 mL de réactif de Nessler dont après 5min. La lecture est faite au spectrophotomètre DR5000 à une longueur d'onde λ=425nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage des orthophosphates

Le dosage des orthophosphates consiste à prélever 20 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on renverse dans des erlenmeyers ou des fioles jaugées auquel on ajoute 1 mL d'acide ascorbique prélevé avec des propipette puis on agite énergiquement. Ensuite, on y

ajoute 4 mL de réactif combiné qu'on agite puis on attend 30min le développement de la coloration bleue. La lecture est faite au spectrophotomètre DR5000 à une longueur d'onde λ=700nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Annexe 5 : Divers photos



Photo 9 : Pâturage de bœuf (FIHOUNDE, 2023)



Photo 10 : Echantillons phytoplanctonique (FIHOUNDE, 2023)



Photo 11 : Pêche sur la rivière sô (FIHOUNDE, 2023)



Photo 12 : Echantillons des paramètres physico-chimiques (FIHOUNDE, 2023)



Photo 13 : *Trachelomonas Armata*



Photo 14 : *Trachelomonas bernardinensis*

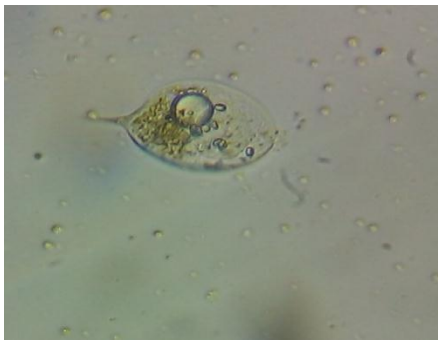


Photo 15 : *Phacus orbicularis*



Photo 16 : *Euglena Oxyuris.*



Photo 17 : *Cyclotella sp.*



Photo 18 : *Navicula sp.*

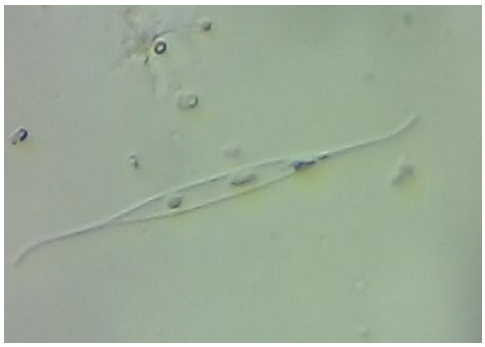


Photo 19 : *Nitzchia sp*



Photo 20 : *Euglena acus*