

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES
DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
LABORATORY OF HYDROBIOLOGY AND ENVIRONMENT

Diversité saisonnière du phytoplancton en relation avec quelques facteurs abiotiques de la zone côtière de Kribi (Sud Cameroun)

THESE

Présentée et soutenue le 02 juillet 2025 en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux

Option : **Hydrobiologie et Environnement**

Par

OWONA EDOA François Désiré

Matricule : 11Q0642

Master ès-Sciences



Devant le jury composé de :

Président : **AJEAGAH Gideon AGHAINDUM**, *Professeur*

Université de Yaoundé I

Rapporteurs : **ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert**, *Professeur*

Université de Yaoundé I

ENEKE TAKEM Gloria, *Maitre de Recherche*

IRGM, Yaoundé

Membres : **NGUTSOP Victor François**, *Professeur*

Université de Dschang

NOAH EWOTI Olive Vivien, *Maitre de Conférences*

Université de Yaoundé I

MOUNGANG Luciane Marlyse, *Maitre de Conférences*

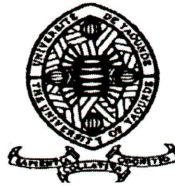
Université de Yaoundé I

Année 2025

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix - Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
FACULTE DES SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé
Tél: (237) 242 23 95 84
Fax: (237) 242 23 44 96



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
FACULTY OF SCIENCE

P.O. BOX 812 Yaoundé
Phone: (237) 242 23 95 84
Fax: (237) 242 23 44 96

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

ATTESTATION DE CORRECTION

Nous soussignés, membres du jury de soutenance de la **Thèse de Doctorat/Ph.D** en **Biologie des Organismes Animaux**, Option : **Hydrobiologie et Environnement**, de Monsieur **OWONA EDOA François Désiré**, matricule **11Q0642**, soutenance autorisée par la correspondance N° 25--2789/UYI/VR-EPDTIC/DAAC/DA-AAC/DRD/SR/SR-A/mna du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 30 Juin 2025 sur le sujet intitulé : « **Diversité saisonnière du phytoplancton en relation avec quelques facteurs abiotiques de la zone côtière de Kribi (Sud Cameroun)** », attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation, qui a eu lieu le **mercredi 02 juillet 2025** dans la **salle Multimédia** de la **Faculté des Sciences**, ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

En foi de quoi, la présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Yaoundé, le.....**12 3 JUL 2025**.....

Les Examineurs

(Handwritten signatures of examiners)


Le Chef de Département



Le Président du Jury

(Handwritten signature of the Jury President)

LISTE PROTOCOLAIRE

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I Faculté des Sciences Division de la Programmation et du Suivi des Activités Académiques		THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I Faculty of Science Division of Programming and Follow-up of Academic Affairs
LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS		LIST OF PERMANENT TEACHING STAFF

ANNÉE ACADEMIQUE 2024/2025

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 16 janvier 2025

ADMINISTRATION

- 1. DOYEN** : OWONO OWONO Luc Calvin, *Professeur*
- 2. VICE-DOYEN / DPSAA** : NDJIGUI Paul-Désiré, *Professeur*
- 3. VICE-DOYEN / DSSE** : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*
- 4. VICE-DOYEN / DRC** : NOUNDJEU Pierre, *Maître de Conférences*
- 5. Chef Division Administrative et Financière** : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*
- 6. Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Scolarité DAARS** : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (44)			
N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
4.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
5.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	NGUEFACK Julienne	Professeur	En poste
7.	NJAYOU Frédéric Nico	Professeur	En poste
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10.	BEBEE Fadimatou	Maître de Conférences	En poste
11.	BEBOY EDJENGUELE Sara N.	Maître de Conférences	En poste
12.	FONKOUA Martin	Maître de Conférences	En poste
13.	AKINDEH MBUH NJI	Maître de Conférences	En poste
14.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
15.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
16.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	<i>Chef DAF / FS</i>
17.	DAKOLE DABOY Charles	Maître de Conférences	En poste
18.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Maître de Conférences	En poste
19.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
20.	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
21.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	<i>VD/FS/Univ Ebwa</i>
22.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
23.	KENGNE NOUEMSI Anne Pascale	Maître de Conférences	En poste
24.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
25.	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
26.	MANANGA Marlyse Joséphine	Maître de Conférences	En poste
27.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
28.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	<i>Doyen FS / UDs</i>
29.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
30.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
31.	Palmer MASUMBE NETONGO	Maître de Conférences	En poste
32.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Maître de Conférences	En poste
33.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
34.	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Chargé de Cours	En poste
35.	ELLA Fils Armand	Chargé de Cours	En poste
36.	EYENGA Eliane Flore	Chargée de Cours	En poste

37.	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
38.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
39.	MADIESSE KEMGNE Eugenie Aimée	Chargée de Cours	En poste
40.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
41.	MBOUCHE FANMOE Marceline J.	Chargée de Cours	En poste
42.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
43.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste
44.	WOGUIA Alice Louise	Chargée de Cours	En poste
2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (50)			
1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En poste
3.	DZEUFJET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En poste
4.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeure	<i>CD et Vice Doyen/FMSB/UYYI</i>
5.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	MEGNEKOU Rosette	Professeure	En poste
7.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
8.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
10.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE</i>
11.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
12.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Vice Doyen/ Uté Ebwa</i>
13.	ATSAMO Albert Donatien	Maître de Conférences	En poste
14.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épouse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
17.	JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
18.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Maître de Conférences	En poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
21.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
22.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
23.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
24.	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
25.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Maître de Conférences	En poste

26.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
27.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
28.	TADU Zephyrin	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
31.	YEDE	Maître de Conférences	En poste
32.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Chargée de Cours	En poste
33.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
34.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
35.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
36.	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargée de Cours	En poste
37.	FOSSI TANKOUA Olivia Epse DJEUTCHOUANG SAYANG	Chargée de Cours	En poste
38.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
39.	KOGA MANG Dobarra	Chargé de Cours	En poste
40.	LEME BANOCK Lucie	Chargée de Cours	En poste
41.	MAPON NSANGO Indou	Chargé de Cours	En poste
42.	METCHI DONFACK Mireille Flaure EPSE GHOUMO	Chargée de Cours	En poste
43.	NDENGUE Jean De Matha	Chargé de Cours	En poste
44.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
45.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Cheffe Div. U. Bamenda</i>
46.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
47.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48.	ZEMO GAMO Franklin	Chargé de Cours	En poste
49.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (37)

1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	BIYE Elvire Hortense	Professeure	En poste
3.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4.	MBOLO Marie	Professeure	En poste
5.	NDONGO BEKOLO	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	DJEUANI Astride Carole	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
12.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste

13.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT/MINRESI</i>
14.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
15.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16.	ONANA Jean Michel	Maître de Conférences	En poste
17.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Chargé de Cours	En poste
18.	GONMADGE Christelle	Chargé de Cours	En poste
19.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20.	MANGA NDJAGA JUDE	Chargé de Cours	En poste
21.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargée de Cours	En poste
22.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargée de Cours	En poste
23.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL Annie Claude	Chargée de Cours	<i>En détachement/UNESCO MALI</i>
24.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
25.	KABELONG BANAHOU Louis- Paul-Roger	Chargé de Cours	En poste
26.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
27.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
28.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
29.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
30.	TEMEGNE NONO Carine	Chargée de Cours	En poste
31.	BOLIE Hubert	Assistant	En poste
33.	MACHE NKOUANDEU Pasma	Assistante	En poste
34.	MAFFO FOKOU Adèle	Assistante	En poste
35.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste
36.	NTONMEN YPNKEU Amandine Flore	Assistante	En poste
37.	ONANA EBODE Clotaire	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (28)

1.	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Mission PR</i>
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
4.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
5.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Professeur	En poste
6.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste
7.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
8.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
9.	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste

10.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
11.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
12.	MBEY Jean Aimé	Maître de Conférences	En poste
13.	NDI Julius NSAMI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
14.	NEBAH Née NDO SIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>Sénatrice/SENAT</i>
15.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
16.	PABOUDAM GBAMBIÉ AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
17.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
18.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
19.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
20.	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste
21.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
22.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
23.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
24.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
25.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
26.	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste
27.	DANTIO NGUELA Christian Brice	Assistant	En poste
28.	LEKENE NGOUATEU Reine	Assistant	En poste
5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (33)			
1	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>DEPE/Univ. Bertoua</i>
2	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i>
3	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département/UDS</i>
4	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Recteur UBertoua/ Chef de Département</i>
5	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
6	MKOUNGA Pierre	Professeur	En poste
7	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	<i>Director/HTTTC/UBda</i>
8	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
10	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
11	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
12	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
13	NGOMO Orléans	Maître de <conférences	En poste
14	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
15	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>Chef Div./MINESUP</i>

16	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>Dir ENS/Uté Bertoua</i>
17	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
18	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
19	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
20	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Maître de Conférences	En poste
21	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
22	MELONG Radius	Chargé de Cours	En poste
23	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
24	MUNVERA MFIFEN Aristide	Chargé de Cours	En poste
25	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
26	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
27	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
28	SIELINOU TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
29	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
30	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
31	TSAMO TONTSA Armelle	Chargée de Cours	En poste
32	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste
34	NGUEMDJO CHIMEZE Valery Wilfried	Assistant	En poste
6- DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES (ER) (1)			
1.	BODO Bertrand	Professeur	<i>Chef de Département</i>
7- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)			
1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division des</i>
2	FOUDA NDJODO Marcel	Professeur	<i>Inspecteur Général</i>
3	NDOUNDAM René	Professeur	En poste
4	ABESSOLO ALO'O Gislain	Maître de Conférences	<i>CTI/MINFOPRA</i>
5	MELATAGIA YONTA Paulin	Maitre de Conférences	En poste
6	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
7.	AMINOU HALIDOU	Chargé de Cours	Chef de Département
8.	DJAM Xaviera YOUH -	Chargée de Cours	En Poste
9.	DOMGA KOMGUEM	Chargé de Cours	En poste
10.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
11.	EKODECK Stéphane Gaël	Chargé de Cours	En poste
12.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
13.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
14.	KOUOKAM KOUOKAM E.	Chargé de Cours	En poste
15.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	Chef de
16.	MONTHE DJIADEU Valery	Chargé de Cours	En poste
17.	NZEKON NZEKO'O Armel	Chargé de Cours	En poste
18.	OLLE OLLE Daniel Claude	Chargé de Cours	Directeur Adjoint

19.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
20.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
21.	MAKEMBE. S. Oswald	Assistant	Directeur CUTI
22.	MAXWELL NDOGNKON	Assistant	En poste
23.	NDOM Francis Rollin	Assistant	En poste
24.	NGUIMEYA TSOFAK	Assistant	En poste
25.	NKONDOCK. MI	Assistant	En poste
8- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (34)			
1	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<i>Chef de</i>
2	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	<i>Chef de</i>
5	MBELE BIDIMA Martin	Maître de Conférences	En poste
6	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>VDRC/FS/UYI</i>
7	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8	TCHAPNDA NJABO Sophonie	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS</i>
9	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
10	AGHOUKENG JIOFACK Jean	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule</i>
11	BOGSO ANTOINE Marie	Chargé de Cours	En poste
12	BITYE MVONDO Esther	Chargé de Cours	En poste
13	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
14	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
15	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
16	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
17	KOKOMO AYISSI Eric Brice	Chargé de Cours	En poste (transfert de
18	LOUMNGAM KAMGA Victor	Chargé de Cours	En poste
19	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
20	MBATAKOU Salomon Joseph	Chargé de Cours	En poste
21	MENGUE MENGUE David	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS</i>
22	MBIAKOP Hilaire George	Chargé de Cours	En poste
23	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
24	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
25	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
26	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
27	TENKEU JEUFACK Yannick	Chargé de Cours	En poste
28	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
29	TETSADJIO TCHILEPECK	Chargé de Cours	En poste
30	EBODE ATANGANA Pie	Assistant	En poste
31	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
32	GUIDZAVAI KOUCHERE	Assistant	En poste
33	MAMA ASSANDJE Prosper	Assistant	En poste
34	MANN MANYOMBE Martin	Assistant	En poste
35	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
36	NYOUMBI DLEUNA	Assistant	En poste

9 - DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)			
1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	KOUITCHEU MABEKU Epse	Professeure	En poste
3.	MUNE MUNE Martin Alain	Professeur	En poste
4.	NYEGUE Maximilienne	Professeure	<i>Vice-Doyen / DSSE</i>
5.	RIWOM Sara Honorine	Professeure	En poste
6.	SADO KAMDEM Sylvain	Professeur	En poste
7.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	<i>Doyen/FASA/UDs</i>
8.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
9.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
10.	TCHIKOUA Roger	Maître de Conférences	<i>Chef de Service de la</i>
11.	EHETH Jean Samuel	Chargé de Cours	En poste
12.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
13.	EZO'O MENGOU Fabrice	Chargé de Cours	En poste
14.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
15.	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste
16.	MONI NDEDI Esther Del	Chargée de Cours	<i>Cheffe de</i>
17.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18.	NKOUÉ TONG Abraham	Chargé de Cours	En poste
19.	NGOUE NAM Romial Joël	Chargé de Cours	En poste
20.	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Chargé de Cours	En poste
21.	TAMATCHO KWEYANG	Chargée de Cours	En poste
22.	SAKE NGANE Carole	Chargée de Cours	En poste
23.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
24.	ZO'O EZO'O Fabrice Télesfor	Assistant	En poste
25.	MAYI Marie Paule Audrey	Assistante	En poste
10. DEPARTEMENT DE PHYSIQUE (PHY) (45)			
1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	BIYA MOTTO Frédéric	Professeur	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
3.	DJUIDJE KENMOE ép.	Professeur	En poste
4.	EKOBENA FOU DA Henri	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté</i>
5.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
6.	EYEBE FOU DA Jean sire	Professeur	En poste
7.	FEWO Serge Ibraïd	Professeur	En poste
8.	HONA Jacques	Professeur	En poste
9.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
10.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	<i>Chef de</i>
11.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
12.	NJANDJOCK NOUCK	Professeur	En poste
13.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de</i>
14.	SIEWE SIEWE Martin	Professeur	En poste
15.	SIMO Elie	Professeur	En poste
16.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FS/Univ/Bda</i>
17.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste

18.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
19.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
20.	VONDOU Derbetini	Professeur	En poste
21.	ENYEGUE A NYAM épouse	Maître de Conférences	<i>Cheffe de Div./ENSPY</i>
22.	FOUEJIO David	Maître de Conférences	<i>Chef Cell/MINADER</i>
23.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
24.	MBONO SAMBA Yves	Maître de Conférences	En poste
25.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
26.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
27.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
28.	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Secrétaire Générale</i>
29.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférences	<i>Absente de son poste</i>
30.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
31.	AYISSI EYEBE Guy François	Chargé de Cours	En poste
32.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
33.	DJIOTANG TCHOTCHOU	Chargée de Cours	En poste
34.	EDONGUE Hervais	Chargé de Cours	En poste
35.	KAMENI NEMATCHOUA	Chargé de Cours	En poste
36.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
37.	NGA ONGODO Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
38.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	Chef de
39.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Chargé de Cours	En poste
40.	TCHAPET NJAFA Jean-Pierre	Chargé de Cours	Chef Ser.
41.	TEYOU NGOUPPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
42.	TOGUEU MOTCHEYO Alain	Chargé de Cours	En poste
43.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
44.	ETEME Armand Sylvain	Assistant	En poste
45.	NGO MOUELLAS épouse	Assistante	En poste
46.	TCHODIMOU Carole	Assistant	En poste

. 11- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (34)

1.	BISSO Dieudonné	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	EKOMANE Emile	Professeur	<i>Chef Div./Uté Ebolowa</i>
3.	GANNO Sylvestre	Professeur	En poste
4.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	<i>Vice-Doyen /DPSAA</i>
5.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Professeur	<i>CEA/MINRESI</i>
6.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
7.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	<i>Chef de</i>
9.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	<i>Chef Div. /MINTP</i>
10.	TCHOUANKOUE Jean Pierre	Professeur	En poste
11.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
12.	EYONG John TAKEM	Maître de Conférences	En poste
13.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec.</i>
14.	MAMDEM TAMTO Lionelle	Maitre de Conférences	En poste
15.	MBIDA YEM	Maître de Conférences	En poste

16	MBESSE Cécile Olive	Maitre de Conférences	En poste
17	METANG Victor	Maître de Conférences	En poste
18	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
20	NTSAMA ATANGANA	Maître de Conférences	En poste
21	TCHAKOUNTE Jacqueline	Maître de Conférences	<i>Chef. Cell /MINRESI</i>
22	TCHAPTCHET TCHATO De	Maître de Conférences	En poste
23	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
24	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
25	ANABA ONANA Achille	Chargé de Cours	En poste
26	KOAH NA LEBOGO Serge P.	Chargé de Cours	En poste
27	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
28	NGO'O ZE ARNAUD	Chargé de Cours	En poste
29	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
30	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
31	TENE DJOUKAM Joëlle Flore,	Chargée de Cours	En poste
32	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
33	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste

Répartition chiffrée des Enseignants de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	08 (01)	25 (15)	11 (05)	00 (00)	44 (21)
BPA	12 (02)	18 (06)	16 (06)	01 (01)	47 (15)
BPV	08 (02)	10 (03)	14 (06)	06 (03)	39 (14)
CI	06 (01)	14 (02)	05 (01)	03 (01)	28 (05)
CO	06 (01)	14 (05)	12 (03)	02 (00)	33 (09)
ER	01 (00)	/	/	/	01 (0)
IN	03 (00)	03 (00)	13 (01)	06 (00)	24 (01)
MAT	01 (00)	08 (00)	20 (01)	07 (01)	36 (02)
MIB	05 (03)	05 (01)	13 (06)	01 (01)	24 (11)
PHY	17 (01)	11 (04)	15 (01)	04 (02)	45 (08)
ST	10 (00)	14 (05)	09 (02)	00 (00)	33 (07)
Total	67 (11)	122 (41)	128 (32)	30 (09)	342 (88)

Soit un total de **360 (94)** dont :

- Professeurs **67 (11)**
- Maîtres de Conférences **122 (41)**
- Chargés de Cours **128 (32)**
- Assistants **30 (09)**

() = Nombre de Femmes **94**

ENSEIGNANTS SOUS CONTRAT DE COLLABORATION

1.	BELL JOSEPH MARTIN	547019U	17/06/1957	Sakbayeme	M	10/11/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
2.	DJOUFAC WOUMFO EMMANUEL	547069Z	09/01/1957	Ngaoundéré	M	04/05/1990	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
3.	FOMENA ABRAHAM	546778X	10/11/1958	Batcham	M	01/12/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
4.	GHOGOMU TIH RAPH	547004-K	23/12/1956	BAMBALA NG	M	13/10/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
5.	KAMTCHOU ING PIERRES	143299X	13/09/1955	Nkongsamb a	M	01/10/1988	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
6.	NGADJUI TCHALEU BONAVENT URE	546959-G	15/09/1953	FONTSIGA	M	12/08/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
7.	NGO BILONG ANASTASIE épse TIH	546164-I	27/12/1955	MBANGA	F	28/07/2000	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	MC
8.	NKENGFAC K EPHRAIM AUGUSTIN	546948-F	17/06/1955	YAOUNDE	M	01/09/1983	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
9.	NDIKONTA R MAURICE KOR	169784G	09/05/1958	Mbaa	M	10/01/1991	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION- EN COURS DE SIGNATURE	PR
10.	NJIOKOU FLOBERT	547321H	11/06/1958	Nkongsamb a	M	03/05/1993	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION- EN COURS DE SIGNATURE	PR
11.	BENG NEE NINTCHOM PENLAP VERONIQUE	546643B	07/01/1957	Melong I	F	02/10/1992	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION	PR
12.	FOKOU ELIE	546725J	08/06/1957	Fiéla- Bamendjind a	M	01/04/1988	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
13.	TCHOUANK EU JEAN CLAUDE	547295-E	06/01/1959	Douala	M	01/12/1989	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
14.	BOYOMO ONANA						CONTRATS TRAITES LORS DU CONSEIL D'UNIVERSITE DU 12 JUILLET 2024	MC
15.	WANDJI JEAN	162242M	09/06/1958	Bangou	M			UYI
16.	YOUMBI EMMANUEL	547332Z	12/02/1959	Bangou	M	Bangou		PR
17.	NGODO MELINGUI JEAN	500475X	05/09/1958	Endoum		20/10/2005		MC
18.	KOFANE TIMOLEON CREPIN							PR
19.	NGAMENI EMMANUEL	547277-C	24/04/1959	Mbanga	M			PR
20.	BITOM DIEUDONNE	547050X	23/11/1958	Ambam	M			PR

DEDICACE

À

Mon père Cyprien EDOA de regretté mémoire et à ma très brave mère

MENGUE Martine...

REMERCIEMENTS

A l'issue de la rédaction de cette thèse, je réalise alors à quel point celle-ci aurait été différente sans la bénédiction du seigneur **JESUS CHRIST** et la présence d'un grand nombre de personnes.

Ces personnes m'ont permis de progresser dans cette période d'apprentissage, tant sur le plan scientifique que personnel.

Je tiens à remercier, le Professeur **ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert** pour le sujet qu'il m'a proposé et pour avoir tenu ses engagements de superviseur de cette thèse. Ses précieux conseils, ses orientations, sa disponibilité et son suivi quotidien m'ont permis de m'épanouir tout au long de ce travail. Professeur, retrouvez ici ma profonde gratitude.

J'exprime ma plus grande gratitude au Docteur **ENEKE TAKEM Gloria**, directeur de cette thèse pour sa confiance et l'attention qu'elle m'a témoignée tout au long de cette expérience et aussi pour son soutien et son incroyable disponibilité.

Je ne saurais trop remercier le **Dr Laure GUILOU** de la Station Biologique de Roscoff en France pour son aide précieuse et ses encouragements au cours de cette thèse.

J'exprime ma profonde reconnaissance à tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales pour les enseignements reçus durant mes années universitaires, pour les orientations, et les encouragements durant ce travail. Cette gratitude va particulièrement à l'endroit du Chef de Département de BPA, le Professeur **KEKEUNOU Sévilor**, les Professeurs **FOMENA Abraham**, **NOLA Moïse**, **FOTO MENBOHAN Samuel**, **AJEAGAH Gideon AGHAINDUM**, **DJIETO-LORDON Champlain**, **NOAH EWOTI Olive Vivien**, **MOUNGANG Luciane Marlyse** et **TAMSA ARFAO Antoine**.

Si j'ai pu réaliser ces travaux de thèse, c'est également grâce au pirogquier **MADOLA** de Kribi. Je tiens vraiment à le remercier pour ces 13 mois de prélèvement. Je le remercie de m'avoir donné de sa confiance et de son optimisme contagieux qui ont relevés en moi le courage d'effectuer les travaux dans un milieu aussi plein de risques.

J'ai une pensée particulière pour le Professeur **MAMA Crépin Anselm**, Chef de Département des Sciences de Base à l'Ecole Normale des Sciences Maritimes et Océanique de Kribi (ENSMO) et les Docteurs **ETEME ENAMA Serge**, **CHINCHE Sylvie BELINFE**, **SAFIA MAHAT Tahir**, **ESSONO Damien Mari**, **MM. MVONDO Narcisse**, **NDONGO Albin Josué** et **EDIOH PEM Frederick** pour leurs encouragements, leurs conseils et surtout leurs appuis financiers. Sans vous je ne crois pas que je pouvais aller jusqu'au bout des campagnes de prélèvement. Retrouvez ici, toute ma profonde gratitude.

Je dois un grand merci à mon compagnon de terrain, ami et frère, Monsieur **ZAMBO Gabriel Bertrand** et un merci à tous les camarades de laboratoire qui ont été disponible pour m'accompagner sur le terrain et pour les bons moments vécus ensemble. Je pense particulièrement aux Docteurs **KOUAM FOTSEU Arnold Landry**, **KOUEDEUM KUEPPO Éric**, **NANFACK NDOGMO Rodrigue** et **POUNTOUGNIGNI Oumarou FARIKOU** ; **MM. NSANGO HENOCK Yves**, **GUIEMA Cédric Anicet** et **SOB NANGO Paul Bertrand**.

Mes sincères remerciements vont également à l'endroit du Professeur **ONANA FILS Mamert**, des Docteurs **KAYO TUEKAM Raoul Polycarpe** et **KENGNE TENKE Janvier** pour leurs remarques et conseils scientifiques qui m'ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.

J'adresse aussi mes vifs et sincères remerciements au staff de la Faculté des Sciences de l'université d'Ebolowa. Plus particulièrement, je dis merci à Mme le Doyen de cette Faculté, Professeur **EDIMA Hélène Carole** pour ses encouragements à terminer cette thèse et les opportunités d'apprentissage offertes. À sa suite, j'exprime ma profonde reconnaissance à l'endroit du Dr **MOUCHILI MAMA**, coordonnateur des activités au Département de Sciences Biologiques Appliquées à l'Agriculture pour les absences relatives aux travaux de thèse tolérées et les encouragements.

Loin de la recherche, souvent, il y a tous ceux qui, sans toujours bien comprendre ce qui nous pousse à « chercher », nous aide à garder le cap. Je pense ici à ma famille, ma mère Mme **MENGUE Martine**, mes frères **MAMA EDOA Wendelin** et **EKANI EDOA Vincent De Paul**, mes sœurs **NKE EDOA Astarie**, **NEMI EDOA Monique**, **KOUNA EDOA Fridoline**, mes oncles et tantes, tous mes neveux et nièces, mes enfants **OWONA Cypri Davy** et **OWONA Franck Mathis**. Merci également à papa **BESSALA Jean** et maman **ESSOGO Lucie** pour l'amour parental qu'ils ne cessent de me témoigner et leurs soutiens multiformes au cours de cette thèse.

Je ne saurais terminer sans remercier sincèrement et du fond du cœur ma compagne, Mademoiselle **ANABA Thérèse Zerbinette** pour son amour, sa précieuse compagnie, ses motivations, ses prières et encouragements tout au long de ces années. Sa présence à mes côtés au cours de cette thèse m'a été d'un réconfort immense.

Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de cette thèse. Votre aide et votre soutien ont été inestimables.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE.....	i
DEDICACE.....	xiii
REMERCIEMENTS	xiv
SOMMAIRE	xvi
LISTE DES FIGURES.....	xix
LISTE DES TABLEAUX.....	xxii
LISTE DES ANNEXES	xxiii
RESUME.....	xxiv
ABSTRACT	xxvi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LITTERATURE	5
I.1. GENERALITES SUR LES ZONES COTIERES	6
I.1.1. Définitions	6
I.1.2. Importance des zones côtières	6
I.2. PHYTOPLANCTON	7
I.2.1. Phytoplancton et production primaire dans les océans.....	7
I.2.2. Diversité du phytoplancton.....	8
I.3. FACTEURS ABIOTIQUES CONTRÔLANT LA PRODUCTION PRIMAIRE ET LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES DANS LE MILIEU MARIN	16
I.3.1. Lumière.....	16
I.3.2. Température, pH et salinité	17
I.3.3. Oxygène dissous	17
I.3.4. Eléments biogènes	18
I.4. INTERACTIONS ENTRE ZONE CÔTIÈRE ET MILIEU TERRESTRE	20
I.4.1. Flux de nutriments en provenance des bassins versants.....	20
I.4.2. Impacts des aménagements des écosystèmes côtiers sur la biodiversité.....	20
I.5. UTILISATION DU PHYTOPLANCTON DANS LA DÉTERMINATION DE LA QUALITÉ DES EAUX CÔTIÈRES.	21
I.5.1. Phytoplancton : bioindicateur de l'enrichissement en nutriments.....	21
I.5.2. Indices de description de la structure biologique des masses d'eau côtières à base du phytoplancton.....	22
I.6. QUELQUES TECHNIQUES D'ÉTUDES DU PHYTOPLANCTON	22
I.6.1. Microscopie	22

I.6.2. Méthodes moléculaires	23
I.6.3. Cytométrie en flux	23
I.7. CONNAISSANCES GÉNÉRALES DU PHYTOPLANCTON DES ZONES CÔTIÈRES DU CAMEROUN	23
CHAPITRE II : CADRE GÉOGRAPHIQUE, MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	25
II.1. CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	26
II.1.1. Milieu physique.....	26
II.1.2. Climat, hydrologie, végétation et conditions océanographiques.....	26
II.1.3. Activités anthropiques dans la ville de Kribi	27
II.2. MATÉRIEL	29
II.2.1. Période d'étude.....	29
II.2.2. Description des points de prélèvement.....	29
II.3. MÉTHODES D'ÉTUDE	34
II.3.1. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau.....	34
II.3.2. Inventaire du peuplement phytoplanctonique	38
II.3.3. Détermination des paramètres abiotiques qui influencent la biodiversité du phytoplancton.....	45
II.3.4. Analyse statistique des données	45
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	47
III.1. RESULTATS.....	48
III.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la zone côtière de Kribi	48
III.1.2. Biodiversité phytoplanctonique de la zone côtière de Kribi.....	58
III.1.3. Influence des paramètres abiotiques sur la distribution du phytoplancton	93
III.1.4. Typologie de la zone côtière de Kribi	97
III.2. DISCUSSION.....	103
III.2.1. Physico-chimiques des eaux de la côte de Kribi.....	103
III.2.2. Peuplement phytoplanctonique	106
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	112
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	115
ANNEXES	142

LISTE DES ABREVIATIONS

- AFB** : Agence Française pour la Biodiversité
- APHA** : *American Public Health Association*
- BUCREP** : Bureau Central des Recensements et des Etudes de Population
- BTP** : Bâtiment et Travaux Publics
- CEMP** : *Coordinated Environmental Monitoring Programme*
- CNRS** : Centre Nationale de Recherche de Recherche Scientifique
- COI** : Commission Océanique Intergouvernementale
- CUK** : Communauté Urbaine de Kribi
- DCE** : Directive Cadre sur l'Eau
- ENITA** : Ecole d'Ingenieur des Travaux Agricoles
- Envi-Rep Cameroon** : *Environment and Resource Protection Cameroon*
- FEM** : Fond pour l'Environnement Mondial
- GSP** : Grande Saison des Pluies
- GSS** : Grande Saison Sèche
- GT** : Groupes de Travail thématiques
- Hévécam** : Hévéa du Cameroun
- IFREMER** : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
- INC** : Institut National de la Cartographie
- MINEP** : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
- OSPAR** : Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est
- PAK** : Port Autonome de Kribi
- PCR** : Polymerase Chain Reaction
- PSP** : Petite Saison de Pluies
- PSS** : Petite Saison Sèche
- RCS** : Réseau de Contrôle de Surveillance
- REPHY** : Réseau d'observation et de surveillance du Phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales françaises.
- RHLR** : Réseau Hydrologique Littoral Réunionnais
- SDAGE** : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- SOCAPALM** : Société Camerounaise de Palmiers
- UNESCO** : *United Nation for Education Sciences and Culture Organization*
- WWF** : *World Wildlife Foundation*

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma de la pompe biologique du carbone dans les océans	9
Figure 2 : Morphologie des Diatomées centriques et pennées	12
Figure 3 : Organisation générale d'un Dinoflagellé cuirassé et nu	13
Figure 4 : Quelques différentes formes et taxons représentatifs de : Chlorophyta, Euglenophyta, Cyanophyta.....	16
Figure 5 : Extraction du sable sur les côtes kribiennes	28
Figure 6 : Sources de pollutions diverses. Huileries moderne, artisanale et unité de traitement de latex.....	28
Figure 7: Activités industrielles marquant dans la ville de Kribi. Port, Offshore et Cimenterie.....	29
Figure 8 : Carte présentant les points de prélèvement le long de la zone d'étude	30
Figure 9 : Vue paranoïaque partielle des plages retenues dans le cadre de cette étude. Ngoyè, Palm Beach, Lobé et Grand Batanga	31
Figure 10 : Vue paranoïaque partielle des emboucgures. Kienke et Lobé.....	32
Figure 11 : Vue paranoïaque partielle des zones de frayère. Bwambè, Ebomé, Grand Bantanga et Site de ponte de tortue	33
Figure 12 : Vue paranoïaque partielle des points marqués par une activité anthropique. Carrière de sable, Marché de poisson et Port de Kribi	34
Figure 13 : Variation saisonnière de : Température, Transparence, MES et Couleur.....	50
Figure 14 : Variation saisonnière de : pH, O ₂ dissous, CO ₂ dissous et TDS	52
Figure 15 : Variation saisonnière de la Conductivité, Salinité, Alcalinité	54
Figure 16 : Variation saisonnière de : NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻	56
Figure 17 : Variation saisonnière de : Ca ²⁺ et Mg ²⁺	57
Figure 18 : Variations des teneurs en Chlorophylle « a ».	57
Figure 19 : Composition taxinomique relative du phytoplancton dans la zone d'étude	58
Figure 20 : Répartition relative des Classes de Diatomées dans la zone côtière de Kribi	59
Figure 21 : Quelques spécimens de Diatomées identifiées	72

Figure 22 : Répartition relative des Classes de Dinoflagellés.....	73
Figure 23 : Quelques spécimens de Dinoflagellés identifiés.....	77
Figure 24 : Quelques spécimens de Flagellés identifiés.....	79
Figure 25 : Variations spatio-saisonniers de la richesse spécifique totale	80
Figure 26 : Variation spatiale de la richesse spécifique des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellés	81
Figure 27 : Variation saisonnière de la richesse spécifique des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellés	81
Figure 28 : Variation spatiale de la richesse spécifique des Classes phytoplanctoniques	82
Figure 29 : Variation saisonnière des Classes phytoplanctoniques.....	83
Figure 30 : Abondance relative des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellées dans la zone côtière de Kribi	83
Figure 31 : Variation des abondances phytoplanctoniques dans la zone côtière de Kribi	84
Figure 32 : Variation spatiale des abondances totales relatives des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellés pendant la période de l'étude	85
Figure 33 : Variation saisonnière des abondances totales relatives des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellés pendant la période de l'étude	86
Figure 34 : Variations spatio-saisonniers des abondances des Classes	87
Figure 35 : Variations spatio-saisonnière de l'espèce utile et des espèces susceptibles de causer des nuisances.	89
Figure 36 : Variations spatio-saisonnière de la biomasse phytoplanctoniques pendant la période de l'étude	90
Figure 37 : Fréquences d'occurrence de des taxa phytoplanctoniques recensés pendant la période de l'étude d'occurrence spatiale	91
Figure 38 : Variation des indices Shannon et Weaver, Piélou et Simpson	92
Figure 39 : Variation de l'indice de Menhinick	93
Figure 40 : Variation du rapport N/P	93
Figure 41 : Classification Ascendante Hiérarchique des points de prélèvement en fonction des paramètres physico-chimiques enregistrés pendant la période d'étude.	97

Figure 42 : Pourcentage de contribution sur les Dimensions et Projection des variables physico-chimiques sur le plan des deux premières dimensions de l'ACP.	99
Figure 43 : Projection des saisons décrites par leurs caractéristiques physicochimiques, sur le plan des deux premières dimensions de l'ACP.....	99
Figure 44 : Classification Ascendante Hiérarchique des points de prélèvement à partir des densités phytoplanctoniques.....	100
Figure 45 : Pourcentage de contribution des taxons phytoplanctoniques sur les Dimensions	101
Figure 46 : Projection des taxons phytoplanctoniques sur le cercle de corrélations.....	102
Figure 47 : Projection des saisons décrites par la structuration du peuplement phytoplanctonique sur le plan des deux premières dimensions de l'ACP.....	103

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques des principaux fleuves de la région côtière de kribi	27
Tableau II : Modèle de classification basée sur le référentiel taxinomique de WORMS.....	39
Tableau III : Grille de lecture des valeurs de l'indice de Menhinick.....	44
Tableau IV : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la zone côtière de Kribi au cours de la période d'étude	49
Tableau V : Distribution des Classes, Ordres, Familles et Espèces appartenant aux Diatomées	60
Tableau VI : Distribution des Classes, Ordres, Familles et Espèces appartenant aux Dinoflagellés.....	74
Tableau VII : Distribution des Classes, Ordres, Familles et Espèces appartenant aux Flagellés	78

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste et fréquences d'occurrence des différents taxons phytoplanctoniques recensés dans la zone côtière de Kribi étudié	143
Annexe 2 : Matrice des corrélations de Spearman entre paramètres physico-chimiques et les Diatomées.....	152
Annexe 4 : Dynamique spatiale des densités phytoplanctoniques enregistrées dans les 13 points de prélèvement pendant la période d'étude.	155
Annexe 6 : Taxons phytoplanctoniques utiles et taxons phytoplanctoniques susceptibles d'être nuisibles.....	165
Annexe 7 : ACP réalisée à partir des données physico-chimiques enregistrées dans les différents points de prélèvement.....	168
Annexe 8 : ACP réalisé à partir des données biologiques enregistrées dans les différents points de prélèvement.....	169
Annexe 9 : Publication issue de la thèse.....	170
Annexe 10 : Liste des communications scientifiques issues de la thèse	170

RESUME

Le phytoplancton, un groupe de micro-algues méconnu qui fait vivre la planète est constitué d'une diversité de microorganismes qui vivent librement dans tous les écosystèmes aquatiques. Sa biodiversité dans les côtes camerounaises restait jusqu'à l'entame de ce travail mal connue malgré le rôle clé que joue ces microalgues dans leurs fonctionnements. La présente étude avait donc pour objectif d'étudier la composition taxinomique de cet important compartiment biologique de l'océan Atlanctique à Kribi ainsi que l'influence des saisons sur quelques facteurs abiotiques et la dynamique des taxons. Elle a été réalisée de février 2020 à février 2021 suivant une fréquence de prélèvement mensuelle dans 13 points (K1 à K13) choisis suivant les critères de choix appropriés. La mesure des paramètres physico-chimiques sur le terrain a été effectuée à partir d'un composite permettant d'avoir des informations globales de la couche d'eau. Ce composite a été réalisé dans un sceau de 20 L à partir des prélèvements de l'eau en surface à l'aide d'un sceau de 5 L, en profondeur dans les couches euphotique et aphotique au moyen d'une bouteille de Van Dorn. Certains facteurs abiotiques ont été mesurés *in-situ* dans ce composite et les échantillons destinés aux analyses de laboratoire quant à eux ont été prélevés à l'aide des bouteilles en polyéthylène de 250 et 1000 cc puis conservés en enceinte réfrigérée pour être analysés suivant les protocoles d'analyse standard. S'agissant du phytoplancton, l'eau a été prélevée dans les mêmes tranches que les facteurs abiotiques puis filtrée à travers un tamis à plancton de 40 µm de maille et le retentât obtenu a été directement fixé au *Lugol*. Les identifications et comptages des taxons qui ont suivies au laboratoire ont été effectués à l'aide d'une cellule de Sedgewick-Rafter et un microscope optique de marque Olympus, des clés et ouvrages d'identification des taxons phytoplanctoniques appropriés. Les résultats obtenus ont enfin été regroupés par saisons et analysés à l'aide des logiciels appropriés. Le test de Kruskal-Wallis appliqué aux données des facteurs abiotiques enregistrées a montré leurs variations significatives entre les points K2 et K7 situés dans les embouchures des fleuves Kienké et Lobé, respectivement et les autres points de prélèvement d'une part et entre les différentes saisons d'autre part. Ce résultat montre donc l'influence significative de ces fleuves et des saisons sur les variables abiotiques de l'eau de la zone d'étude. La température, le pH, la conductivité, la salinité, l'O₂ dissous, les nitrates et orthophosphates ont varié autour des valeurs moyennes générales de 29,46±0,48 °C ; 8,53±0,11 ; 26,1±3,33 mS/cm ; 15,5±2,13 mg/L ; 89,56±1,13 % ; 1,61±0,47 mg/L ; 1,86±0,29 mg/L respectivement.

S'agissant de la diversité phytoplanctonique étudiée, 274 taxons dont 192 taxons de Diatomées, 60 taxons de Dinoflagellées et 22 taxons Autres regroupés en 08 phyla, 12 Classes,

46 Ordres et 73 Familles ont été identifiés. Chez les Diatomées, les Classes de Bacillariophyceae et Coscinodiscophyceae ont été les plus diversifiées avec respectivement 82 et 70 taxons alors que chez les Dinoflagellées représentées par 02 Classes, la Classe des Desmophyceae a été légèrement plus diversifiée avec 34 taxons que celle des Dinosaphyceae qui a compté 26 taxons. Cette diversité a varié à travers les différents points d'échantillonnages entre 89 taxons recensés à K5 et 129 taxons à K9 ainsi qu'entre les saisons avec 142 taxons identifiés en Petite Saison de Pluie (PSP) et 197 taxons durant la Grande Saison Sèche (GSS). Pour ce qui est des densités, les espèces appartenant aux Diatomées ont présenté sur le plan spatial les densités les plus élevées sauf à K3, K4, K6, K8, K12 où la densité des espèces de Dinoflagellées appartenant aux Desmophyceae, a été plus élevée. Sur le plan saisonnier, les densités du phytoplancton ont été globalement croissantes de la PSP à la GSS. Regroupant les densités des espèces en Classes au plan saisonnier, l'étude montre en gros que les densités des Classes des Diatomées ont été plus élevées pendant toutes les saisons. Mais une dominance des Desmophyceae par rapport à certaines Classes des Diatomées a été remarquée pendant la PSP et la GSP. Relativement au test H de corrélations de Spearman, il a montré que la température, la conductivité électrique, la salinité, les TDS, les teneurs en différentes formes d'azote et en orthophosphates sont les paramètres physico-chimiques qui influencent significativement la distribution du phytoplancton et surtout les Diatomées. Ce travail a permis en plus des résultats précédents, de repertorier 20 taxons nuisibles et toxiques donc 03 sont suivant les fréquences d'occurrence, omniprésents (*Coscinodiscus wailesi*, *Ceratium furca* et *Dinophysis caudata*) ; 05 sont réguliers (*Bacteriastrium hyalinum*, *Chaetoceros peruvianus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pyrodinium bahamense*, *Prorocentrum micans*) ; 03 sont constants (*Thalassiosira hendeyi*, *Odontella sinensis*, *Chaetoceros lorenzianus*). Toutefois, un taxon utilisé dans le secteur de complément alimentaire et en cosmétologie (*Odontella aurita*) a été aussi identifié dans la zone d'étude. Il ressort donc de cette étude que, la forte représentativité des Diatomées qui sont un composant prédominant du phytoplancton océanique montre que l'océan Atlantique au niveau de Kribi ne connaît pas encore de perturbations majeures. Néanmoins, la présence des espèces nuisibles et toxiques ainsi que l'enrichissement en éléments nutritifs révèlent une dégradation progressive du milieu. Du point de vue de la recherche future, un contrôle strict et régulier des éléments nutritifs et de la composition taxinomique du phytoplancton devrait donc être envisageable.

Mots clés : Biodiversité, Phytoplancton, Paramètres physico-chimiques, Zone côtière, Kribi

ABSTRACT

Phytoplankton, an unknown microalgae group that sustains the planet, is made up of a diversity of microorganisms that live freely in all aquatic ecosystems. Its biodiversity along the Cameroonian coasts remained poorly understood until the start of this study, despite the key role played by these microalgae in their functioning. The present study aimed to investigate the taxonomic composition of this important biological component of Atlantic Ocean at Kribi, as well as the influence of seasons on some abiotic factors and the dynamics of the taxa. It was conducted from February 2020 to February 2021 with a monthly sampling frequency at 13 sampling points (K1 to K13) chosen according to appropriate selection criteria. The abiotic factors were measured in the field using a composite to obtain overall information on the water layer from the surface to depth. This composite was carried out in a 20 L bucket by taking water samples at the surface using a 5 L bucket, and at depth in the euphotic and aphotic layers using a Van Dorn bottle. Samples for laboratory analyzed were taken in 250 and 1000 cc polyethylene bottles, stored in a refrigerated chamber and analysed using standard analysis protocols. For phytoplankton, the water was taken from the same sections of the water column as the abiotic factors samples, then filtered through a 40 μm mesh plankton sieve and the resulting retentate was fixed directly with Lugol. Phytoplankton taxa were identified and counted using a Sedgewick-Rafter cell and an Olympus optical microscope, as well as appropriate keys and books. The results were grouped by season and analyzed using appropriate software. Data recorded using the Kruskal-wallis test applied for abiotic factors analyses, showed their significant variations between points K2 and K7 located at the mouths of the Kienké and Lobé rivers respectively and the other sampling points on the one hand, and between the different seasons on the other. This result illustrates the influence of these rivers and the seasons on the physico-chemical quality of the water. Temperature, pH, conductivity, salinity, dissolved O₂, nitrates and orthophosphates varied around the general mean values of 29.46 ± 0.48 °C; 8.53 ± 0.11 ; 26.1 ± 3.33 mS/cm; 15.5 ± 2.13 mg/L; 89.56 ± 1.13 %; 1.61 ± 0.47 mg/L; 1.86 ± 0.29 mg/L respectively. With regard to the phytoplankton biodiversity studied, a diversity of 274 taxa including 192 taxa of Diatoms, 60 taxa of Dinoflagellates and 22 taxa Other grouped into 08 Phyla, 12 Classes, 46 Orders and 73 Families were collected. Among the Diatoms, the classes Bacillariophyceae and Coscinodiscophyceae were the most diverse, with 80 and 70 taxa each respectively, while among the Dinoflagellates, represented by 02 Classes, Desmophyceae was the most diverse, with 34 taxa, and Dinosaphyceae, with 25 taxa. This diversity varied between the different sampling points, with 89 taxa recorded at K5 and 129 taxa at K9, and

between seasons, with 142 taxa identified during the Short Rainy Season (PSP) and 197 taxa during the Long Dry Season (GSS). In terms of densities, species belonging to the Diatoms were the densest spatially, except at K3, K4, K6, K8 and K12, where the density of species belonging to the Desmophyceae, the most diverse class of Dinoflagellates, was highest. Seasonally, phytoplankton densities increased overall from PSP to GSS. Grouping the densities of species into Classes on a seasonal basis shows that the densities of the Diatom Classes were higher in all seasons. However, the dominance of Desmophyceae was higher than that of certain Diatom Classes during the PSP and GSP. Spearman correlation tests show that temperature, electrical conductivity, salinity, TDS, levels of various forms of nitrogen and orthophosphates are the physico-chemical parameters that have a significantly greater positive or negative influence on taxa densities during this study. This work has enabled us to identify 20 taxa that are harmful and toxic to the health of the marine ecosystem, of which 03 are globally ubiquitous (*Coscinodiscus wailesi*, *Ceratium furca* and *Dinophysis caudata*); 5 are regular (*Bacteriastrum hyalinum*, *Chaetoceros perivianus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pyrodinium bahamense*, *Prorocentrum micans*); 3 are constant (*Thalassiosira hendeyi*, *Odontella sinensis*, *Chaetoceros lorenzianus*). However, a taxon used as a food supplement and in cosmetology (*Odontella aurita*) has also been identified in the coastal area of Kribi. It is clear from this study that the high representativeness of diatoms, which are a predominant component of marine phytoplankton, shows that the Atlantic Ocean at Kribi is not yet experiencing any major disturbance. Nevertheless, the presence of harmful and toxic species, as well as the enrichment in nutritive elements, reveal a progressive degradation of the environment. From the point of view of future research, strict and regular monitoring of nutrients and the taxonomic composition of phytoplankton should therefore be considered.

Key words: Biodiversity, Phytoplankton, Physico-chemical parameters, Atlantic Ocean, Kribi

INTRODUCTION

Le phytoplancton occupe, dans les écosystèmes marins et côtiers, une position trophique primordiale et constitue de ce fait, un élément capital de leurs fonctionnements. Seulement, les fluctuations importantes de la distribution, de la composition et de l'abondance des populations de ces micro-organismes sont régies par des facteurs physico-chimiques et biologiques caractéristiques du milieu (Elghrib *et al.*, 2012). Sur le plan écologique, le phytoplancton contribue entre 14 et 30 % à la production primaire des zones côtières faisant d'elles les habitats les plus productifs des milieux marins et océaniques (Faouzi, 2014). De ce fait, les zones côtières constituent des sites de nidification, d'alimentation, de repos pour un très grand nombre d'organismes (Mantoura *et al.*, 1991 ; Blaber, 2002). Pourtant, ces zones sont considérées comme les plus sensibles en raison de la proximité des agglomérations urbaines et des activités économiques (Belin et Le Gal 2005 ; Wagne *et al.*, 2011). Dans tous les pays du monde, elles exercent un attrait sur les hommes et leurs activités. En effet, les enjeux économiques et sociaux ont fait d'elles des espaces privilégiés pour les activités humaines telles que la navigation, l'urbanisation, l'industrialisation et le tourisme pour ne citer que ceux-là (Ducotroy *et al.*, 2016). Leur gestion durable constitue donc un enjeu primordial et a non seulement suscité un intérêt considérable au cours des dix dernières années mais a également acquis une place de choix dans les débats nationaux et internationaux (Paskoff, 2010 ; Ouabo *et al.*, 2018). Le Cameroun comme les autres pays disposant d'une façade océanique n'échappe pas à toutes les réalités suscitées.

La côte camerounaise en effet est un domaine géostratégique tant sur le plan environnemental que socio-économique (Folack *et al.*, 1991 ; ENVI-REP, 2011). Dans son plan de structuration, l'Etat du Cameroun y a localisé sur les 134 849 km environ que mesure le littoral de Kribi de nombreux projets de développement, touristiques et industriels (Mfombam Nsangou, 2016). Entre autres grandes réalisations et projets industriels observés à Kribi on peut noter : la centrale à gaz et à fuel lourd de Mpolongwé, l'exploitation du fer de Lobé-Grand Zambie, le complexe industrialo-portuaire dans les localités de Boussibelika et de Lolabé, les complexes hôteliers, autoroute Lolabe-Kribi, les unités de transformation des fèves de cacao et de montage des engins de BTP, les cimenteries, etc... (Mbaha et Ba'ana Etoundi, 2021).

A la faveur de toutes ces infrastructures existantes ou en cours de réalisation, Kribi est devenu un *El dorado* pour les chercheurs d'emplois, les touristes, les commerçants et bien d'autres. Les modèles statistiques indiquent d'ailleurs des prévisions d'environ 164 000 habitants à l'horizon 2025 dans la ville de Kribi (Saha et Tchindjang, 2009 ; BUCREP, 2010). L'urbanisation qui accompagne cette croissance démographique ou nourrit ces activités économiques et industrielles ainsi que l'absence de planification territoriale, impacte

considérablement sur l'environnement et accentue la fragilité des écosystèmes littoraux et marins (Mbaha et Ba'ana Etoundi, 2021). Les impacts qui s'exercent sur les écosystèmes marins spécifiquement sont susceptibles, entre autres, d'engendrer des modifications considérables au sein des compartiments biologiques, dont celui du phytoplancton.

Le phytoplancton, dont le nom vient du grec « *phyton* » qui veut dire « plante », et « *planktos* » qui signifie « errer », est défini comme le compartiment planctonique constitué des organismes photosynthétiques (Reynolds, 2006). Il représente un ensemble diversifié et hétérogène d'algues microscopiques unicellulaires et des cyanobactéries photosynthétiques qui flottent dans les eaux (Belin et Soudant, 2018). Le phytoplancton joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de la « pompe biologique », en fixant le CO₂ atmosphérique qui sera transféré vers l'océan profond où il sera séquestré pendant plusieurs siècles, contribuant ainsi à réguler le climat de la terre (Tréguer *et al.*, 2018). Aujourd'hui, le phytoplancton produit près de la moitié de l'oxygène de l'atmosphère (Field *et al.*, 1998). Ce « service » est lié au processus de production primaire phytoplanctonique, qui constitue l'apport essentiel de matière organique aux réseaux trophiques marins (Belin et Soudant, 2018). La production primaire phytoplanctonique, base des réseaux trophiques aquatiques et marins est un facteur dimensionnant de la production naturelle des poissons, des mollusques et des crustacés marins dont les pêcheries mondiales extraient chaque année 110 millions de tonnes (Zeller *et al.*, 2018). Cependant, les changements propres au phytoplancton peuvent affecter entre autres sa biomasse, sa diversité spécifique et la distribution biogéographique des espèces (Hernández-Fariñas et Bacher, 2015). Ces témoins silencieux des hydrosystèmes et des océans en perpétuelle transformation font partir des indicateurs écologiques fiables de la qualité du milieu (Baillot, 2013).

L'intérêt socio-économique des écosystèmes côtiers du Cameroun explique le fait que leurs études scientifiques ont commencé assez tôt avec plusieurs travaux spécifiques. Les premières observations ont porté sur l'identification des espèces commercialisables dans l'estuaire du Cameroun (Crosnier, 1964 ; Crosnier et De Bondy, 1967 ; Le Guen et Crosnier, 1968). Le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MINEP) en 2007 a fait l'état de la biodiversité estuarienne, Folack *et al.* (2009) ; Kebe *et al.* (1993) ; Njifonjou (1998) ont traité de la dynamique de la pêche artisanale dans les systèmes estuariens du Cameroun. Ayissi *et al.* (2013) ont caractérisé des habitats benthiques et des pontes des tortues marines autour du Parc National de Campo-Ma'an. Plus récemment, Mama (2019) a étudié le fonctionnement hydrobiogéochimique des estuaires du Nyong et de la Kienké en relation avec les activités anthropiques, les variations climatiques et les influences fluviale et océanique

(marées haute et basse) tandis que Essomba Biloa *et al.* (2021) et Zambo *et al.* (2023) ont observé la dynamique du zooplancton et l'importance des paramètres physico-chimiques de l'estuaire de la Kienke et la section de l'océan atlantique de Kribi respectivement. La flore marine identifiée dans la zone côtière atlantique de Kribi reste à ce jour essentiellement constituée des algues macroscopiques qui se rencontrent sur les rochers dans la zone intertidale et dans la mer à différentes profondeurs. Dans la zone de Kribi-Campo, plus de 29 espèces d'algues et 170 espèces de plantes ont été identifiées par différentes équipes soutenues par le World Wildlife Fund (Folack, 2001). Malgré ces nombreuses études, les investigations sur la composition taxinomique du phytoplancton ainsi que l'influence probable des saisons et des facteurs abiotiques sur la dynamique des populations de l'océan Atlantique à Kribi restaient peu abordées. L'étude développée a donc pour objectif d'évaluer la diversité du phytoplancton en relation avec quelques facteurs abiotiques des eaux de l'océan Atlantique au niveau de la zone côtière de Kribi. Plus spécifiquement, il s'est agi de :

- Mesurer quelques facteurs abiotiques de l'eau de l'océan ;
- caractériser le peuplement phytoplanctonique de la zone d'étude ;
- déterminer à l'aide des outils d'analyse statistique l'influence des variables abiotiques sur les espèces phytoplanctoniques inventoriées ;

Cette thèse est présentée en trois chapitres. Le premier qui fait suite à l'introduction déroule la revue de la littérature. Le deuxième chapitre présente le cadre géographique de l'étude, le matériel et la méthodologie utilisés. Et enfin, le troisième et dernier présente les différents résultats obtenus et la discussion qui en découle. Elle se termine par une conclusion, des recommandations et des perspectives de recherche.

CHAPITRE I : REVUE DE LITTERATURE

I.1. GENERALITES SUR LES ZONES COTIERES

I.1.1. Définitions

La zone côtière est l'espace de transition entre les systèmes terrestre et océanique. Elle est définie comme étant l'aire océanique située sur le plateau continental, avec une profondeur inférieure à 200 mètres (en moyenne) jusqu'à la limite amont de la zone d'influence des marées (Polsenaere, 2011). C'est une mosaïque d'écosystèmes interconnectés par des flux de composés dissous, de matières détritiques et d'organismes. Leur position comme interface entre océan et continent en fait des zones de transition stratégiques dans lesquelles les facteurs terrestres et océaniques se rencontrent, dont la dynamique détermine une grande variété des ressources naturelles (Devreker et Lefebvre, 2022) et des zones particulièrement actives des points de vue biogéochimique et biologique (Siefert et Plattner, 2004). Elles sont aussi le lieu d'activités nécessitant des eaux de bonne qualité physico-chimique : usages récréatifs, aquaculture et pêche (Remili et Kerfouf, 2013).

I.1.2. Importance des zones côtières

Malgré la faible surface des zones côtières à l'échelle du globe (5% de l'océan global), elles sont d'une importance particulière (Dunne *et al.*, 2007). Les zones côtières ont longtemps et continuent à jouer un rôle important pour l'humanité. Du fait de leur situation à l'interface entre terre et mer, elles constituent des territoires à forts enjeux stratégiques pour les économies et pour l'environnement (Amara, 2011). Elles jouent divers rôles et fournissent un large éventail de biens et services (Bayeba, 2019). En effet, elles font partie des zones les plus productives du globe et abritent plus de 50% de la biodiversité mondiale (De Groot *et al.*, 2012).

I.1.2.1. Rôle nourricier des zones côtières

Les zones côtières sont des lieux de nourriceries et de développement des larves ou juvéniles de nombreuses espèces marines avant qu'elles ne soient recrutées dans la population adulte. Elles sont des zones où se reproduit, grandit ou transite un très grand nombre d'espèces marines ou océaniques, lesquelles font le plus souvent l'objet d'une exploitation halieutique (Duarte, 2002). Pour de nombreuses espèces de poissons, elles servent de refuge contre la prédation tout en offrant d'importantes quantités de nourriture (Amara, 2011). Les nourriceries assurent alors une fonction clé dans le cycle biologique des espèces et constituent de ce fait un maillon essentiel du renouvellement des stocks exploitables et de leur pérennisation. Cette fonction est l'une des composantes écologiques essentielles des zones côtières (Amara, 2011).

I.1.2.2. Rôle socio-économique

D'un point de vue socio-économique, les zones côtières constituent des espaces privilégiés pour le développement de nombreuses activités, sources d'emplois comme les activités portuaires, industrielles et touristiques (Allain *et al.*, 2006). Du fait de leur rôle clé dans l'économie, 60 % de la population mondiale vit actuellement à moins de 60 km des côtes. L'urbanisation des littoraux risque de s'amplifier, puisqu'on attend 75 % de la population mondiale sur les côtes en 2025 et la valeur des services écosystémiques marins avoisine les 2500 milliards USD par an, ce qui équivaut à la septième plus grosse économie du monde (Amara, 2011 ; FEM, 2018).

I.1.2.3. Rôle environnemental

Sur le plan environnemental, les zones côtières sont parmi les écosystèmes les plus riches et les plus productifs de la planète (Tsirilaza *et al.*, 2024). Elles participent par exemple entre 14-30% à la production primaire totale océanique, 90% au recyclage sédimentaire et 80% à la matière organique sédimentée. En plus d'assurer de nombreuses fonctions biologiques et écologiques, elles forment des habitats essentiels pour divers organismes (flore, ichtyofaune, avifaune), des zones d'épuration, de stockage et de transformation des apports terrigènes (Wollast, 1998). La forte productivité primaire des zones côtières se répercute le long des chaînes trophiques jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs, particulièrement ciblés par la pêche (Amara, 2011).

I.2. PHYTOPLANCTON

Les communautés phytoplanctoniques sont constituées d'assemblages d'espèces présentant des caractéristiques morphologiques (taille, forme, ...) et physiologiques (mode de nutrition, taux de croissance, ...) très différentes, dont l'organisation est une composante essentielle à la compréhension du fonctionnement d'un écosystème (Klug et Tiedje, 1993). Selon Karr (1991), la connaissance de la composition taxinomique des peuplements constitue une source d'informations nécessaires. En effet, la connaissance de la composition taxinomique des communautés phytoplanctoniques permet d'établir de véritables outils de diagnose des taxons et d'évaluation de pollution (Descy et Coste, 1990).

I.2.1. Phytoplancton et production primaire dans les océans

Le phytoplancton désigne l'ensemble des micro-organismes végétaux vivants en suspension dans la zone euphotique des océans et milieux aquatiques continentaux et dérivant au grès des courants (Broutin *et al.*, 2011). Il est composé de micro-organismes eucaryotes et

procaryotes photoautotrophes, capables de réaliser la photosynthèse, produisant de la matière organique et du dioxygène à partir de l'eau, le CO₂, les éléments nutritifs et l'énergie lumineuse (Drouet, 2020). Le processus de photosynthèse chez le phytoplancton est responsable d'environ 45% de la production totale du dioxygène atmosphérique bien que le phytoplancton ne représente pas plus de 1% de la biomasse photosynthétique totale (Geider *et al.*, 2001). En plus de produire une quantité considérable de dioxygène nécessaire au processus de respiration des autres organismes, le phytoplancton est à la base du cycle du carbone dans les océans à travers la production de matière organique résultant de la photosynthèse, appelée production primaire (Falkowski, 1994). Le CO₂ atmosphérique fixé par le phytoplancton est ainsi converti en matière organique carbonée afin d'accroître sa propre biomasse. Au sein de la chaîne trophique des océans, cette biomasse est transférée aux niveaux trophiques supérieurs notamment à travers le broutage du phytoplancton par le zooplancton, puis par la prédation du zooplancton par les consommateurs supérieurs (Legendre et Le Fèvre, 1991) (Fig. 1). Le phytoplancton produit également du carbone organique sous forme particulaire ou dissoute, généralement issu de la mort de ce dernier, qui, en sédimentant vers le fond des océans, peut être reminéralisé par les communautés bactériennes ou accumulé dans les sédiments tapissant les fonds des océans (Fig. 1). Cet important processus est décrit comme la pompe biologique qui participe à la régulation de la quantité de CO₂ atmosphérique et océanique (Drouet, 2020).

I.2.2. Diversité du phytoplancton

Il existe une très grande variété d'organismes phytoplanctoniques qui se répartissent entre les deux principaux domaines des procaryotes et eucaryotes. Parmi eux, on distingue plusieurs groupes principaux généralement considérés dans les études de la dynamique phytoplanctonique dont les Cyanobactéries, Chlorophytes, Xanthophycées, Chrysophycées, Diatomées (Bacillariophycées), les Cryptophytes, les Dinoflagellés et les Euglenophytes (liste non exhaustive). Les Diatomées, les Dinoflagellés et les Cyanobactéries étant les plus représentés chez les protistes marins (Simon *et al.*, 2009). Les autres phyla phytoplanctoniques (Chlorophycées, Cryptophycées, Euglénophycées...) sont incluses dans le groupe Autres. En plus d'être classés selon les différents taxons, les organismes phytoplanctoniques sont également divisés par classes de taille :

- Picophytoplancton (0.2 - 2 µm) ;
- Nanophytoplancton (2 - 20 µm) ;
- Microphytoplancton (20 - 200 µm) ;
- Mésophytoplancton (2 - 20 mm).

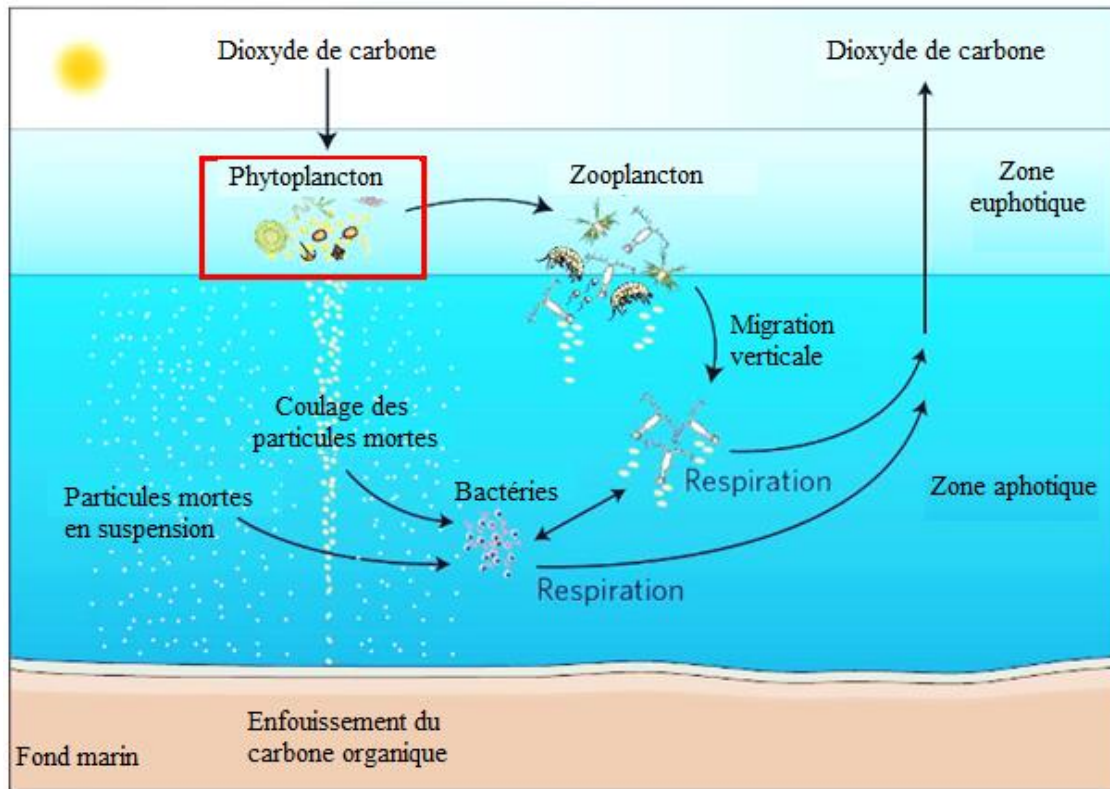


Figure 1: Schéma de la pompe biologique du carbone dans les océans (Herndl et Reinthaler, 2013)

I.2.2.1. Diatomées

I.2.2.1.1. Définition

Les Diatomées sont des eucaryotes photosynthétiques unicellulaires universellement distribués dans tous les types de milieux aquatiques. Ils forment la majorité des algues flottantes dans les eaux marines et douces, et constituent également une fraction importante dans les environnements benthiques. Ils peuvent être fixés sur un substrat (*Amphora ovalis*) ou planctoniques, mobiles ou non, être organisés en colonie (*Fragilaria crotonensis*) ou unicellulaire (*Achnanthisidium catenatum*) (Baillot, 2013). Elles constituent une grande partie de la biomasse aquatique dans les écosystèmes côtiers riches en nutriments en particulier pendant les efflorescences saisonnières de phytoplancton (Dhib, 2015). On estime qu'elles contribuent à 40-45 % de la productivité primaire océanique, ce qui représente 20 % de la fixation du carbone et de la production d'oxygène au niveau mondial (Mann, 1999 ; Malviya *et al.*, 2016).

I.2.2.1.2. Rôle écologique des Diatomées

Les Diatomées se multiplient rapidement, maintenant une population dynamique de taille variable. La photosynthèse, la formation de silice biogénique, la diversité environnementale et la tendance à dominer les communautés de phytoplancton, ont conduit à

l'implication majeure des Diatomées dans la production primaire, le cycle des nutriments, la pompe biologique de carbone et à la base de la chaîne alimentaire (Malviya *et al.*, 2016 ; Al-Yamani et Saburova, 2019). Ce sont les organismes les plus importants des océans en termes de photosynthèse, puisqu'ils contribuent autant que les forêts tropicales à la production primaire nette globale d'environ 20 % (Hung Nguyen, 2014).

Les Diatomées sont abondantes, diversifiées, ubiquistes et constituent des indicateurs environnementaux sensibles. Ce qui leur confère une importance écologique capitale. Il s'agit de l'un des groupes d'algues les plus riches en espèces. Les estimations font état d'une diversité d'environ 200 000 espèces existantes réparties dans tous les habitats aquatiques (Mann et Droop, 1996 ; Yamani et Saburova, 2019). Parmi les producteurs primaires de la planète, les Diatomées qui représentent environ 40 % du phytoplancton marin, constituent l'un des taxa (groupe des Bacillariophyta) les plus diversifiés et les plus abondants (Wilhelm *et al.*, 2006). Un grand nombre d'espèces écologiquement sensibles fait de ce groupe un indicateur écologique idéal avec un large éventail d'applications, à la fois en tant qu'organismes vivants et en tant que fossiles (John, 2000). Toutefois, certaines espèces appartenant à ce groupe sont connues pour leur toxicité, comme les espèces du genre *Pseudo-nitzschia* spp. (Bowler, 2018).

I.2.2.1.3. Valorisation des Diatomées marines

La diversité des Diatomées, leur position à la base des chaînes trophiques, leur taille et leur temps de génération indiquent que ces organismes peuvent être intéressants pour développer de nouvelles applications scientifiques et économiques. Ces applications en biotechnologie dans les domaines tels que l'aquaculture, l'alimentation ou les énergies renouvelables ont également permis d'étendre de nombreux axes de recherche (Hermann, 2011). Les applications en biotechnologie ou bio-industries sont entre autres :

- **L'Aquaculture** : les particularités des Diatomées leur confèrent un rôle stratégique dans l'élevage larvaire en aquaculture. Elles sont la composante essentielle de l'alimentation des organismes marins d'élevage : poissons, larves et juvéniles des mollusques (Muller Feuga, 1997). Elles sont utilisées comme fourrage phytoplanctonique à tous les niveaux de production des écloséries-nurseries (géniteurs, élevage larvaire et post-larvaire) (Hermann, 2011).

- **L'alimentation humaine** : les microalgues sont également produites et commercialisées comme source d'omega-3 où elles entrent dans la composition des compléments alimentaires. Certaines espèces de Diatomées peuvent produire des acides gras poly-insaturés en quantité aussi élevée que chez les poissons (Cardozo *et al.*, 2007). L'avantage

de l'utilisation des microalgues est de limiter l'épuisement des ressources par la pêche (Hermann, 2011).

- **Les biocarburants** : les microalgues marines peuvent produire de grandes quantités de lipides pouvant représenter jusqu'à 80 % de leur masse de matière sèche (Christi, 2007). Ainsi depuis peu, des recherches sont menées afin d'utiliser les lipides de microalgues comme bio-carburant en complément de celui produit à partir du soja ou du maïs (Christi, 2007 ; Cadoret et Bernard, 2008).

- **Les nanotechnologies et applications biotechnologiques** : les Diatomées sont un modèle d'étude pour les secteurs recherche et développement en nanotechnologie et en sciences de l'ingénieur (Gordon *et al.*, 2008). Elles servent aussi en médecine légale dans le diagnostic des noyades (Jehl, 2004). Les Diatomées telles que *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, *Skeletonema* et *Thalassiosira* sont utilisées en biotechnologie et servent notamment à la production de biomatériaux, de biofertilisants et de molécules utilisés dans les domaines de la médecine, la cosmétique, de la santé humaine et animale (Han *et al.*, 2019 ; Fernández *et al.*, 2021).

I.2.2.1.4. Morphologie et classification des Diatomées

I.2.2.1.4.1. Morphologie

L'étude des caractéristiques morphologiques en utilisant la microscopie optique a conduit dans un premier temps à la classification des Diatomées en deux groupes, centriques et pennées, qui se différenciaient par leur forme générale ainsi que par les axes de symétrie des frustules. En accord avec la classification sur critères morphologiques, les Diatomées sont actuellement classées en trois grands groupes :

- Centriques ;
- pennées à raphé ;
- pennées à pseudo-raphé.

Les diatomées centriques se reconnaissent à la symétrie centrale de leur frustule (Fig. 2A). Les Diatomées pennées présentent quant à elles une symétrie bilatérale. Les pennées raphides se distinguent par la présence sur au moins une de leurs valves d'un raphé (Fig. 2B) (Ruck et Theriot, 2011). Cette classification basée sur les caractéristiques morphologiques peut se voir adjointe à une classification phylogénique sur base moléculaire, ou mises en comparaison avec cette dernière (Gastineau, 2012).

I.2.2.1.4.2. Classification

La classification de ces taxons suit donc plusieurs recommandations à l'instar de celle de Round *et al.* (1990) qui répartit les Bacillariophyta en 03 Classes comprenant les Diatomées

centriques (Coscinodiscophyceae), les Diatomées pennées araphides (Fragilariophyceae) et les Diatomées pennées raphides (Bacillariophyceae). La classification des espèces utilisées selon Hasle *et al.* (1997) ; Al-Kandari (2009) est désignée ainsi qu'il suit : Embranchement, Classe, Sous-Classe, Ordre, Famille, Genre, Espèce.

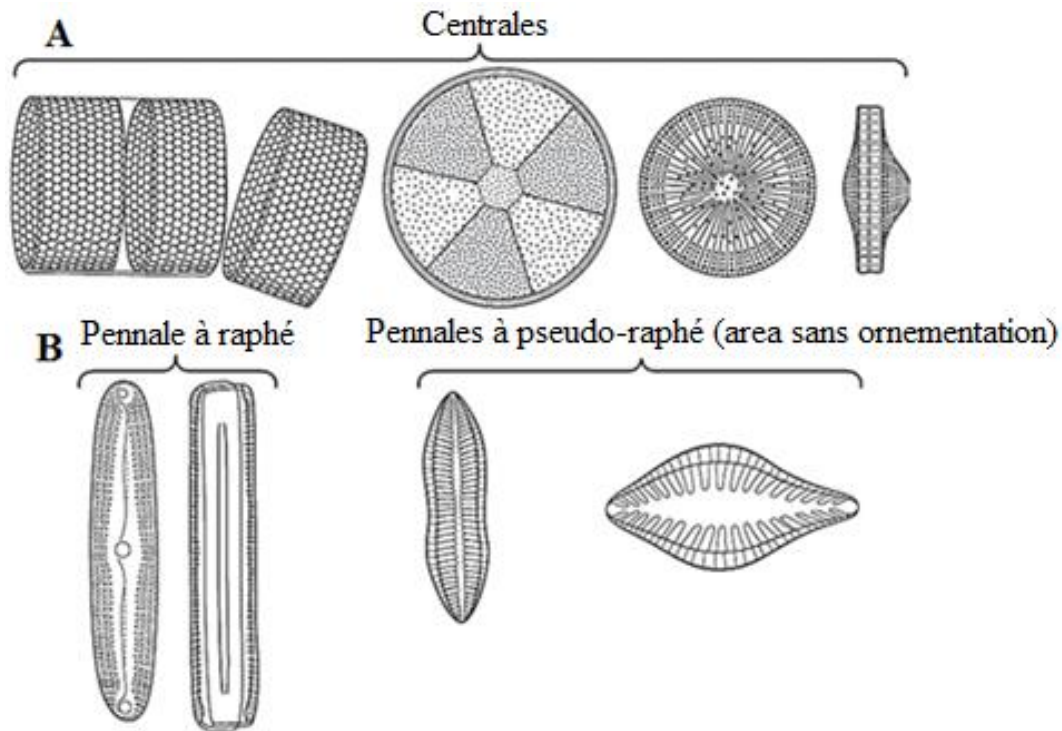


Figure 2 : Morphologie des Diatomées centriques (A) et pennées (B). (Zurzolo et Bowler 2001)

I.2.2.2. Dinoflagellés

I.2.2.2.1. Caractères généraux

Les Dinoflagellés sont des microorganismes possédants deux flagelles situés à la base de la chaîne alimentaire. Ils sont observés aussi bien en eau douce (10% des espèces connues) qu'en milieu océanique ouvert (90% des espèces connues) (Taylor *et al.*, 2008) et ont une grande diversité et une vaste distribution géographique (Belkhirat et Madani, 2021). Ils regroupent près de 1300 espèces et les cellules (10 - 200 μm) peuvent être solitaires ou regroupées en colonies (Taylor *et al.*, 2008). La paroi cellulaire, appelée thèque, peut être épaisse, renforcée par des plaques internes de cellulose, chez les dinoflagellés dits « cuirassés » ou « armés » (Fig. 3A) ou au contraire fine et peu ornementée chez les dinoflagellés dits « nus » (Fig. 3B) (Sournia, 1986).

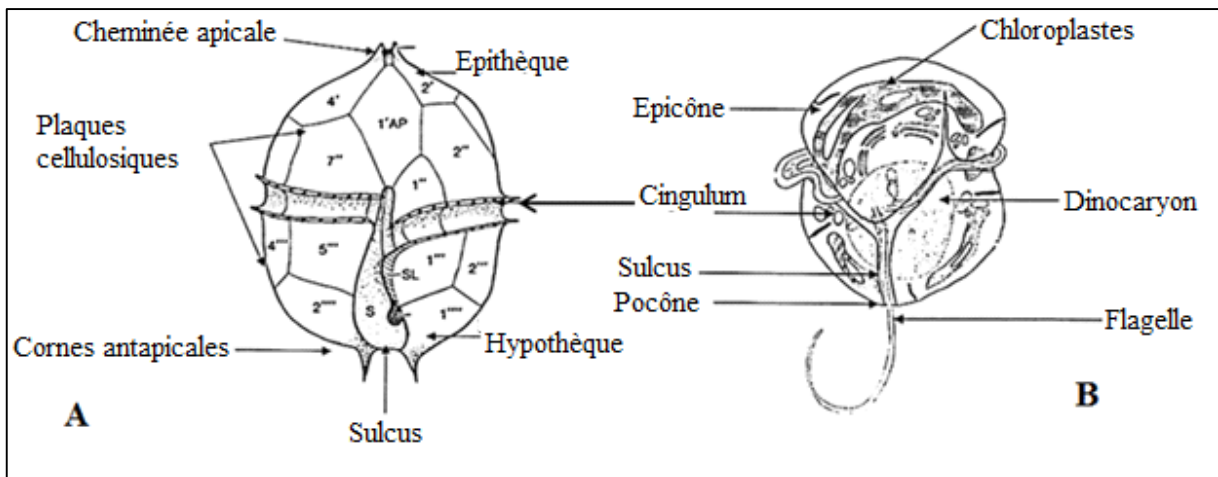


Figure 3 : Organisation générale d'un Dinoflagellé cuirassé (A) et nu (B) (Sournia, 1986)

I.2.2.2.2. Écologie et distribution des Dinoflagellés

Une forte concentration des Dinoflagellés correspond à de forts apports en nutriments issus des environnements terrestres et/ou à des remontées d'eau profonde (Havskum *et al.*, 2005) et un grand nombre de ces espèces montre aussi une sensibilité à l'agitation du milieu (Belkhirat et Madani, 2021). Ils sont très diversifiés et leur écologie est très variée (Burkholder *et al.*, 2006 ; Taylor *et al.*, 2008). Ces espèces ont un mode de nutrition en fonction des conditions rencontrées, ce qui en fait des organismes très compétitifs pour l'accès aux ressources par rapport aux autres groupes de protistes (Gómez, 2012). Pour ce qui est des Dinoflagellés photosynthétiques, ils sont principalement limités par le phosphore et l'azote (Not *et al.*, 2012). Dans certains cas, certaines espèces de Dinoflagellés ont développé la capacité à stocker ces éléments nutritifs, ce qui leur permet de supplanter les autres espèces (Labry *et al.*, 2008). En milieu côtier, les blooms observés pourraient être dus à la germination des cellules végétatives d'hypnozygotes (Granéli et Turner, 2007). C'est pourquoi ils sont majoritairement associés à une prolifération d'algues nuisibles appelées *Harmful Algal Bloom*, ce qui indique leurs facultés d'adaptation particulièrement remarquables (Maso et Garcés, 2006 ; Belkhirat et Madani, 2021).

Le phytoplancton dit nuisible est impliqué dans des efflorescences algales massives, dénommées « *Harmful Algal Blooms* » (« HABS »), se traduisant par un phénomène d'eaux colorées aussi appelées marées rouges (Smayda, 1997a). Certaines espèces contribuant aux « HABS » peuvent ne pas être toxiques, mais nocives, induisant des effets indésirables succédant à leur mortalité, tels que l'anoxie du milieu liée à la présence d'une quantité importante de matière organique, laquelle est dégradée par des bactéries en conditions aérobies. D'autres espèces responsables de « HABS », sont productrices de phycotoxines causant la

mortalité des animaux marins (mollusques, poissons, oiseaux, ...), via leur ingestion directe de microalgues toxiques (Herzi *et al.*, 2014). Ainsi, la consommation de mollusques et de poissons contaminés par ces phycotoxines peut induire des intoxications chez l'être humain, qui, dans certains cas, s'avèrent mortelles (Hallegraeff, 1993). La fréquence, ainsi que la distribution des « HABs », a montré une augmentation dans les écosystèmes marins côtiers (Sellner *et al.*, 2003). Bien que cela n'ait pas encore été démontré, l'eutrophisation forcée par les apports anthropiques pourrait en partie expliquer l'expansion de ce phénomène (Glibert *et al.*, 2005). Les espèces impliquées dans les « HABs » appartiennent, pour 75%, à la classe des Dinoflagellés (Smayda, 1997b) particulièrement abondants dans les écosystèmes marins côtiers eutrophes (Walker, 1984).

I.2.2.2.3. Classification

Généralement les Dinoflagellés appartiennent à plusieurs Classes, Ordres et Familles mais c'est au niveau de l'Ordre que sont définis les principaux caractères morphologiques et les caractéristiques du cycle de vie des organismes (Le Bescot, 2014) :

- L'Ordre des Procoentrales (*Prorocentrum*) : Les organismes se présentent sous forme de cellules ovoïdes ou lancéolées avec des flagelles en position apicale et peu différenciés.
- L'Ordre des Dinophysiales (*Dinophysis*) : Les organismes ont deux flagelles logés dans des sillons bien marqués. Leurs thèques sont bivalves et possèdent des collerettes ou ailerons le long des sillons.
- L'Ordre des Péridiniales : Certains organismes sont armés de plaques ou de thèques cellulodiques et regroupent des Genres tels que *Gonyaulax*, *Alexandrium*, *Protoperidinium*, possédant une thèque avec expansions de petite taille et *Ceratium*, dont la thèque cellulodique est épaisse et ornée généralement de trois cornes de grande taille, une apicale et deux postérieures. L'espèce la plus commune des *Ceratium* est *Ceratium furca*.
- L'Ordre des Noctilucales et les Gymnodiniales : Les organismes ont des formes nues et sont seulement entourées de la membrane péri-plastique, exemple du Genre *Gymnodinium*. Certains Noctilucales sont hautement toxiques pour les poissons et les mollusques et présentent un danger pour la mariculture et d'autres sont luminescente des régions côtières comme *Noctiluca scintillans*.

I.2.2.3. Autres phyla phytoplanctoniques

I.2.2.3.1. Chlorophyta, Streptophyta, Euglenophyta, Cyanophyta,

Les Chlorophyta (Fig. 4A) ou algues vertes renferment les chlorophylles *a* et *b*. Leur réserve fondamentale est l'amidon, localisée dans les plastes. Cet embranchement se divise en plusieurs Classes dont une se rencontre constamment dans le phytoplancton d'eau douce ou saumâtre : Ce sont les Chlorophyceae. Les Chlorophyceae sont des algues dont le thalle est unicellulaire, colonial ou filamenteux, coccoïde ou monadoïde. Leur reproduction est sexuée ou asexuée. Ce sont des micro-organismes presque tous dulçaquicoles (De Reviers *et al.*, 2003).

Les Streptophyta sont généralement représentés dans les eaux par un groupe frère des plantes terrestres, la Classe des Zygnematophyceae qui, quant à elle regroupe des algues unicellulaires, filamenteuses ou coloniales. Leurs plastes contiennent un ou plusieurs pyrénoides. Ce sont des algues dépourvues de flagelles. La reproduction est sexuée par conjugaison ou se fait par multiplication végétative. Ces algues sont dulçaquicoles, avec quelques espèces d'eau saumâtre (De Reviers *et al.*, 2003).

Les Euglénophyta (Fig. 4B) sont des microalgues unicellulaires, flagellées et rarement coloniales contenant également les chlorophylles *a* et *b*. La Classe des Euglenophyceae est unique pour cet embranchement. Ce sont des micro-organismes dulçaquicoles (en particulier dans des milieux riches en matière organique), marins ou d'eaux saumâtres. La multiplication s'effectue par division cellulaire (De Reviers *et al.*, 2003).

Les Cyanophyta majoritairement représentés par les Cyanobactéries ou (Fig. 4C) représentent dans les eaux de surface la majeure partie des organismes picophytoplanctoniques. Toutefois, le picophytoplancton renferme également un certain nombre d'organismes eucaryotes de taille « bactérienne » (Bourrelly, 1985). Les cyanobactéries présentent des formes unicellulaires libres ou des colonies filamenteuses parfois regroupées en amas visibles à l'œil nu. Ces organismes sont procaryotes et ne présentent donc pas d'organites cytoplasmiques. Les cyanobactéries possèdent de la chlorophylle « *a* », des carotènes, notamment la zéaxanthine, et des phycobilines (phycoérythrine et phycocyanine) (Quéguiner, 2013). Sournia (1986) distingue deux Ordres dans la Classe des Cyanophycées : les Chroococcales (le plus souvent unicellulaires et solitaires) et les Hormogonales (formes filamenteuses avec les cellules réunies en trichomes).

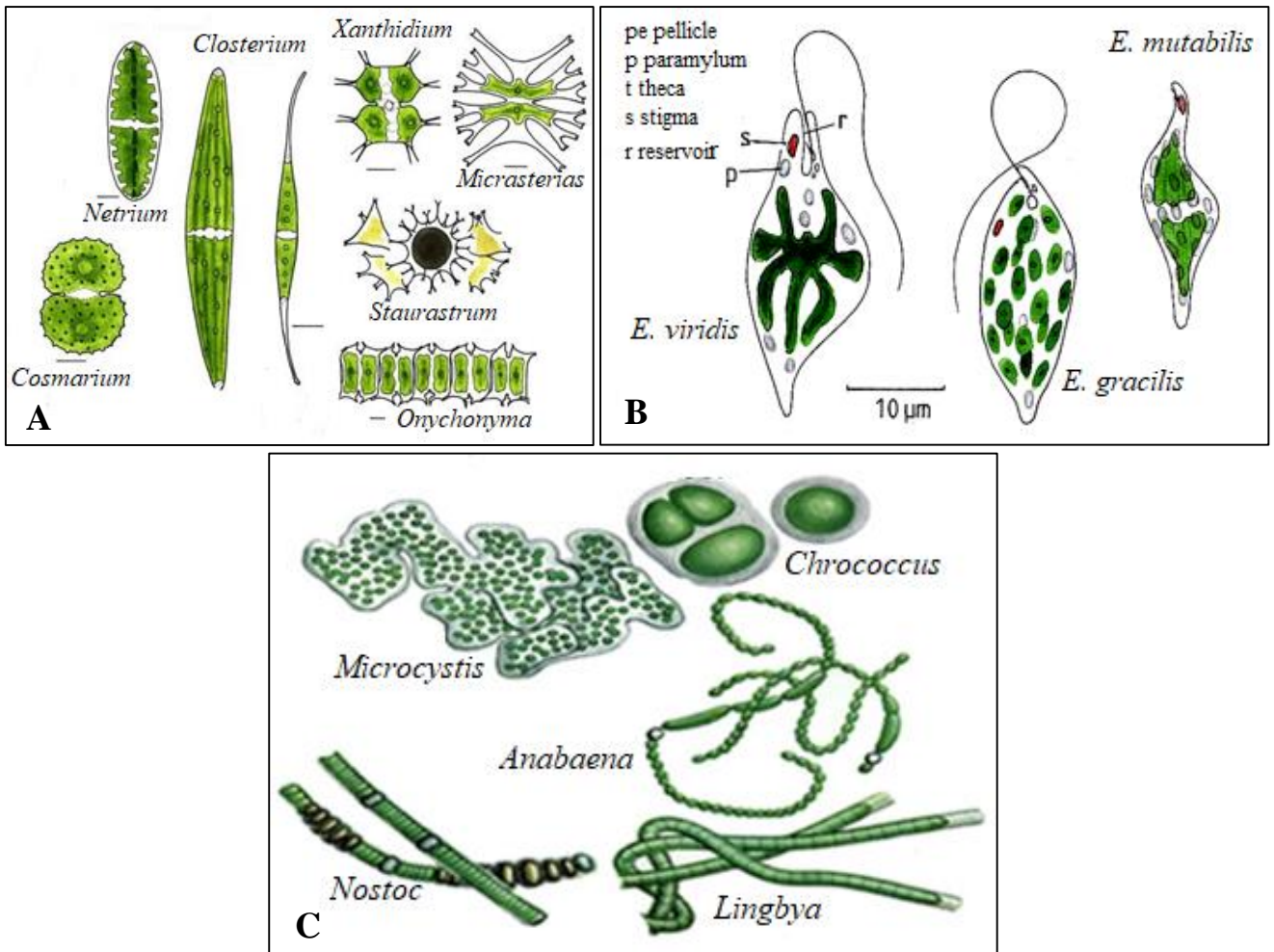


Figure 4 : Quelques différentes formes et taxons représentatifs de : Chlorophyta (A), Euglenophyta (B), Cyanophyta (C) (Sournia, 1986 ; De Reviers *et al.*, 2003)

I.3. FACTEURS ABIOTIQUES CONTRÔLANT LA PRODUCTION PRIMAIRE ET LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES DANS LES ZONES CÔTIÈRES

Les zones côtières, hétérogènes et dynamiques, sont influencées par de nombreux facteurs de contrôle naturels (relations trophiques, hydrodynamisme, pluviométrie, marnage) et anthropiques (occupation des sols) aux différentes échelles spatiales et temporelles qui peuvent avoir des conséquences importantes sur la production primaire (Statham, 2012). Il s'agit de la lumière, la température et la salinité de l'eau, l'O₂ dissous et les éléments biogènes entre autres.

I.3.1. Lumière

La lumière influence les organismes autotrophes et hétérotrophes en tant que moteur de la photosynthèse dans la couche euphotique (Falkowski, 2000). Elle est utilisée par différents

pigments photosynthétiques des organismes phytoplanctoniques, ceux-ci ayant des absorptions préférentielles en fonction des longueurs d'ondes du spectre lumineux (Polsenaere, 2011).

I.3.2. Température, pH et salinité

I.3.2.1. Température

La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins. Elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines. Elle détermine les périodes de migrations, de reproduction et bien d'autres facteurs éthologiques et physiologiques, surtout chez les espèces pélagiques. La température des eaux superficielles fluctue en fonction des échanges atmosphère - mer (Mouhoub, 1986).

I.3.2.2. pH

Le pH est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques (Khattabi, 2002). Il représente une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution aqueuse : $pH = -\log [H^+]$ (Henery et Beaudry, 1992). L'eau de mer est faiblement alcaline (basique), son pH moyen est de 8,2 avec des variations entre 7 et 8,4. Le pH dans l'eau de mer est principalement fixé par la présence des carbonates ($CO_2-HCO_2-CO_2$) (Aminot et Chaussepied, 1983).

I.3.2.3. Salinité

La salinité représente le contenu en sels dissous d'une eau et présente dans les eaux de surface une certaine homogénéité. La salinité des eaux superficielles de mer, dans ses grandes lignes, suit la même évolution que la température. Elle est aussi soumise aux variations liées aux conditions atmosphériques et aux apports d'eau douce (Touahria, 1999). Malgré qu'elle fasse partir des paramètres physico-chimiques caractéristiques des eaux marines, elle a été déclarée non pertinente par les experts dans les masses d'eau côtières et de transition dans le cadre du programme de surveillance DCE. Il est cependant indispensable de continuer à mesurer ce paramètre afin d'appuyer l'interprétation des autres paramètres hydrologiques (nutriments et oxygène dissous) et biologiques (Marchand, 2013).

I.3.3. Oxygène dissous

L'oxygène est un gaz qui conditionne de nombreux phénomènes, tant biologiques que chimiques et notamment de corrosion. Ses concentrations dans l'eau de mer présentent de nombreuses variations selon la profondeur et la saison. Ceci s'explique par ses différentes origines qui peuvent être atmosphérique ou biologique (activités photosynthétiques) (Sauriau et *al.*, 1994). La teneur en oxygène de l'eau varie dans le milieu marin en fonction de la

température et de la salinité. Elle dépend aussi de l'activité biologique telle que la production d'oxygène par les végétaux autotrophes (Touahria, 1999).

I.3.4. Eléments biogènes

I.3.4.1. Azote

Les biomasses marines et continentales ne représentent qu'une infime fraction de l'azote, mais constituent un réservoir biodisponible (Canton, 2009). Le diazote (N_2) gazeux subit des processus de transformation en azote inorganique dissous (N) réactif préalablement à son incorporation à la matière organique dans le continuum terrestre-aquatique (Souchu, 2016). Ces transformations qui composent le cycle de l'azote sont réalisées par des microorganismes (procaryotes et cyanobactéries). L'ammonium (NH_4^+) est transformé en nitrites (NO_2^-) (nitrosation) puis en nitrates (NO_3^-) (nitratisation) (Edokpa *et al.*, 2015). Le nitrate constitue 70% de l'azote inorganique dissous qui est lessivé des sols (Little, 2008).

I.3.4.2. Phosphore

Contrairement à l'azote, l'essentiel du phosphore est principalement présent sous forme inorganique dissoute, orthophosphate (PO_4^{3-}), qui est la seule forme biodisponible pour les autotrophes (Meng *et al.*, 2015). Le phosphate est issu des sols et des couches géologiques (Canton 2009). Les apports de phosphate ont fortement augmenté dans la biosphère par leur utilisation en agriculture (engrais), ainsi que par le rejet d'eaux usées (industrielles et domestiques) causant ainsi le phénomène d'eutrophisation des eaux (Bennett *et al.*, 2001). Environ 20 tonnes sont transportées annuellement par les fleuves, un flux trois fois plus importants qu'à l'ère préindustrielle (Bennett *et al.*, 2001). La contamination concerne en particulier les sédiments aquatiques, avec une association entre les molécules de phosphore et la matière en suspension (Wang et Li, 2010). Les sédiments constituent ainsi une source importante de phosphore biodisponible (PO_4^{3-}), grâce à sa libération possible dans la colonne d'eau. Ainsi, l'augmentation de la température (période chaude) est un facteur renforçant la libération du phosphore inorganique dissous piégé dans les sédiments (Jin *et al.*, 2005). La salinité augmente également la libération du phosphore inorganique dissous adsorbé sur les particules terrigènes provenant du continent (Howarth et Marino 2006, Howarth *et al.*, 2011).

I.3.4.3. Limitation des nutriments pour la croissance phytoplanctonique (Rapport N/P)

Dans les eaux salées océaniques, la production primaire sera plus limitée par l'azote que par le phosphore et le nutriment limitant varie selon les saisons le long des zones côtières (Howarth *et al.*, 2011). Le rapport N/P est donc calculé afin d'aborder la notion de limitation

potentielle de la production de biomasse par les nutriments. En effet, selon Redfield *et al.* (1963) et Brzezinski (1985), la composition élémentaire du phytoplancton en azote : phosphore (N : P) est proche de 16 : 1. D'après cette composition élémentaire, le rapport N/P (16/1) dans le phytoplancton vaut 16. Dans l'eau de mer, le rapport molaire entre l'azote et le phosphore reste approximativement le même que dans le phytoplancton, ce qui optimise la croissance des algues. Il en découle que : Si le rapport N/P est inférieur à 16, l'azote est alors potentiellement en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton peut alors être limitée. Inversement, si le rapport N/P est supérieur à 16, le phosphore est alors potentiellement limitant pour la croissance du phytoplancton.

I.3.4.4. Changement climatique

Toutes évolutions climatiques modifiant les températures de l'air et de l'eau sont susceptibles de modifier profondément la dynamique des masses d'eaux côtières et ainsi l'état de l'écosystème planctonique (Fullgabrè *et al.*, 2016). Les températures de l'air et de l'eau sont des facteurs climatiques déterminant dans le mélange des masses d'eaux de surface oligotrophes et des masses d'eaux profondes plus riches en nutriments. De même la présence de fleuves sur les bassins versants influence la communauté phytoplanctonique (Goffart *et al.*, 2002). Une modification du régime des pluies à la côte et sur les bassins versant pourrait influencer l'écosystème planctonique lors d'événement de pluie et/ou ruissellement. Ainsi, l'état de l'écosystème planctonique côtier est dépendant des forçages climatiques (Garrido *et al.*, 2014). Le changement climatique peut donc potentiellement dégrader l'état de l'écosystème planctonique et enrayer la reproduction des espèces benthiques et pélagiques (Garrido *et al.*, 2016). D'un point de vue économique, cela pourrait, par exemple, avoir des conséquences considérables sur les ressources halieutiques (Gobert *et al.*, 2018).

I.3.4.5. Variabilité des conditions océanique dans l'espace et les saisons

Dans les océans, les processus associés à la distribution et à la saisonnalité des microalgues sont complexes et différents selon les zones géographiques. La répartition des microalgues varie à la fois dans le temps et dans l'espace sous l'influence de nombreux paramètres physico-chimiques et processus biologiques (Righetti *et al.*, 2019). De manière générale, la distribution globale de la biomasse microalgale est estimée à travers l'observation de la chlorophylle-*a*, *b* et *c*, pigments présents chez les organismes photosynthétiques (Drouet, 2020). La chlorophylle « *a* » est un pigment indispensable à la photosynthèse des algues, son dosage sert à estimer la biomasse phytoplanctonique du milieu aquatique et marin. Les concentrations en chlorophylle dans les eaux superficielles présentent une variabilité

saisonnaire du développement phytoplanctonique qu'est en effet, tributaire de l'énergie lumineuse, de la concentration en sels nutritifs, de la stabilité des masses d'eaux et de l'intensité de la consommation par le zooplancton (Lorenzen, 1967).

La variabilité saisonnière du phytoplancton s'explique par la variation des processus affectant sa croissance au cours des saisons. La succession des saisons entraîne des variations cycliques de réchauffement et de refroidissement, de variation de la photopériode ainsi que de quantité de nutriments. Les propriétés physiques et biogéochimiques des couches d'eaux évoluent également avec l'alternance des saisons et impactent la disponibilité des ressources nécessaires au développement du phytoplancton (Drouet, 2020).

I.4. INTERACTIONS ENTRE ZONE CÔTIÈRE ET MILIEU TERRESTRE

I.4.1. Flux de nutriments en provenance des bassins versants

La zone marine côtière est enrichie par des eaux drainées par les bassins versants. Au contact des différents substrats qui composent ce bassin-versant, ces eaux s'enrichissent en nutriments et autres composés chimiques dissous. Ainsi, la qualité des eaux côtières varie sur les plans spatial et temporel (Mongruel *et al.*, 2018). Le phosphore et l'azote sont les nutriments essentiels au développement des végétaux - phytoplanctoniques en milieu marin. Les rapports entre la concentration en azote (N) et la concentration en phosphore (P) dans l'eau de mer est essentielle à la croissance optimale du phytoplancton. Des apports excessifs de nutriments modifient les rapports entre concentrations, ce qui peut empêcher le développement de certains groupes ou favoriser le développement de certains autres (Lefebvre *et al.*, 2011).

I.4.2. Impacts des aménagements des écosystèmes côtiers sur la biodiversité

Les plages artificialisées résultent des actions d'ingénierie (ouvrages de protection, réensablement...) mises en œuvre pour répondre aux enjeux de développement démographique et touristique en zone littorale. La biodiversité et le fonctionnement écologique des plages artificialisées peuvent être modérément à très fortement perturbés sur des échelles spatio-temporelles très différentes. Ces modifications vont dépendre du type de changement du substrat et de son emprise spatiale (Speybroeck *et al.*, 2006). Plus généralement à l'échelle des écosystèmes littoraux, les remblais et autres ouvrages de protection, peuvent impacter négativement la connectivité entre les habitats et provoquer ainsi la mortalité de certains organismes et des dysfonctionnements écologiques (Mongruel *et al.*, 2018).

L'installation de ports sur la bande littorale va modifier fortement du fait de la modification du substrat, de l'hydrodynamisme de la zone, des sources de pollution inhérentes

à cet aménagement et d'introduction d'espèces non indigènes par les eaux de ballast (Mongruel *et al.*, 2018). Le transport de Dinoflagellés via les ballasts peut contribuer à la dispersion ou propagation d'espèces toxiques et à l'augmentation de leur aire de distribution géographique, ainsi que la fréquence et l'intensité des blooms toxiques (Hallegraeff, 1998). Les Dinoflagellés mobiles mixotrophes et hétérotrophes peuvent survivre aux conditions environnementales telles que l'absence de lumière, d'activités photosynthétiques et des nutriments dans les ballasts, contrairement aux organismes strictement autotrophes qui ont tendance à mourir 1 à 3 jours après le ballastage (Hallegraeff, 1998).

I.5. UTILISATION DU PHYTOPLANCTON DANS LA DÉTERMINATION DE LA QUALITÉ DES EAUX CÔTIÈRES.

I.5.1. Phytoplancton : bioindicateur de l'enrichissement en nutriments

Toute modification des concentrations en sels nutritifs disponibles dans la colonne d'eau implique des changements rapides au sein de la communauté phytoplanctonique. Un apport de sels nutritifs peut affecter les taux de division des cellules phytoplanctoniques, et par conséquent modifier la biomasse, faire évoluer la composition floristique et accroître la fréquence, l'intensité et la durée des efflorescences (Goffart, 2010). Si les conditions du milieu sont très favorables, une cellule phytoplanctonique peut se diviser 2 à 3 fois par jour, ce qui conduit rapidement à une accumulation de biomasse (bloom). Une espèce présente initialement à une concentration de 1 cellule/L et qui se divise deux fois par jour atteindra une concentration de 16. 877 cellules/L après 1 semaine (Goffart *et al.*, 2002). Lorsque le milieu s'épuise en sels nutritifs, les taux de division des cellules phytoplanctoniques diminuent pour atteindre une division par semaine et la plupart des espèces entrent en dormance et s'entourent d'une membrane épaisse qui leur permet de survivre et d'attendre le retour de conditions optimales pour se redévelopper (hynospores des Diatomées, kystes des Dinoflagellés) (Graham *et al.*, 2008). Une modification des rapports entre les principaux éléments nutritifs dissous dans l'eau, consécutive à des rejets anthropiques, est donc susceptible d'entraîner un changement de la composition floristique du phytoplancton (De Jonge *et al.*, 2002). Réagissant en quelques jours aux variations des concentrations en sels nutritifs, le phytoplancton constitue à la fois un indicateur de condition du milieu et un excellent indicateur de changement de la charge en nutriments (Devlin *et al.*, 2008).

I.5.2. Indices de description de la structure biologique des masses d'eau côtières à base du phytoplancton

Au cours de la dernière décennie, le besoin de disposer d'outils décrivant le statut écologique des masses d'eau côtières ou leur niveau d'eutrophisation a donné lieu à de nombreux développements. Ces travaux, où le phytoplancton occupe une place importante, sont réalisés au sein des grandes commissions internationales, dans le cadre de programmes spécifiques ou par des laboratoires concernés par la gestion du milieu marin (Goffart, 2010). Parmi ces nombreux développements, l'indice de Shannon - Weaver (1963) est celui largement utilisé pour décrire la diversité du phytoplancton et l'état de l'écosystème dans diverses Régions ou des expériences réalisées en milieu contrôlé (Polikarpov *et al.*, 2009). Concernant la Directive Cadre des Eaux (DCE), Spatharis et Tsirtsis (2010), il a été testé d'autres indices écologiques sur des données de composition phytoplanctonique issues de simulation numérique. Parmi les indices examinés, l'indice de Menhinick a donné les résultats les plus satisfaisants, montrant un comportement monotone et linéaire dans le gradient d'eutrophisation (Menhinick 1964 ; Goffart, 2010). Il a été également retenu pour caractériser la diversité phytoplanctonique dans le cadre de la convention OSPAR 2017 (Tang *et al.*, 2021).

I.6. QUELQUES TECHNIQUES D'ÉTUDES DU PHYTOPLANCTON

Depuis de nombreuses années les scientifiques s'intéressent à l'étude du phytoplancton d'un point de vue fondamental ou pratique (Broutin *et al.*, 2013). Il existe plusieurs techniques plus ou moins récentes pour le quantifier et l'identifier.

I.6.1. Microscopie

La microscopie optique inversée est la technique la plus ancienne qui permet l'observation d'échantillons sédimentés, l'identification et le comptage du phytoplancton (Utermöhl, 1931). Par la suite, la microscopie à épifluorescence reposant sur l'utilisation de la fluorescence émise par les pigments a fait son apparition dans les études du phytoplancton (Brock, 1978). Elle a permis de distinguer les cellules phytoplanctoniques contenant des pigments photosynthétiques et de déceler les cellules picoplanctoniques contrairement à la microscopie optique inversée qui ne pouvait pas atteindre cette gamme de taille (Beardsley *et al.*, 2005). Les premiers Microscopes Electroniques à Balayage (MEB) quant à eux ont permis, de part leur technologie, de réaliser une identification très précise du phytoplancton de part sa morphologie externe. Ils ont été utilisés pour différencier des espèces du genre *Pseudonitzschia*

par exemple ou même de distinguer différents types morphologiques d'un même taxon (Sazhin *et al.*, 2007).

I.6.2. Méthodes moléculaires

En tant que méthodes complémentaires aux comptages microscopiques et à la mesure des pigments, l'utilisation de méthodes moléculaires a été élargie à l'océanographie pour affiner la détection des espèces. Ces méthodes utilisent un équipement spécialisé et requièrent des connaissances sur la diversité du phytoplancton dans une région spécifique (Karlson *et al.*, 2010). Cette méthode s'est révélée au cours des dernières années comme une stratégie puissante pour obtenir des informations complémentaires sur la structure, l'écologie et l'évolution des communautés microbiennes en permettant l'accès aux gènes des microorganismes qui demeurent pour la plupart non cultivés (Shi *et al.*, 2009).

I.6.3. Cytométrie en flux

Une autre technique largement utilisée surtout pour des études à plus haute résolution temporelle et spatiale est la cytométrie en flux (Broutin *et al.*, 2013). Il s'agit d'une technique utilisée dans le but d'analyser individuellement les particules en suspension dans un milieu liquide et de les compter de façon automatique (Marie *et al.*, 1999). Cette technique est particulièrement pertinente pour compter et mesurer rapidement des cellules individuelles isolées ou pour discriminer des sous-populations homogènes sur des critères de fluorescence et de taille (Olson *et al.*, 1993). De plus, certaines fonctions du cytomètre en flux, comme le tri cellulaire, ont ouvert de nouvelles perspectives quant à l'étude de la dynamique des populations phytoplanctoniques dans le milieu naturel (Vives-Rego *et al.*, 2000).

I.7. CONNAISSANCES GÉNÉRALES DU PHYTOPLANCTON DES ZONES CÔTIÈRES DU CAMEROUN

Le phytoplancton de la côte camerounaise reste très mal connu malgré quelques études menées (MINEPDED, 2018). Dans les mangroves de la zone côtière camerounaise, l'on dénombre 32 espèces que l'on peut regrouper dans trois Classes : les Bacilliophyceae, les Dinophyceae et les Cyanophyceae. Dans l'estuaire inférieur du Nyong, une évaluation de la qualité de l'eau à partir de variables environnementales et de la composition des communautés phytoplanctoniques a permis d'identifier un total, 208 espèces de phytoplancton, appartenant à cinq (5) groupes de microalgues (Chrysophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Pyrrophyta et Euglenophyta) (Mama *et al.*, 2018). Dans l'estuaire de Douala composé du Wouri et de la Dibamba, 168 espèces de phytoplancton appartenant à 67 genres ont été identifiées. Sur le plan

saisonnier, 92 et 127 espèces ont été identifiées respectivement pendant les saisons pluvieuses et sèches avec 51 espèces communes aux deux saisons. Dans les fleuves, des baisses de la richesse spécifique ont été observées avec l'augmentation de la salinité. Par contre, dans l'estuaire, elle oscillait en fonction de la salinité. Les Bacillariophyta (Diatomées), avec 101 espèces constituaient la division la plus importante (Fonge *et al.*, 2013). Relativement à l'estuaire de la Kienke, une étude sur l'effet de la marée sur la structure de la physico-chimie temporelle et spatiale de l'estuaire de la rivière Kienké (côte atlantique sud de Cameroun, Kribi) et son phytoplancton a permis de recenser 167 taxons de phytoplancton ont été identifiés. Les plus abondantes (36,36%) étaient Chrysophyta Division, suivi de Chlorophyta. Une richesse spécifique marquée dans l'ensemble par les taxons d'eau saumâtre (Mama *et al.*, 2023).

**CHAPITRE II : CADRE
GEOGRAPHIQUE, MATERIEL ET
METHODES**

II.1. CADRE GEOGRAPHIQUE

II.1.1. Milieu physique

Kribi, chef-lieu du Département de l’Océan, est une ville côtière économique qui, de part sa localisation géographique, attire des populations et des activités diverses. La ville de Kribi s’étale sur deux communes à savoir la commune de Kribi 1^{er} et la commune de Kribi 2^{eme} (CUK, 2013). Elle est située au bord du golfe de Guinée, dans la Région du Sud au Cameroun. Kribi borde le vaste plateau Sud-Camerounais et est bâtie sur des plateaux côtiers de faibles altitudes constitués essentiellement de roches sédimentaires que l’on retrouve dans la plaine côtière (Ouabo *et al.*, 2018). On relève globalement la présence des côtes rocheuses, des côtes sableuses, des côtes vaseuses, sablo-rocheuses et cambrés. Les reliefs les plus bas se situent à l’Ouest de la région au contact de l’océan. C’est une bande de terrain sédimentaire haute de moins de 100 mètres (Tiafack, 2014 ; Mena *et al.*, 2016). La bande côtière Kribi-Campo présente de fortes potentialités touristiques (les plages sableuses, les chutes de la Lobé, les tortues marines à Ebodjé, etc). Toutefois, les aménagements inappropriés actuels sont à l’origine de nombreux bouleversements environnementaux (Mbevo Fendoung, 2019).

Ces deux dernières décennies, depuis le lancement des travaux de construction de la centrale à gaz de Kribi (2002), du pipeline Tchad-Cameroun (2003) et plus récemment le port en eau profonde (2015), l’on assiste à une ruée spectaculaire des chercheurs d’emploi dans la cité balnéaire (Mbevo Fendoung, 2019). D’ici 2025, la population de Kribi sera estimée à 164 000 habitants (Saha et Tchindjang, 2009). Le statut de la ville va donc rapidement changer du fait de cette explosion démographique et les nouveaux arrivants, pour s’implanter, opèrent, avec des propriétaires terriens locaux, des transactions foncières. La portion de terre du littoral à dénuder est énorme (26 000 ha environ) (Mbevo Fendoung, 2019). L’avenir des écosystèmes littoraux et océaniques, la sauvegarde de la biodiversité et la préservation des paysages naturels ont ainsi à faire face aux pressions anthropiques et urbaines fortes (Mbevo Fendoung, 2019).

II.1.2. Climat, hydrologie, végétation et conditions océanographiques

II.1.2.1. Climat

Kribi a un climat de type équatorial soumis à l’influence marine et reçoit en moyenne 2900 mm de pluie en 204 jours (Ouabo *et al.*, 2018). On y distingue quatre saisons : une grande saison de pluie, de mi-Août à Novembre, une grande saison sèche, de Décembre à mi-mars, une petite saison de pluie, de Mars à Juin, et une petite saison sèche, de Juin à mi-Août (Mena *et al.*, 2016). La température moyenne de Kribi est d’environ 25 °C (MINEP, 2011). Cette valeur peut monter à 28 °C en saison sèche avec un pic à 31,5 °C en Mars (Mena *et al.*, 2016).

II.1.2.2. Hydrologie et végétation

Le réseau hydrographique côtier de Kribi est dense avec des bassins versants de petits fleuves, des criques, des rapides rocailloux et de petites chutes. Les caractéristiques des principaux fleuves sont données dans le Tableau I. Le fleuve le plus important dans la côte de Kribi est le Nyong qui a une longueur de 800 Km environ pour un débit moyen de $2,8 \times 10^9$ m³/s ((Olivery, 1986). Mais plus particulièrement, les fleuves Kienké et Lobé sont ceux qui se situent dans la section urbaine de Kribi (Zambo *et al.*, 2023). La côte à ce niveau n'est plus apte à porter la mangrove à cause de l'occupation des sols et la végétation présente change peu et reste verdoyante (Ouabo *et al.*, 2018).

Tableau I : Caractéristiques des principaux fleuves de la région côtière de kribi (Olivery, 1986)

Fleuves	Longueur (Km)	Bassin versant (Km ²)	Débit moyen (m ³ /s)	Plus basse moyenne d'eau (m ³ /s)	Ecoulement moyen (m ³ /s)	Ecoulements les plus hauts enregistrés (m ³ /s)
Nyong	800	14 000	$2,8 \times 10^9$	-	376	-
Lokoundjé	216	1150	28,2	3,3	118	220 (1976)
Kienké	130	1435	49,2	7,8	177	228 (1966)
Lobe	130	2305	102	8,3	390	564 (1976)
Ntem	460	18100	276	50	764	1318 (1971)

II.1.1.2.3. Conditions océanographiques physiques et chimiques

Pendant la saison sèche, les conditions océanographiques sont plus stables que pendant les saisons des pluies. Les températures de surface sont généralement au-dessus de 25°C et la salinité est toujours moyenne (MINEP, 2011). Les données collectées en 2006 le long de la côte du Cameroun donnent en moyenne une température de surface de 28,6 °C à Kribi et une salinité de 31 ppt (Krakstad *et al.*, 2006).

II.1.3. Activités anthropiques dans la ville de Kribi

II.1.3.1. Extraction de sable sur les côtes sableuses

Le littoral sableux est une interface entre le milieu marin et le domaine continental, il représente environ 34 % du linéaire côtier mondial (Hardisty, 1994). Sur les côtes kribiennes, l'exploitation du sable de plage est une réalité (Fig. 5). Elle concoure à l'aggravation de l'érosion et au remodelage du profil côtier (Boyoguino, 2017).



Figure 5 : Extraction du sable sur les côtes kribiennes (Mbevo Fendoung, 2019)

II.1.3.2. Activités agro-industrielles

Pendant longtemps, la physionomie et la morphologie du paysage littoral Kribien alternait mangroves, forêts denses et champs agricoles. Une « mosaïque » végétale qui donnait une configuration spécifique à ces espaces (Kuété et Assongmo, 2002 ; Mouliom Njikam, 2012). La décennie soixante a vu l'implantation de la première agro-industrie, la Socapalm qui a été créée en 1968 par l'État camerounais avec l'appui des actionnaires privés. Par la suite, les conditions pédoclimatiques particulièrement intéressantes du littoral Kribien ont été favorables à la création des premières plantations de la société Hévécam. Le paysage littoral commençait ainsi à présenter les marques d'une déforestation importante (Mbevo Fendoung *et al.*, 2018). Les produits phytosanitaires et les engrais utilisés pour le traitement des plantations, l'implantation d'huileries modernes (Fig. 6A) et artisanales (Fig. 6B), les unités de traitement du latex d'hévéa (Fig. 6C) seront à l'origine des problèmes de pollutions diverses (eaux, sol, air, sonore) (Mbevo Fendoung, 2019).



Figure 6 : Sources de pollutions diverses. Huileries moderne (A), artisanale (B) et unité de traitement de latex (C) (Mbevo Fendoung, 2019)

II.1.3.3. Activités industrielles

L'activité industrielle dans la ville de Kribi est marquée par la présence de nombreuses industries et de nombreux travaux qui s'enchainent. Grâce à la présence du port en eau profonde (Fig. 7A) qui attire de nombreux industriels, la cité balnéaire se transforme en métropole industrielle. Entre autre industries à Kribi, il y a la centrale à gaz, les offshore pétrolier et gazier (Fig. 7B), les cimenteries (Fig. 7C), les entrepôts de bois, les unités de montages d'engins et de transformation des produits agroalimentaires (Mbaha et Ba'ana Etoundi, 2021).



Figure 7: Activités industrielles marquant dans la ville de Kribi. Port (A), Offshore (B) et Cimenterie (C) (Mbaha et Ba'ana Etoundi, 2021)

II.2. MATERIEL

II.2.1. Période d'étude

L'étude a été menée en trois phases. La première, dite préliminaire, de décembre 2019 à janvier 2020, a permis d'effectuer une prospection de la bande côtière et le choix des points de prélèvement. Cette phase a permis de retenir un total de 13 points de prélèvement (Fig. 8). La deuxième phase de l'étude, de février 2020 à février 2021, a consisté en la mesure des variables physico-chimiques *in situ*, aux prélèvements d'échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimiques de laboratoire et à l'échantillonnage du phytoplancton. La troisième phase, d'avril 2021 à juin 2022 a été consacrée à l'identification, aux dénombrements du phytoplancton et à l'interprétation des résultats.

II.2.2. Description des points de prélèvement

Le choix des points de prélèvement dans l'océan a été fait en fonction de plusieurs critères dont les plus déterminants étaient la présence des marqueurs physiques sur le littoral (rocher, bâtiments), les plages, les embouchures des fleuves Kienke et Lobé, les sites de pêche artisanale, les zones de frayère, ainsi que les activités anthropiques exercées au niveau du littoral. Ainsi, les 13 points de prélèvement choisis sont repartis le long de la côte selon leurs similitudes (Fig. 8).

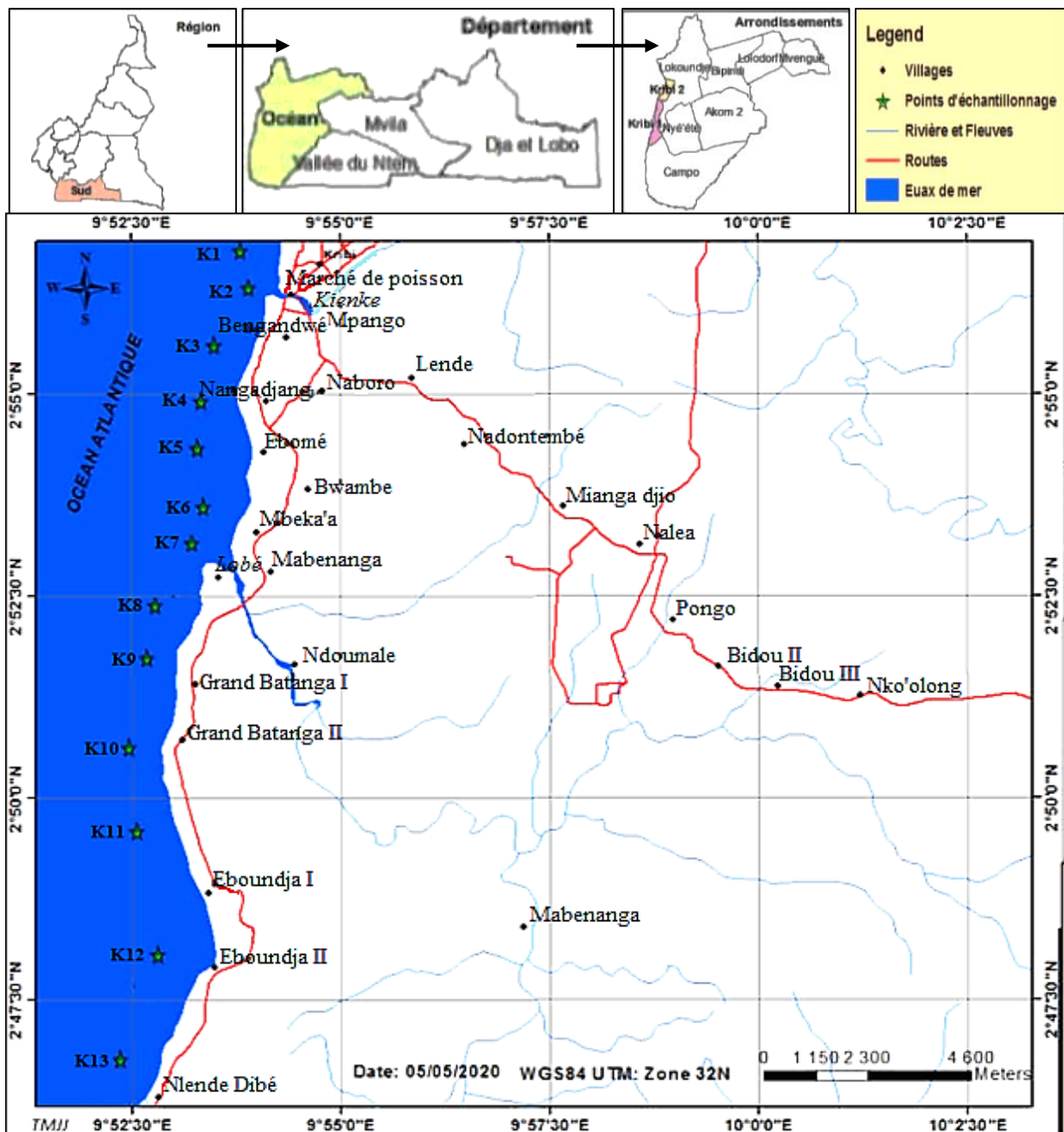


Figure 8 : Carte présentant les points de prélèvement le long de la zone d'étude (INC, 2023)

II.2.2.1. Plages

Au cours de cette étude, 04 plages ont été retenues suivant leurs niveaux de fréquentation et d'anthropisation. Il s'agit de :

- La plage de Ngoyè (K1) (Fig. 9A) de coordonnées géographiques $02^{\circ}57'50,6''N$ et $009^{\circ}54'36,9''E$ est située en plein cœur de la ville de Kribi. Elle est la plage la plus fréquentée de Kribi qui accueille surtout pendant les week-ends, vacances et événements culturels de nombreux visiteurs et les populations locales. Pendant les moments de grands rassemblements, il est observé le développement du petit commerce qui accompagne le rejet de nombreux

déchets plastiques et organiques. La végétation qui borde la plage est essentiellement composée des cocotiers et la côte est sableuse-rocheuse.

- La plage Palm Beach (K3) (Fig. 9A) de coordonnées géographiques 02°55'06,1''N et 009°53'50,2''E est la plage privée de l'hôtel Palm Beach. Elle est particulièrement réservée aux visiteurs de l'hôtel mais reste aussi ouverte aux populations riveraines. La cote avait été modifiée par la construction d'un mur en pierre. Elle est située non loin de la ville et est moyennement fréquentée et moins polluée par les déchets solides.

- La plage Lobé (K6) de coordonnées de coordonnées géographiques 02°53'31,0''N et 009°53'49,9''E est située non loin des chutes de la Lobé. Elle est éloignée de la ville et moyennement fréquentée par les visiteurs des chutes de la Lobé, les occupants d'un grand complexe hôtelier à proximité et les populations riveraines. Pendant la saison pluvieuse, la plage est influencée par les eaux de la Lobé qui changent sa couleur de l'eau en marron et baisse la salinité. La côte est sableuse et accueille des évènements tels que les célébrations de mariages, les anniversaires et le football de plage.

- La plage de Grand (K11) (Fig. 9C) de coordonnées GPS 02°49'34,2''N et 009°53'10,0''E est très éloignée de la ville de Kribi et fréquentée majoritairement par les touristes. Longue d'environ 1 km, la côte est sableuse et jonchée des arbustes qui créent un milieu spécifique qui attire les touristes. Elle n'est pas polluée à cause de la faible fréquentation et son éloignement.



Figure 9 : Vue paranoïaque partielle des plages retenues dans le cadre de cette étude. Ngoyè (A), Palm Beach (B), Lobé (C) et Grand Batanga (D)

II.2.2.2. Embouchures

Les embouchures des fleuves Kienke et Lobé situées dans la zone d'étude sont celles retenues au cours de cette étude.

- L'embouchure de la Kienke (K2) (Fig. 10A) de coordonnées géographiques $02^{\circ}56'35,7''N$ et $009^{\circ}54'08,8''E$ est située à la confluence du fleuve Kienke et l'océan. C'est la voie d'embarcation et de débarcation des pêcheurs de Kribi où les activités anthropiques sont marquées par les multiples activités rencontrées au débarcadère (marché de poissons, restaurants, unités de fabrication des pirogues artisanales, camp BIR). Les déchets solides et liquides produits par ces activités sont drainés vers l'océan par le fleuve en marée basse.

- L'embouchure de la Lobé (K7) (Fig. 10B) de coordonnées géographiques $02^{\circ}53'14,8''N$ et $009^{\circ}53'40,7''E$ est le point de rencontre entre la Lobé et l'océan. C'est un site touristique très fréquentée par les touristes attirés par les chutes immenses de la Lobé. La côte est rocheuse et le fleuve avec ses eaux de couleur maronne et son important débit a une forte influence sur l'océan surtout pendant la grande saison des pluies. Les balades des touristiques en pirogues, la vente des objets d'art, la restauration constituent les principales activités anthropiques.



Figure 10 : Vue paranoïaque partielle des embouchures. Kienke (A) et Lobé (B)

II.2.2.3. Zones de frayères et site de ponte des tortues

Ce sont des points non anthropisés aux côtes rocheuses situés en majorité en zone rurale où de nombreuses espèces viennent se reproduire ou se reposer. Ce sont les lieux de ramassage des coquillages et de pêche artisanale au filet pour les populations locales. Au total, 04 ont été retenus dans le cadre de cette étude. Il s'agit :

- La zone de Frayère de Bwambè (K4) (Fig. 11A) de coordonnées GPS $02^{\circ}55'05,4''N$ et $009^{\circ}53'50,6''E$ est située entre Kribi et les chutes de la Lobé. C'est la zone de frayère la plus

fréquentée à cause de la proximité avec la ville et les captures de poissons importantes lors des activités de pêche au filet.

- La zone de frayère d'Ebomé (K9) (Fig. 11B) de coordonnée GPS 02°52'04,2''N et 009°53'12,0''E située dans le village d'Ebomé après les chutes de la Lobé en allant vers le port en eau profonde. Le ramassage de coquillages est l'activité principale à ce niveau et les paysans y pratiquent aussi la pêche artisanale.

- La zone de frayère de Grand Batanga (K10) (Fig. 11C) de coordonnées GPS 02°50'46,0''N et 009°52'54,2''E est caractérisée par une côte très rocheuse et une importante agitation des eaux lorsque les vagues frappent les rochers. L'activité principale est le ramassage des coquillages.

- Le site de ponte de tortue de Grand Bantanga (K12) (Fig. 11D) de coordonnées géographiques 02°47'46,8''N et 009°53'08,8''E est un site non anthropisé où les tortues viennent pondre entre août et novembre. La côte est sableuse et rocheuse avec une végétation dense.



Figure 11 : Vue paranoïaque partielle des zones de frayère. Bwambè (A), Ebomé (B), Grand Bantanga (C) et Site de ponte de tortue (D)

II.2.2.4. Les points de prélèvement anthropisés

Trois points marqués par une activité anthropique sur le littoral ont été choisis au cours de cette étude. Il s'agit de :

- La carrière de sable de Eboundja (K5) (Fig. 12A) de coordonnées GPS 02°54'15,0''N et 009°53'49,9''E est une zone où l'unique activité est l'extraction du sable de la côte. Les acteurs font parfois recours aux engins.

- Le marché de poisson de Ikwike (K8) (Fig. 12B) de coordonnées géographiques 02°52'49,6''N et 009°53'26,2''E. C'est le marché de poisson du village situé après les chutes de Lobé en remontant vers le port où embarquent les pêcheurs et débarquent les produits de l'océan pour commercialisation.

- Le port en eau profonde dans sa limite nord (K13) (Fig. 12C) de coordonnées 02°47'18,3''N et 009°52'52,7''E est un point marqué par les activités du port.



Figure 12 : Vue panoramique partielle des points marqués par une activité anthropique. Carrière de sable (A), Marché de poisson (B) et Port de Kribi (C)

II.3. METHODES D'ETUDE

II.3.1. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau

II.3.1.1. Echantillonnage de l'eau pour les analyses physico-chimiques

Les prélèvements d'eau destinés aux analyses physico-chimiques en laboratoire ont été réalisés dans des flacons en polyéthylène de 500 mL et 1000 mL à bord d'une pirogue à moteur de marque Yamaha 20 chevaux, puis conservé dans une glacière. Après détermination de la couche euphotique à l'aide d'un disque de Secchi, l'eau a été prélevée dans 03 tranches verticales de la couche d'eau (surface, couche trophogène et couche tropholytique) puis un composite a été réalisé dans un seau de 20 L préalablement lavé et rincé à l'eau de l'échantillon. Les prélèvements dans les couches trophogène et tropholytique ont été réalisés grâce à une bouteille de Van Dorn de 6 L.

II.3.1.2. Techniques d'analyse des variables physico-chimiques et de la Chlorophylle « a »

Les analyses physico-chimiques se sont déroulées sur le terrain et au laboratoire suivant les méthodes proposées par Rodier *et al.* (2009).

II.3.1.2.1. Variables physiques

II.3.1.2.1.1. Température de l'eau

La température de l'eau a été mesurée *in situ* à l'aide d'un multiparamètre Waterproof TESTER. Les résultats ont été exprimés en degré Celsius (°C).

II.3.1.2.1.2. Transparence

La transparence (Z_s) de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi blanc d'environ 30 cm de diamètre, lesté et relié à une corde graduée. Les valeurs ont été exprimées en mètre (m).

II.3.1.2.1.3. Matières En Suspension (MES)

La teneur de l'eau en MES a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre HACH DR/3900 et la lecture s'est faite à la longueur d'onde 810 nm. Les valeurs obtenues ont été exprimées en mg/L.

II.3.1.2.1.4. Couleur

La couleur a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre HACH DR/3900. La lecture s'est faite à la longueur d'onde 455 nm et les valeurs obtenues ont été exprimées en unités Platinium-Cobalt (Unité Pl -Co).

II.3.1.2.2. Variables chimiques

II.3.1.2.2.1. Conductivité électrique

Les mesures de la conductivité électrique ont été effectuées *in situ* à l'aide d'un multiparamètre Waterproof TESTER. Les données obtenues ont été exprimées en mS/cm.

II.3.1.2.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH a été mesuré *in situ* à l'aide d'un multiparamètre Waterproof TESTER, les valeurs du pH ont été exprimées en unités conventionnelles (UC).

II.3.1.2.2.3. Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous ont été mesurées *in situ* au moyen d'un Oxymètre de marque HACH HQ30d. les résultats ont été exprimés en pourcentage de saturation.

II.3.1.2.2.4. Dureté calcique

La dureté calcique a été mesurée par complexométrie selon la norme AFNOR NFT 90-003 au moyen du Complexon III. Ainsi, dans 50 ml d'échantillon contenu dans un bécher de 100 ml, 1 ml de KCN 1 %, 2 ml de NaOH 2N et une pincée de l'indicateur coloré H-H-S-N-N [acide 2-hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphtyl-azo) -3-naphtéique] ont respectivement été ajoutés. Le mélange de coloration rose, a été titré à l'Idranal III jusqu'à apparition de la coloration bleue franc. Les résultats (mg. L⁻¹ de CaCO₃) ont été calculés par la formule :

$$\text{Dureté calcique (mg/L de CaCO}_3\text{)} = \text{Descente de burette} \times 20$$

II.3.1.2.2.5. Dureté magnésienne

La dureté magnésienne a été également mesurée par complexométrie selon la norme AFNOR NFT 90-003 au moyen du Complexon III. Ainsi, dans 50 ml d'échantillon contenu dans un bécher de 100 ml, 2 ml de KCN 1 %, 10 ml de tampon ammoniacal et une pincée de l'indicateur coloré Noir Eriochrome T ont respectivement été ajoutés. Le mélange de coloration violette, a été titré à l'EDTA N/50 jusqu'à apparition de la coloration bleue franc.

$$\text{Dureté magnésienne (mg/L de Mg}^{2+}\text{)} = \text{Descente de burette} \times 12$$

II.3.1.2.2.6. Orthophosphates

Les teneurs en orthophosphates ont été mesurées par colorimétrie en utilisant le phosver III comme réactif. La lecture s'est faite au spectrophotomètre DR/3900 de marque HACH à la longueur d'onde 890 nm et les résultats ont été exprimés en mg/L de PO₄³⁻.

II.3.1.2.2.7. Azote ammoniacal

Les teneurs en azote ammoniacal ont été mesurées par colorimétrie suivant la méthode de Nessler qui utilise le sel de Rochelle et le réactif de Nessler. La lecture de la teneur en azote ammoniacal s'est faite au spectrophotomètre HACH DR/3900 à la longueur d'onde 425 nm et les résultats ont été exprimés en mg/L de NH₄⁺.

II.3.1.2.2.8. Nitrates

Les nitrates ont été mesurés par colorimétrie au moyen d'un spectrophotomètre DR/3900 de marque HACH, en utilisant le Nitruver IV comme réactif. La lecture de la teneur en nitrates a été faite à la longueur d'onde de 400 nm et les résultats ont été exprimés en mg/L de NO₃⁻.

II.3.1.2.2.9. Nitrites

Les teneurs en nitrites ont été mesurées par colorimétrie au moyen d'un spectrophotomètre DR/3900 de marque HACH, en utilisant le Nitriver III comme réactif. La lecture s'est faite à la longueur d'onde 507 nm et les résultats ont été exprimés en mg/L de NO₂⁻.

II.3.1.2.2.10. Alcalinité totale (TAC)

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) a été mesuré par volumétrie. Un échantillon de 50 ml a été titré avec de l'acide sulfurique (H₂SO₄) N/50, en présence du rouge vert de méthylbromocrésol (indicateur coloré). La réaction s'achève lorsque la solution vire du bleu au gris. Les résultats exprimés en mg. L⁻¹ ont été obtenus par la formule :

$$\text{TAC (mg/L)} = \text{Descente de burette} \times 20$$

II.3.1.2.2.11. Teneur en gaz carbonique dissous (CO₂)

Les teneurs en CO₂ dissous ont été mesurées par volumétrie en deux phases. Sur le terrain, le CO₂ est fixé dans 180 ml d'échantillon contenue dans une fiole jaugée auquel 20 ml d'une solution de NaOH N/20 et 2 à 3 gouttes de phénolphaléine (indicateur coloré) y sont ajoutés. Le mélange obtenu, de coloration rose, a été conservé dans un flacon en polyéthylène de 250 ml. Au laboratoire, 50 ml de l'échantillon fixés sur le terrain sont titrés à l'acide chlorhydrique N/10 jusqu'à décoloration complète. Le CO₂ dissous exprimé en mg/L a été obtenu par la formule :

$$[\text{CO}_2] \text{ (mg. L}^{-1}\text{)} = (\text{Descente de burette du témoin} - \text{Descente de burette de l'échantillon}) \times 17,6$$

II.3.1.2.3. Détermination des teneurs en chlorophylle 'a'

Au laboratoire, 200 ml de chaque échantillon ont été filtrés à l'aide d'un dispositif de filtration sous vide à travers des membranes en fibre de verre de type Whatmann GF/C de 0,45 µm de porosité. L'extraction des pigments a été faite au réfrigérateur, dans un tube à essai contenant 10 ml d'une solution d'acétone à 90 % à l'obscurité pendant au moins 24 h. Chaque tube à essai débarrassé de la membrane filtrante a été soumis à 15 mn de centrifugation à 400 tr/mn. La densité optique du surnageant a été lue au spectrophotomètre HACH DR/3900 aux longueurs d'ondes 630 nm, 645 nm et 663 nm respectivement pour le calcul des teneurs en chlorophylles 'a'. Le témoin contenant 10 ml d'acétone à 90 % a été réalisé dans les mêmes

conditions que les échantillons. La teneur en chlorophylle 'a' a été calculée à l'aide de l'équation suivante (SCOR-UNESCO, 1966) :

$$\text{Chl 'a' } (\mu\text{g.L}^{-1}) = \frac{[(1,64 \times DO_{663}) - (2,16 \times DO_{645}) - (0,10 \times DO_{630})] \times v}{V \times l}$$

Avec, DO = Densité Optique ; Chl 'a' = chlorophylle 'a'; v = volume de l'extrait acétonique (ml) ; l = longueur du trajet optique en cm ; V = volume de l'échantillon filtré en L.

II.3.2. Inventaire du peuplement phytoplanctonique

II.3.2.1. Fréquence d'échantillonnage

En référence à la Norme Européenne (NE) 15972 qui stipule que la fréquence, la période et l'échelle spatiale de l'échantillonnage devraient s'adapter aux objectifs de l'étude ou de la surveillance, la fréquence d'échantillonnage au cours de cette étude réalisée à grande échelle a été mensuelle et l'échelle spatiale des points de prélèvement était de 1 à 2 Km. Cette approche très utilisée a consisté à prélever des échantillons dans les sites sélectionnés tous les mois et, selon les recommandations de la commission OSPAR (2005), il a été inclus lors du choix des points de prélèvement, les zones à problème et les zones sans problème.

II.3.2.2. Echantillonnage

Les échantillons destinés à l'analyse du phytoplancton ont été réalisés dans les mêmes tranches de la couche d'eau que ceux destinés à la mesure des facteurs abiotiques. Un total de 90 L a été filtré soit 30 L par tranche à l'aide d'un tamis à plancton de 40 µm d'ouverture de maille. L'échantillonnage a donc été fait dans le respect de la Norme Européenne (NE) 15972, qui précise que les prélèvements réalisés avec des filets peuvent permettre d'obtenir des informations importantes sur la présence de taxons robustes et/ou rares. En outre, les prélèvements réalisés au filet permettent d'obtenir une plus grande quantité d'individus pour faciliter l'identification des espèces observées dans les échantillons quantitatifs (OSPAR, 2016). Le retentât obtenu à l'issue de la filtration, 500 mL environ a été directement fixé *in-situ* en y ajoutant 3 mL de lugol. L'échantillon composite obtenu a permis aussi une meilleure représentativité qualitative et quantitative du peuplement phytoplanctonique de l'ensemble de la couche d'eau.

II.3.2.3. Analyse des échantillons phytoplanctoniques

II.3.2.3.1. Analyse qualitative

Après échantillonnage, il est recommandé de réaliser des observations au microscope optique sur le vivant dans les échantillons non fixés, afin de visualiser les mouvements et les déplacements des algues (OSPAR, 2016). La systématique des espèces phytoplanctoniques a été réalisée en se référant aux ouvrages de Peragallo (1908) ; Cupp (1943) ; Brunel (1962) ; Sournia (1968) ; Amossé (1970) ; Ricard (1987) ; Krammer et Lange-Bertalot (1988) ; Lokman (1990, 1991) ; Hasle *et al.* (1997) ; Michel *et al.* (1999) ; Ouattara (2000) ; Sophia *et al.* (2005) ; Al-Kandari *et al.*, 2009 ; Al-yamani et Saburova (2019) ; Phan-Tan *et al* (2017) ; Okolodkov (2010) ; Evagelopoulos (2002) ; Koéme (2010) ; Lakkis (2018) ; Germain (1981). Suivant le type d'organismes, l'unité de comptage choisie a été la cellule, la colonie ou le filament.

Les groupes phytoplanctoniques connus sous les noms de Diatomées (Classe Bacillariophyceae) et Dinoflagellés (Classe Dinophyceae) contribuent de façon significative à la diversité des communautés phytoplanctoniques des océans, représentant environ 80% du nombre d'espèces décrites (Simon *et al.* 2009). D'autres groupes tels que les Chlorophytes, les Euglénophytes ou encore les Cryptophytes et bien d'autres composent faiblement la population du phytoplancton marin. Dans le cadre de cette étude, la systématique des microalgues utilisée s'est celle basée sur la classification proposée par le registre mondial des espèces marines *World Register of Marine Species* « WoRMS » (WoRMS, 2022) (Tableau II). L'écologie et quelques caractéristiques des taxons identifiés ont été aussi établis à l'aide du *World Register of Marine Species* « WoRMS » et la base des données d'informations sur les algues « *AlgaeBase* ».

Tableau II : Modèle de classification basée sur le référentiel taxinomique de WoRMS (WoRMS, 2025).

Règnes	Phyla	Classes
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae
		Chrysophyceae
		Dictyochophyceae
	Haptophyta	Prymnesiophyceae
	Myzozoa	Dinophyceae
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae
Protozoa	Euglenozoa	Euglenoidea

II.3.2.3.2. Analyse quantitative

II.3.2.3.2.1. Détermination de la richesse taxonomique (S)

La richesse taxonomique (S) est le nombre de taxons distincts présents dans un échantillon. Elle reflète la diversité d'un échantillon (Resh *et al.*, 1995) et apparaît comme un bon indicateur de la santé de la communauté. Le phytoplancton a été identifié jusqu'au rang de l'espèce.

II.3.2.3.2.2. Détermination de la densité des organismes

Le comptage des cellules a été réalisé sur des échantillons fixés avec du Lugol au microscope OLYMPUS CK2, au grossissement de 400X, par la méthode Utermöhl (1958), avec des balayages de gauche à droite et inversement de la surface de la cellule de comptage avec alternance de transects. Pour une bonne représentativité, les échantillons ont été concentrés préalablement. Ce procédé a consisté à laisser sédimenter les algues contenues dans 500 mL d'échantillon pendant au moins 48 heures. Après sédimentation, le surnageant a été délicatement enlevé et le sous-échantillon d'environ 10 mL, plus dense et essentiellement constitué du seston a été conservé. Après homogénéisation, 1 mL du sous-échantillon a été pipeté puis observé dans une cellule de comptage de type Sedgewick-Rafter. Le comptage a été fait en duplicata afin de minimiser les risques d'erreur et l'identification d'au moins 400 individus par échantillon a été recommandé pour une exactitude de +/- 95 % (APHA, 1998). En raison de la richesse de certains échantillons en particules et en organismes, une dilution au 1/10 ème ou 1/20 ème à l'eau distillée a été indispensable pour faciliter les comptages. La répartition des organismes à la surface de la cellule de comptage étant aléatoire, le comptage débute systématiquement au niveau de la partie gauche de la cellule et se termine au niveau de sa partie droite. La densité a été calculée par la formule de Utermöhl (1958) :

$$D = N_i \times S \times 1000 / (v \times s)$$

D = Densité (ind./L) ;

S = surface de la cellule de comptage (100 mm²) ;

N_i = nombre d'individus comptés pour une espèce ;

s = surface totale du champ compté ;

v = volume d'échantillon sédimenté (10 mL).

1000 = facteur de conversion

II.3.2.4. Analyse des données biologiques

II.3.2.4.1. Fréquence d'occurrence (F)

La fréquence d'occurrence (F) des espèces phytoplanctoniques renseigne sur la constance d'une espèce ou d'un taxon dans un habitat donné sans aucune indication sur son importance quantitative (Dajoz, 2000). Ce nombre est exprimé en pourcentage du nombre total de prélèvements et donne des informations sur les espèces fréquemment rencontrées dans un hydrosystème. Elle se calcule comme suit (Dufrêne et Legendre, 1997) :

$$F = \frac{Fi}{Ft} \times 100$$

Fi = nombre de relevés contenant l'espèce i ;

Ft = nombre total de prélèvements effectués.

Selon la valeur de la fréquence, cinq catégories d'espèces sont définies suivant la classification de Dufrêne et Legendre (1997) :

F = 100 % : espèces ubiquistes (*****) ;

75 % ≤ F < 100 % : espèces régulières (****) ;

50 % ≤ F < 75 % : espèces constantes (***) ;

25 % ≤ F < 50 % : espèces accessoires (**) ;

F < 25 % : espèces rares (*).

II.3.2.4.2. Calcul de la biomasse phytoplanctonique

La biomasse phytoplanctonique a été évaluée par dosage de la chlorophylle 'a' qui est le pigment photosynthétique le plus abondant des algues. Du fait que le phytoplancton soit un convertisseur de l'énergie lumineuse, la biomasse serait mieux décrite par les pigments photosynthétiques (Pagès, 1991). La transformation des teneurs de chlorophylle 'a' (chl 'a') en carbone (C) à la suite des travaux de Ryther *et al.* (1971) ; Reimann *et al.* (1982) ; Dessery *et al.* (1984) et de Aleya et Devaux (1989) a été faite par la formule : C = [chlorophylle 'a'] x 30. Le carbone (C) représentant environ 12% du poids frais d'une cellule (Strathmann, 1967 ; Hamilton et Holm-Hansen, 1967 ; Pridmore et Hewitt, 1984), la biomasse phytoplanctonique a été calculée par la formule suivante :

$$\text{Biomasse } (\mu\text{g/L}) = \frac{C \times 100}{12} = \frac{[\text{chl 'a'}] \times 30 \times 100}{12} = [\text{chl 'a'}] \times 250$$

[chl 'a'] = teneurs en chlorophylle 'a' ;

C = masse de carbone phytoplanctonique ;

250 = Coefficient de conversion.

II.3.2.4.3. Détermination d'espèces planctoniques utiles, toxiques et non indigènes dans les eaux marines de la côte de Kribi

II.3.2.4.3.1. Détermination des espèces de phytoplancton utiles à l'Homme.

La détermination des espèces de phytoplanctons utiles a été faite à l'aide des travaux de recherches de Audineau et Blancheton (1986) ; Ricard (1987) ; Chrétiennot-Dinet (1990) ; ENITA de Bordeaux (1998) ; Hamza (2016) ; Manon (2023) et le site Ifremer.fr. Ces travaux ont permis de lister les différentes espèces de phytoplancton utiles à l'Homme pour la cosmétique, l'extraction des huiles essentielles et le fourrage en élevage entre autres.

II.3.2.4.3.2. Détermination des espèces de phytoplancton toxiques et non indigènes.

La détermination des espèces toxiques et non indigènes dans les eaux marines de la côte de Kribi a été faite à l'aide des listes de références des espèces toxiques et non indigènes actualisées de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI) de l'UNESCO et sur le site d'AquaNIS. La liste de référence de la COI de l'UNESCO, concernant la taxinomie des microalgues planctoniques toxiques <http://www.marinespecies.org/hab/>, a été utilisée pour désigner les espèces comme étant dangereuses (toxiques/nocives) (Lundholm *et al.*, 2009).

Quant aux espèces non indigènes, une base de données actualisée des espèces non indigènes se trouve sur le site d'AquaNIS <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis> (AquaNis, 2015).

Les travaux de recherche antérieurs ayant mentionnés les phénomènes de bloom de certaines espèces de phytoplanctons nuisibles ont servis également à l'établissement de cette liste des espèces toxiques et non indigènes (Schmidt et Schaechter 2012 ; Raji et Padmavati, 2014 ; Sathishkumar *et al.*, 2021).

II.3.2.4.4. Détermination de la stabilité de la structure phytoplanctonique, de la régularité des espèces, la dominance et d'indicateur de changement dans la biodiversité.

II.3.2.4.4.1. Stabilité de la structure phytoplanctonique des eaux marines de la côte de Kribi

L'indice de diversité de Shannon et Weaver (1963) a permis d'évaluer la stabilité de la structure des communautés phytoplanctoniques (Elber et Schanz, 1989). Il a été utilisé pour mettre en évidence la diversité globale des peuplements et leur degré d'organisation (Tonkin *et al.*, 2013). Cet indice se calcule selon la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i)$$

p_i = proportion de chaque espèce ou taxon dans le peuplement ;

S = nombre total d'espèces ou de taxa ;

H' = indice de diversité de Shannon et Weaver (bits/ind).

La diversité est grande lorsque H' tend vers $\log_2 S$ (H'max.) (Lévêque et Balian, 2005). L'indice de diversité de Shannon et Weaver étant plus sensible aux variations d'importance des espèces rares, l'indice de diversité de Simpson (1949) a été aussi calculé.

II.3.2.4.4.2. Régularité des espèces récoltées dans les eaux marines de la côte de Kribi

L'indice d'Équitabilité de Piélou (1966) permet d'étudier la régularité de la distribution des espèces. C'est le rapport entre la diversité réelle et la diversité maximale observée. La régularité suppose une équirépartition des individus entre les espèces présentes. Elle a été calculée selon l'équation :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \quad \text{Avec : } H' : \text{indice de diversité de Shannon et Weaver ; } S : \text{richesse spécifique.}$$

L'indice d'Équitabilité de Piélou varie entre 0 et 1 et traduit le degré d'organisation d'un peuplement (Dajoz, 2000). Il est proche de 1 quand toutes les espèces tendent à avoir la même abondance et proche de 0 quand une ou quelques espèces dominent le peuplement. L'Équitabilité est faible lorsque $E < 0,6$ et on conclut que peu d'espèces concentrent la majorité des individus du milieu. Cependant, lorsque $E > 0,8$, on déduit que le milieu n'est pas spécialisé et donc les abondances sont bien réparties au sein des espèces (Djego *et al.*, 2012).

II.3.2.4.4.3. Dominance des individus phytoplanctoniques dans les eaux marines de la côte de Kribi

L'indice de diversité de Simpson (1965) mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce et permet d'exprimer la dominance

d'une espèce lorsqu'il tend vers 0, ou la codominance de plusieurs espèces lorsqu'il tend vers 1. Sa formule est :

$$D = 1 - \sum \left\{ \frac{ni (ni - 1)}{[N (N - 1)]} \right\}$$

D = indice de diversité de Simpson ;

ni = nombre d'individus de l'espèce donnée ;

N = nombre total d'individus.

II.3.2.4.4.4. Indicateur de changement dans la diversité phytoplanctonique des eaux

L'indice de Menhinick (Menhinick 1964), basé sur la richesse spécifique renseigne sur la diversité des communautés phytoplanctoniques en termes de nombre d'espèces différent identifié dans un échantillon en tenant compte de l'abondance totale de toutes les espèces de l'échantillon (Duflos *et al.*, 2018). Cet indice se calcule selon la formule :

$$D = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

avec S : Nombre d'espèces de l'échantillon et N : Nombre total d'individus

dans l'échantillon.

L'indice de Menhinick varie de 0 à 1 et les valeurs sont caractéristiques des changements dans la diversité phytoplanctonique. Une valeur de cet indice égale à 1 reflète des conditions similaires à celles définies par défaut comme conditions de référence pour les communautés phytoplanctoniques en termes de richesse, dominance et structure. Le tableau III suivant montre la grille de valeurs de cet indice.

Tableau III : Grille de lecture des valeurs de l'indice de Menhinick. (M= Menhinick)

Valeurs, Dominance et Structure	0,01 ≤ M ≤ 0,03 Richesse faible ; Dominance forte ; Structure atypique.	0,03 ≤ M ≤ 0,05	0,05 ≤ M ≤ 0,09	0,09 ≤ M ≤ 0,15	0,15 ≤ M ≤ 0,19 Richesse forte ; Dominance faible ; Structure proche de la structure de référence
Conditions de référence	Très éloigné	Assez éloigné	Intermédiaire	Assez proche	Très proche des conditions de référence

II.3.3. Détermination des paramètres abiotiques qui influencent la biodiversité du phytoplancton

II.3.3.1. Facteurs limitants la croissance du phytoplancton (Rapport N/P)

Pour la détermination de ce rapport, les concentrations d'azote [N] ont été au préalable obtenues en sommant les concentrations de nitrate [NO₃⁻], nitrite [NO₂⁻] et azote ammoniacal [NH₄⁺], tandis que les concentrations en phosphore [P] représentent les concentrations d'orthophosphates [PO₄³⁻] : [N] = [NO₃⁻] + [NO₂⁻] + [NH₄⁺] ; [P] = [PO₄³⁻]

$$N/P = \frac{[N]}{[P]}$$

II.3.3.2. Test de corrélations de Spearman

Le coefficient de corrélation de rang de Spearman (1961) a été calculé pour mesurer les degrés de liaison entre les variables abiotiques et biotiques. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS 26.0. Notons que le code (*) indique une corrélation significative au seuil de 5 % (P < 0,05*) et le code (**) une corrélation significative au seuil de 1 % (P < 0,01**). Ce coefficient a été calculé selon la formule de Spearman (1961) :

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

- n = nombre total d'observations ;

- di = différence entre les rangs des deux séries de mesures considérées.

II.3.4. Analyse statistique des données

II.3.4.1. Test H de Kruskal-Wallis

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour vérifier la signification des différences (ou similarités) de variances des paramètres physico-chimiques et biologiques. Ce test a permis d'établir les différences des paramètres étudiés au plan spatial et saisonnier. Ces analyses ont été effectuées à l'aide des logiciels SPSS 26.0 et les différences ont été considérées comme significatives à p < 0,05*.

II.3.4.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La CAH a été utilisée pour regrouper les saisons ou les points de prélèvement en fonction de leurs similarités abiotiques d'une part, et de leurs similarités biotiques (peuplement

phytoplanctonique) sur la base des densités moyennes des taxons d'autre part. La classification a été ascendante car elle part des observations individuelles ; elle a été hiérarchique car elle produit des classes ou groupes de plus en plus vastes, incluant des sous-groupes en leurs seins. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel statistique version R 4.2.1.

II.2.4.3. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode de statistique factorielle descriptive qui a pour objectif de présenter sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données de taille importante (Philippeau, 1992). La matrice de données est composée des échantillons « n » en ligne sur lesquels ont été mesurés des variables quantitatives « p » disposées en colonnes. L'ACP a été utilisée pour établir la typologie abiotique et biotique des échantillons sur la base de l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés et des densités des taxons phytoplanctoniques. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a donc été faite pour déterminer les paramètres physico-chimiques et les taxons phytoplanctoniques caractéristiques des points étudiés ou des saisons. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel R version R 4.2.1.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. RESULTATS

III.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la zone côtière de Kribi

Dans la zone côtière de Kribi, les variations des paramètres physico-chimiques entre les différents points d'échantillonnage ne sont pas marquées. Par ailleurs, les eaux des embouchures de la Kienké et de la Lobé enregistrent les plus faibles valeurs ($P \leq 0,05$) que celles des autres points de prélèvement. Au plan saisonnier, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau ont dans l'ensemble varié en fonction des saisons.

Le tableau III présente les valeurs des paramètres physico-chimiques étudiés au cours de cette étude dans la zone côtière de Kribi.

III.1.1.1. Caractéristiques physiques

III.1.1.1.1. Température

Dans la zone côtière de Kribi, la température de l'eau a varié au plan spatial entre une valeur minimale de 26,9 °C (K1) et une valeur maximale de 32,9 °C (K10) et autour d'une valeur moyenne générale de 29,46±0,48 °C. Cette température de l'eau baisse au niveau des embouchures (K2, K6 et K7) sous l'influence des eaux douces froides des fleuves (Tableau III). Au plan saisonnier, la température montre des pics pendant la Grande Saison Sèche (GSS) avec une valeur moyenne de (30,67±0,41 °C) puis diminue pendant la Petite Saison Sèche (PSS) (28,07±0,28 °C) et la Grande Saison des Pluies (GSP) (28,39±0,79 °C) sous l'action des pluies (Fig. 13A). Aucune variation significative des données ($P=0,087$; $\alpha \leq 0,05$) n'a été observée entre les points de prélèvement mais plutôt les variations significatives ont été relevées entre les saisons ($P=0,000$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.1.2. Transparence

Les eaux de la zone côtière de Kribi sont claires avec une profondeur de pénétration des rayons lumineux oscillant autour d'une moyenne de 2,58±0,37 m. Néanmoins, la valeur Min de 0,7 m enregistrée à l'embouchure de la Kienke (K2) montre l'apport en matière dissoutes du fleuve vers l'océan pendant les pluies (Tableau IV). Les valeurs de la transparence de l'eau au plan saisonnier ne sont pas assez différentes de celles enregistrées au plan spatial. La transparence a varié entre les valeurs moyennes de 2,12±0,63 m à la petite saison pluvieuse (PSP) et 2,89±0,53 m pendant la grande saison sèche (GSS) (Fig. 13B). Aucune variation significative des données n'a été observée sur les plans spatial et saisonnier ($P > 0,05$; $\alpha \leq 0,05$).

Tableau IV : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la zone côtière de Kribi au cours de la période d'étude

Légende : (Min : Minimum, Max : Maximum, Moy : Moyenne, $\pm\sigma$: Ecart-type)

Points de prélèvement Paramètres	K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8		K9		K10		K11		K12		K13		Moyenne générale & Ecart-type
	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy \pm σ	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	Min Max	Moy $\pm\sigma$	
Température (°C)	26,9 31,1	29,25 \pm 1,45	27 31	28,92 \pm 1,44	27,5 31,1	29,22 \pm 1,35	27,2 31,4	29,32 \pm 1,36	27,2 31,3	29,3 \pm 1, 47	27,3 31,3	29 \pm 1, 47	27 31,2	28,77 \pm 1,47	27,4 31,8	29,31 \pm 1,36	28 31,6	29,76 \pm 1,18	27,9 31,5	29,75 \pm 1,29	28,2 32,9	30,12 \pm 1,43	28,1 32,5	30,18 \pm 1,26	28,1 31,8	30,15 \pm 1,17	29,46 \pm 0,48
O ₂ (%)	81,7 97,4	89,43 \pm 5,14	79,7 95,4	88,96 \pm 4,33	81 99,6	88,97 \pm 5,52	81,2 97,1	89,92 \pm 4,97	76,5 96,5	88,99 \pm 6,12	78,5 96,7	89,58 \pm 5,86	82 99	91,67 \pm 4,91	80,9 99,6	90,39 \pm 5,29	76,2 95,2	86,87 \pm 6,31	80,1 98,6	90,12 \pm 5,4	83,9 95,8	90,41 \pm 3,54	76,7 96,3	88,83 \pm 5,74	83,4 98,5	90,13 \pm 4,94	89,56 \pm 1,13
pH (U.C)	7,35 9,32	8,39 \pm 0,49	7,05 9,38	8,43 \pm 0,54	7,75 9,09	8,52 \pm 0,34	7,71 9,27	8,56 \pm 0,38	7,28 9,21	8,53 \pm 0, 47	7,19 9,13	8,45 \pm 0,52	7,18 9,18	8,37 \pm 0,52	7,17 9,13	8,48 \pm 0,55	7,11 9,37	8,54 \pm 0,51	8,05 9,25	8,65 \pm 0,27	8,09 9,24	8,65 \pm 0,27	8,39 9,26	8,69 \pm 0,24	8,42 9,48	8,67 \pm 0,26	8,53 \pm 0,11
Conductivité (mS/Cm)	17,54 32,5	26,71 \pm 4,87	11,66 32,8	24,9 \pm 6,04	19,47 33,6	27,49 \pm 4,73	16,19 33,3	26,58 \pm 5,02	13,09 33,9	25,24 \pm 6,82	11,4 2 33,1	21,97 \pm 6,97	4,83 33,2	17,42 \pm 9,7	8,57 34,1	25,59 \pm 8,75	20,7 34,2	28,7 \pm 4,24	18,34 34,3	27,36 \pm 5,49	21,4 34	28,95 \pm 3,53	22,1 34,1	29,18 \pm 3,81	22,2 34,2	29,25 \pm 3,37	26,1 \pm 3,33
Salinité (g/L)	10,13 19,51	15,83 \pm 3,09	6,35 19,52	14,55 \pm 3,78	10,98 20,5	16,33 \pm 3,11	9,15 19,9	15,73 \pm 3,14	7,33 20,4	14,89 \pm 4,27	5,62 19,8	12,75 \pm 4,45	2,61 20	10,12 \pm 5,98	4,87 20,6	15,16 \pm 5,42	12,3 20,7	17,11 \pm 2,57	10,47 20,8	16,73 \pm 3,01	13,21 20,5	17,33 \pm 2,09	13,65 20,5	17,47 \pm 2,3	13,4 20,5	17,55 \pm 1,99	15,5 \pm 2,13
TDS (ppt)	12,17 23,1	19 \pm 3, 43	8,3 23,3	17,7 \pm 4,26	14,19 23,9	19,55 \pm 3,31	11,51 23,6	18,96 \pm 3,58	9,59 23,9	17,95 \pm 4,74	8,22 23,2	15,59 \pm 4,89	3,42 23,8	12,39 \pm 6,98	6,28 24,2	18,16 \pm 6,17	14,82 24,2	20,45 \pm 2,9	13,09 24,4	20,06 \pm 3,35	16,1 24,1	20,63 \pm 2,29	16,25 24,1	20,75 \pm 2,57	16,45 24,3	20,88 \pm 2,18	18,62 \pm 2,41
MES (mg/L)	0 13	6,31 \pm 5,15	0 19	6,92 \pm 6,22	0 17	4,69 \pm 5,56	0 15	6,54 \pm 5,84	0 13	6,23 \pm 5, 32	0 16	4,69 \pm 5,57	0 14	4,54 \pm 5,11	0 16	6 \pm 5,8 6	0 16	6,08 \pm 5,68	0 28	9,08 \pm 9,43	0 46	8,39 \pm 12,22	0 16	4,61 \pm 5,44	0 29	8,46 \pm 8,5	6,35 \pm 1,54
Couleur (Pt-Co)	0 50	18,15 \pm 17	1 91	26,38 \pm 24,5 5	0 65	22 \pm 2	0 42	20 \pm 1 5,78	0 39	16,85 \pm 14,34	0 61	22,31 \pm 22,4 8	2 65	32,92 \pm 23,9 4	1 84	25,92 \pm 29,1 5	0 59	18,61 \pm 17,4 6	0 39	18,15 \pm 12,2 1	0 46	12,46 \pm 13,1 8	0 42	9,15 \pm 12,25	1 47	17,38 \pm 16,3 6	20,02 \pm 6,14
CO ₂ (mg/L)	8,8 17,6	11,78 \pm 2,31	3,52 15,84	10,83 \pm 3,86	3,52 14,08	8,39 \pm 2,89	5,28 12,32	9,21 \pm 1,92	3,52 12,32	8,53 \pm 3, 28	5,28 12,3 2	8,93 \pm 3,09	5,28 12,32	9,07 \pm 2,47	8,8 14,08	10,29 \pm 1,58	7,04 12,32	8,93 \pm 1,68	3,52 14,08	8,53 \pm 3,2	5,28 12,32	8,8 \pm 2 ,69	7,04 14,08	10,15 \pm 2,05	7,04 12,32	9,48 \pm 1,69	9,46 \pm 1,02
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,1 4,1	1,26 \pm 1,19	0,2 8,3	2,03 \pm 2,21	0,1 5,1	1,89 \pm 1,61	0,1 7	2,35 \pm 2,06	0,1 3,6	1,44 \pm 1, 02	0,3 3	1,37 \pm 0,92	0,1 3,6	1,78 \pm 1,27	0,1 6,9	2,45 \pm 1,93	0,1 3,3	1,43 \pm 1,13	0,1 4,6	1,67 \pm 1,51	0,2 4,7	1,27 \pm 1,31	0,1 2,4	0,96 \pm 0,7	0,1 1,9	1,07 \pm 0,62	1,61 \pm 0,47
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,001 0,045	0,011 \pm 0,01	0,001 0,021	0,009 \pm 0,01	0,001 0,014	0,006 \pm 0,00 5	0,001 0,013	0,006 \pm 0,00 4	0,001 0,014	0,004 \pm 0,005	0,00 1 0,01 3	0,004 \pm 0,00 4	0,001 0,02	0,007 \pm 0,00 5	0,001 0,018	0,006 \pm 0,00 5	0,001 0,012	0,005 \pm 0,00 4	0,001 0,013	0,006 \pm 0,00 4	0,001 0,018	0,004 \pm 0,00 5	0,001 0,009	0,004 \pm 0,00 2	0,001 0,016	0,004 \pm 0,00 4	0,006 \pm 0,002
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,03 9,6	1,66 \pm 2,87	0,01 8,4	1,56 \pm 2,79	0,01 12,3	1,74 \pm 3,32	0,01 16	2,078 \pm 4,43	0,01 14,8	1,85 \pm 4, 18	0,01 10,4	1,54 \pm 3,12	0,01 10,7	1,58 \pm 3,11	0,01 14,6	1,99 \pm 4,31	0,01 13,1	1,83 \pm 3,7	0,01 18,6	2,55 \pm 5,3	0 17,1	1,93 \pm 4,75	0,01 15,3	1,69 \pm 4,24	0,01 22,6	2,19 \pm 6,18	1,86 \pm 0,29
NH ₄ ⁺ (mg/L)	2,62 5,84	4,24 \pm 1,06	1,29 4,89	2,77 \pm 0,99	2,32 5,5	4,43 \pm 0,97	2,14 5,8	4,18 \pm 1,36	2,16 5,61	3,89 \pm 1, 37	1,8 6,02	3,55 \pm 1,45	0,09 5,63	1,78 \pm 1,98	2,36 5,42	4,19 \pm 1,16	2,46 6,02	4,19 \pm 1,17	2,68 5,6	4,36 \pm 1,03	1,55 5,36	4,13 \pm 1,42	0,45 5,8	4,03 \pm 1,64	0,17 5,85	4,13 \pm 1,63	3,84 \pm 0,75
Alcalinité (mg/L)	6 16	11,23 \pm 2,77	6 16	11,38 \pm 2,75	6 16	12 \pm 3, 05	6 18	11,69 \pm 3,04	4 12	10,15 \pm 2,51	8 16	11,08 \pm 2,25	6 16	9,38 \pm 3,09	6 16	11,85 \pm 3,51	8 14	11,85 \pm 2,07	6 16	12,31 \pm 2,81	8 18	12,46 \pm 2,96	10 16	12,92 \pm 2,1	8 16	12,46 \pm 2,33	11,6 \pm 0,98
Mg ²⁺ (mg/L)	0,03 0,65	0,29 \pm 0,21	0,01 1,04	0,3 \pm 0, 28	0,02 0,43	0,21 \pm 0,15	0,01 0,69	0,23 \pm 0,2	1,7 4,3	0,34 \pm 0, 27	1,6 5,2	0,3 \pm 0, ,29	1,4 5,2	0,62 \pm 0,83	0,01 1,42	0,35 \pm 0,36	0,01 0,43	0,19 \pm 0,131	1,3 3,7	0,24 \pm 0,25	1,7 3,2	0,28 \pm 0,28	2,8 4,1	0,23 \pm 0,17	1,8 5	0,37 \pm 0,43	0,31 \pm 0,11
Ca ²⁺ (mg/L)	0,14 0,95	0,54 \pm 0,28	0,16 1,07	0,46 \pm 0,31	0,17 1,24	0,59 \pm 0,35	0,14 1,39	0,45 \pm 0,39	0,01 0,74	0,68 \pm 0, 37	0,01 1	0,56 \pm 0,23	0,03 2,68	0,51 \pm 0,45	0,13 0,97	0,42 \pm 0,32	0,1 1,42	0,61 \pm 0,5	0,02 0,97	0,64 \pm 0,44	0,01 1,11	0,75 \pm 0,49	0,01 0,57	0,65 \pm 0,43	0,01 1,62	0,67 \pm 0,38	0,58 \pm 0,1
Transparence (m)	1,15 3,7	2,13 \pm 0,72	1,1 4	2,27 \pm 0,87	0,7 4	2,27 \pm 0,84	1,4 4,8	2,57 \pm 0,95	0,1 1,27	2,97 \pm 0, 79	0,27 1,09	2,7 \pm 1 ,16	0,03 1,45	2,73 \pm 1,15	1,4 4,1	2,45 \pm 0,86	1,5 5,6	2,61 \pm 1,1	0,09 1,33	2,11 \pm 0,66	0,27 1,77	2,4 \pm 0 ,47	0,12 1,28	3,25 \pm 0,37	0,17 1,41	3,15 \pm 0,87	2,58 \pm 0,37

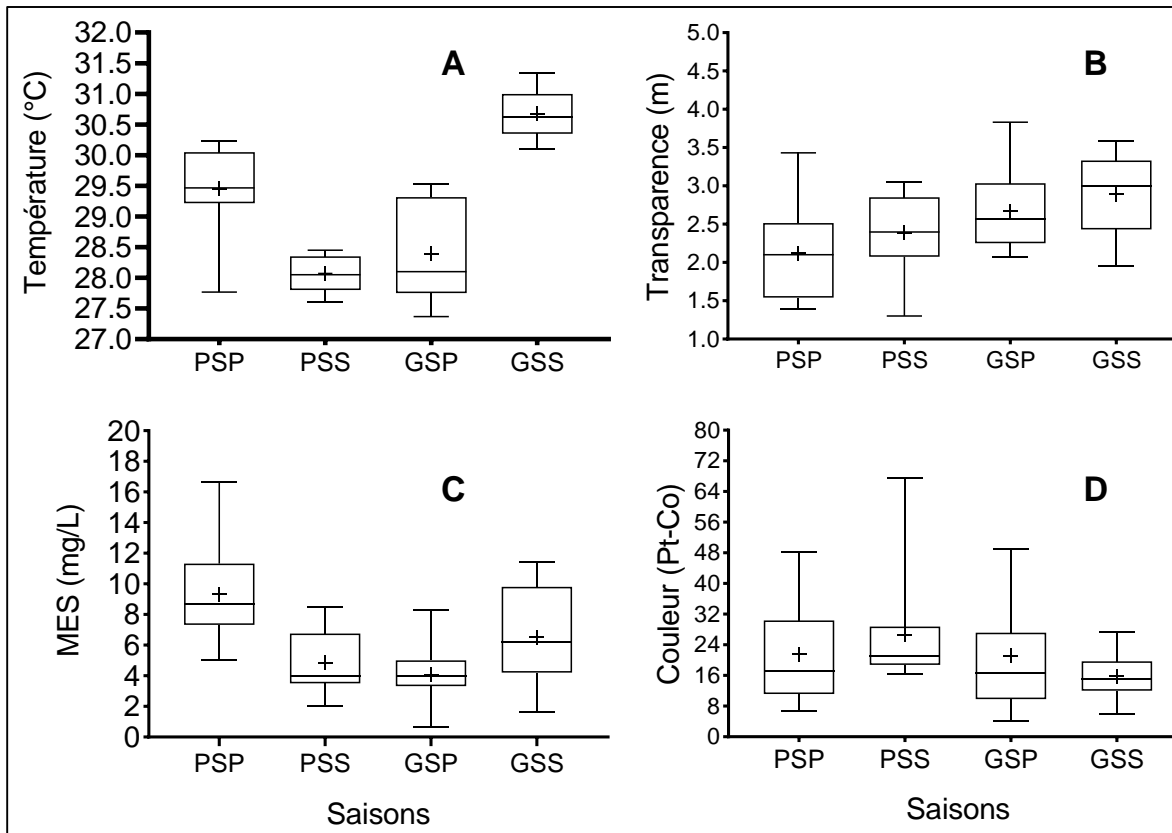


Figure 13 : Variation saisonnière de : A : Température, B : Transparence, C : MES et D : Couleur

III.1.1.2.3. Matières En Suspension (MES)

Les résultats des mesures de MES durant cette étude ont montré une faible concentration des eaux en MES avec des valeurs minimales de 0 mg/L de MES enregistrées à plusieurs points. Elles ont oscillé entre les différents points de prélèvement autour d'une faible valeur moyenne générale de $6,35 \pm 1,54$ mg/L (Tableau III). Au plan saisonnier, ces valeurs sont toujours restées faibles. Les MES ont varié entre une moyenne minimale ($4,08 \pm 2,06$ mg/L) pendant la grande saison des pluies (GSP) et une valeur moyenne maximale de ($9,33 \pm 2,95$ mg/L) enregistré pendant la PSP (Fig. 13C). Les valeurs de MES n'ont pas varié significativement ($P=0,937$; $\alpha \leq 0,05$) entre les différents points mais l'analyse des variances a montré des variations significatives entre les saisons ($P= 0,000$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.4. Couleur

La couleur de l'eau a été faible vu que les eaux sont claires et pauvres en MES. Au plan spatial, la couleur a varié autour d'une moyenne globale de $20,02 \pm 6,14$ Pt-Co. La valeur moyenne

la plus élevée a été enregistrée à l'embouchure de la Lobé montrant l'influence de la coloration maronne des eaux de la Lobé ($32,92 \pm 23,94$ Pt-Co) comparativement à la faible valeur de $9,15 \pm 12,25$ Pt-Co enregistrée à K12 qui ne subit aucune influence extérieure (Tableau III). Entre les saisons, les valeurs de couleur de l'eau sont basses pendant la GSS ($15,77 \pm 5,77$ Pt-Co) et augmentent légèrement ($26,73 \pm 14,03$ Pt-Co) pendant la petite saison sèche (Fig. 13D). L'analyse des variances n'a montré aucune variation significative au plan spatial ($P=0,292$; $\alpha \leq 0,05$) mais la couleur a plutôt varié au plan saisonnier ($P=0,01$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2. Caractéristiques chimiques et pigment chlorophyllien

III.1.1.2.1. pH

Le pH des eaux de la zone côtière de Kribi est basique. Il varie autour d'une moyenne de $8,53 \pm 0,11$ U (Tableau III). Les saisons ont une influence moindre sur ce paramètre qui varie entre $8,36 \pm 0,31$ (GSP) et $8,61 \pm 0,06$ (GSS) et autour d'une moyenne générale de $8,52 \pm 0,11$ U.C (Fig. 14A). Aucune différence significative n'a été au plan spatial ($P=0,465$; $\alpha \leq 0,05$) et saisonnier ($P=0,125$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.2. Oxygène dissous (O₂)

Les eaux de la zone côtière de Kribi montrent au cours de cette étude une très bonne oxygénation. L'O₂ dissous a varié au plan spatial entre 76,2 % (K9) et 99,6 % (K3) et autour d'une moyenne générale de $89,56 \pm 1,13$ % (Tableau III). Sur le plan saisonnier, les eaux étudiées sont légèrement plus oxygénées pendant la GSP ($96,1 \pm 1$ %) comparativement à la GSS au cours de laquelle le pourcentage de saturation en O₂ dissous a été de $81,27 \pm 4,32$ % (Fig. 14B). Ces données n'ont pas significativement varié entre les points de prélèvement ($P=0,93$; $\alpha \leq 0,05$) mais ont varié entre les saisons ($P=0,000$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.3. Gaz carbonique (CO₂)

La concentration de l'eau en CO₂ dans la zone d'étude a été faible. Elle a oscillé autour d'une valeur moyenne minimum de CO₂ a été $8,39 \pm 2,89$ mg/L de CO₂ enregistrée à K3 et une moyenne maximum de $11,78 \pm 2,31$ mg/L de CO₂ enregistrée à K1 (Tableau III). Les variations saisonnières quant à elles montrent une baisse du CO₂ dans l'eau pendant la GSP ($7,9 \pm 1,63$ mg/L de CO₂) et sa légère augmentation pendant la PSS ($10,9 \pm 1,59$ mg/L de CO₂) (Fig. 14C). Les teneurs

de l'eau en CO₂ ont fluctué significativement entre les points d'étude (P=0, 038 ; $\alpha \leq 0,05$) et les saisons (P=0, 0001 ; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.4. Solides Totaux Dissous (TDS)

Les valeurs de TDS ont été faibles aux point P6 et P7 sous influence fluviale et élevés dans les autres points de prélèvement. Les valeurs moyennes les plus faibles ont été enregistrées à K7 (12,39±6,98 ppt) et les plus élevées à K13 (20,88±2,18 ppt) et oscillent autour d'une valeur moyenne générale de 18,62±2,41 ppt (Tableau III). Quant à la variation saisonnière, la baisse des TDS dans l'eau a été observée pendant la GSP (13,63±3,92 ppt) alors que les valeurs moyennes Max de 20,84±1,42 ppt a été observée durant la GSS (Fig. 14D). Les TDS ont varié significativement entre les points d'étude (P=0, 005 ; $\alpha \leq 0,05$) et saisons (P=0, 000 ; $\alpha \leq 0,05$).

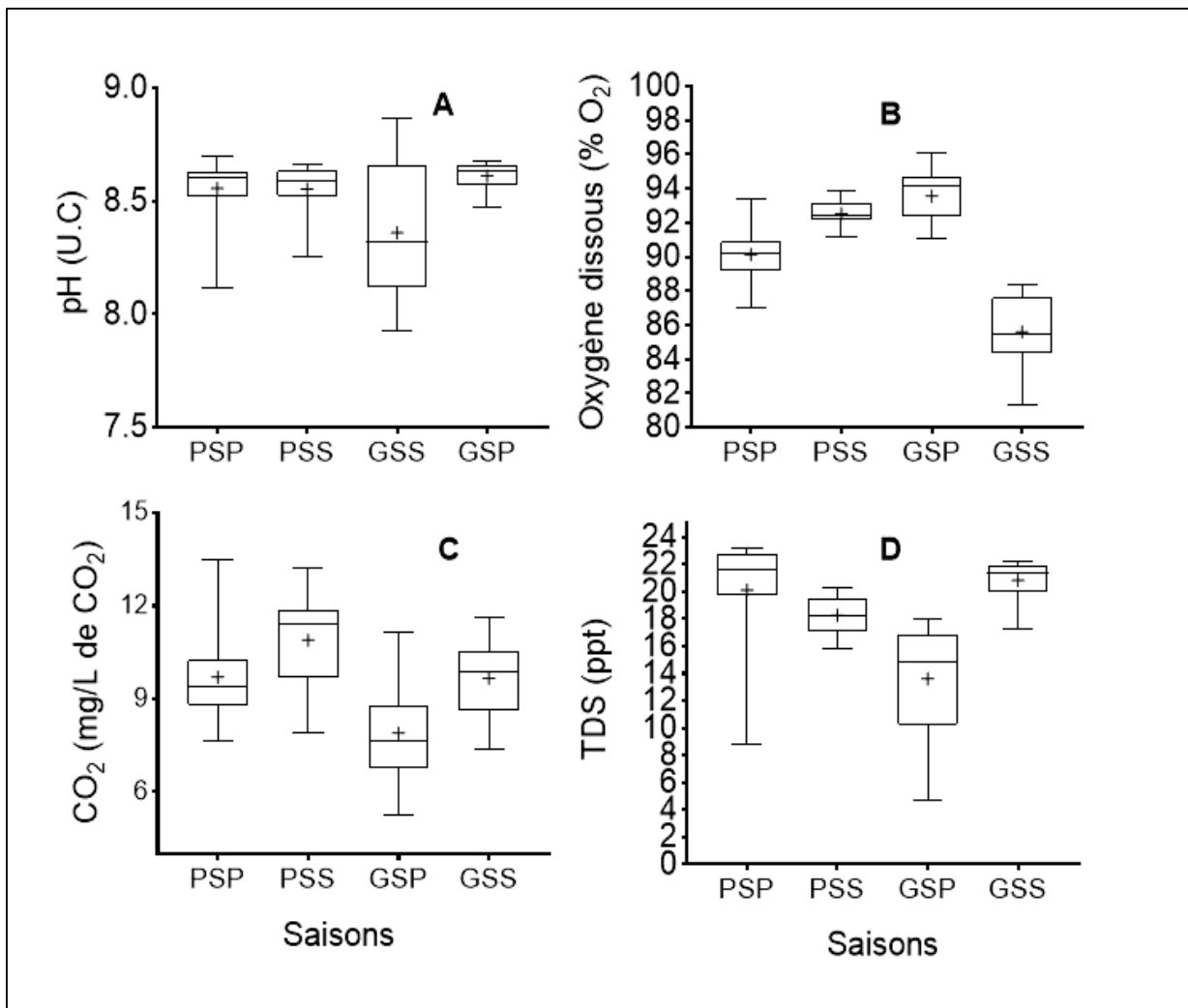


Figure 14 : Variation saisonnière de : A : pH, B : O₂ dissous, C : CO₂ dissous et D : TDS

III.1.1.2.5. Conductivité électrique

Comme les TDS, la conductivité électrique a été sous l'influence des eaux douces dans les points placés aux embouchures. Les valeurs moyennes les plus faibles ont été enregistrées à K7 ($17,42 \pm 9,7$ mS/cm) et les plus élevées à K13 ($29,25 \pm 3,37$ mS/cm) et la conductivité a dans l'ensemble oscillé autour d'une valeur moyenne générale de $26,1 \pm 3,33$ mS/cm (Tableau III). Au plan saisonnier, la plus faible valeur moyenne de conductivité a été obtenue pendant la GSP ($18,96 \pm 5,39$ mS/cm) et la plus élevée pendant la GSS ($29,3 \pm 2,06$ mS/cm) (Fig. 15A). La conductivité a également varié significativement entre les différents points d'étude ($P=0,009$; $\alpha \leq 0,05$) et les saisons ($P=0,0001$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.6. Salinité

La salinité de l'eau a suivi le même profil de variation que les TDS et la conductivité durant la période de l'étude. Les valeurs moyennes les plus faibles ont été enregistrées à K7 ($10,12 \pm 5,98$ g/L) et les plus élevées à K13 ($17,55 \pm 1,99$ g/L) avec une moyenne générale de $15,5 \pm 2,13$ g/L (Tableau III). Pour ce qui est de la variation saisonnière, la plus faible valeur moyenne de salinité a été aussi obtenue pendant la GSP ($11,04 \pm 3,38$ g/L) et la plus élevée durant la GSS ($17,51 \pm 1,3$ g/L) (Fig. 15B). Les données enregistrées ont aussi varié significativement ($P=0,004$; $\alpha \leq 0,05$) entre les points d'étude et les saisons ($P=0,001$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.7. Alcalinité

Les valeurs de l'alcalinité enregistrées au cours de cette étude ont montré que les eaux de la zone d'étude sont alcalines. Ces ont varié au plan spatial entre $9,38 \pm 3,09$ mg/L de HCO_3^- (K7) et $12,92 \pm 2$ mg/L de HCO_3^- (K12) et autour d'une valeur moyenne générale de $11,6 \pm 0,98$ mg/L de HCO_3^- (Tableau III). Au plan saisonnier, la fluctuation des données montre une baisse de l'alcalinité des eaux pendant la GSP ($6 \pm 0,48$ mg/L de HCO_3^-) et une augmentation pendant la GSS ($15,2 \pm 1,6$ mg/L de HCO_3^-) (Fig. 15C). Les valeurs d'alcalinité enregistrées n'ont pas varié significativement entre les points prélèvements ($P=0,064$; $\alpha \leq 0,05$) mais plutôt elles ont varié entre les saisons ($P=0,000$; $\alpha \leq 0,05$).

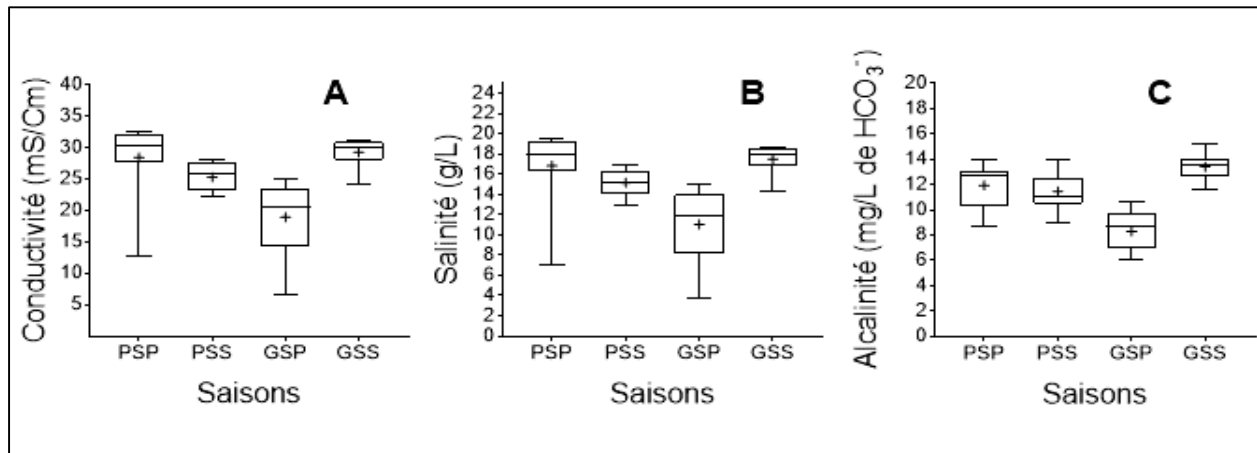


Figure 15 : Variation saisonnière de la Conductivité (A), Salinité (B), Alcalinité (C)

III.1.1.2.8. Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Les concentrations en azote ammoniacal obtenues au cours de cette étude sont moyennes. Le NH₄⁺ a varié au plan spatial entre 1,78±1,98 mg/L de NH₄⁺ (K7) et 4,43±0,97 mg/L de NH₄⁺ (K3) et autour d'une moyenne générale de 3,84±0,75 mg/L de NH₄⁺ (Tableau III). Sur le plan saisonnier en revanche, le NH₄⁺ a oscillé entre 2,38±0,4 mg/L de NH₄⁺ pendant la GSP et 4,51±1,44 mg/L de NH₄⁺ pendant la PSP (Fig. 16A). Ces concentrations en azote ammoniacal ont varié significativement entre les différents points de prélèvement (P=0,001 ; $\alpha \leq 0,05$) et les saisons (P=0,001 ; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.9. Nitrite (NO₂⁻)

Les teneurs de l'eau en NO₂⁻ ont été très faibles au cours de cette étude et les valeurs enregistrées ont oscillé autour d'une moyenne générale de 0,006±0,002 mg/L de NO₂⁻ (Tableau III). Bien que la concentration en nitrites soit faible dans l'ensemble, il a été remarqué une diminution de cette concentration pendant la PSP soit 0,002±0,001 mg/L de NO₂⁻ et une légère augmentation de leurs teneurs au cours de la GSP soit 0,008±0,005 mg/L de NO₂⁻ (Fig. 16B). Les nitrites n'ont pas varié significativement (P=0,195 ; $\alpha \leq 0,05$) entre les points de prélèvement contrairement à la variation saisonnière qui a été significative (P=0,001 ; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.10. Nitrate (NO₃⁻)

Les teneurs de l'eau en NO₃⁻ n'ont pas assez varié dans la zone d'étude. Les nitrates ont varié entre 0,96±0,7 mg/L de NO₃⁻ (K12) et 2,45±1,93 mg/L de NO₃⁻ (K8) et autour d'une valeur moyenne générale de 1,61±0,47 mg/L de NO₃⁻. Les nitrates sont plus concentrés dans les points de

prélèvement à forte activité humaine tels que K2 ($2,03 \pm 2,21$ mg/L de NO_3^-), K4 ($2,35 \pm 2,06$ mg/L de NO_3^-) et K8 ($2,45 \pm 1,93$ mg/L de NO_3^-) (Tableau III). Au plan saisonnier, il a été remarqué un apport supplémentaire des nitrates dans le milieu étudié pendant la GSP ($1,96 \pm 1,07$ mg/L de NO_3^-) et la PSS ($2,6 \pm 1,05$ mg/L de NO_3^-) et une faible concentration pendant la PSP ($0,45 \pm 0,12$ mg/L de NO_3^-) (Fig. 16C). L'analyse des variances n'a pas montré de variations significatives des teneurs de l'eau en nitrates les points étudiés ($P=0,585$; $\alpha \leq 0,05$) mais elles ont varié significativement ($P=0,000$; $\alpha \leq 0,05$) entre les saisons.

III.1.1.2.11. Orthophosphate (PO_4^{3-})

Les teneurs de l'eau en orthophosphates ont suivi un profil de variation similaire à celui des formes d'azotes. Parmi les points de prélèvement, les orthophosphates ont varié entre $1,54 \pm 3,12$ mg/L de PO_4^{3-} (K6) et $2,55 \pm 5,3$ mg/L de PO_4^{3-} (K10) et autour d'une valeur moyenne générale de $1,86 \pm 0,29$ mg/L de PO_4^{3-} (Tableau III). Pour ce qui est de la variation saisonnière des données, l'eau de l'océan est moins concentrée en PO_4^{3-} pendant la PSS ($0,025 \pm 0,009$ mg/L de PO_4^{3-}) contrairement à l'augmentation des concentrations obtenue pendant la PSP ($2,43 \pm 0,54$ mg/L de PO_4^{3-}) et la GSS ($3,16 \pm 0,87$ mg/L de PO_4^{3-}) (Fig. 16D). L'analyse des variances n'a pas montré de différences significatives entre les points de prélèvements ($P=0,997$; $\alpha \leq 0,05$) mais a plutôt montré des différences significatives entre toutes les saisons ($P=0,000$; $\alpha \leq 0,05$).

III.1.1.2.12. Dureté calcique (Ca^{2+})

Les valeurs moyennes de la dureté calcique montrent que les eaux étudiées sont très faiblement concentrées en calcium dont les concentrations ont varié autour de la moyenne globale de $0,58 \pm 0,1$ mg/L de Ca^{2+} (Tableau III). Bien que faible, les concentrations en calcium ont varié sur le plan saisonnier entre une valeur Min de $0,33 \pm 0,14$ mg/L de Ca^{2+} pendant la PSP et Max de $0,91 \pm 0,18$ mg/L de Ca^{2+} au cours de la GSP (Fig. 17A). Aucune différence significative de la fluctuation des données n'a été observée entre les différents points de prélèvement ($P=0,406$; $\alpha \leq 0,05$) mais elle a présenté de différences significatives ($P=0,000$; $\alpha \leq 0,05$) entre les saisons.

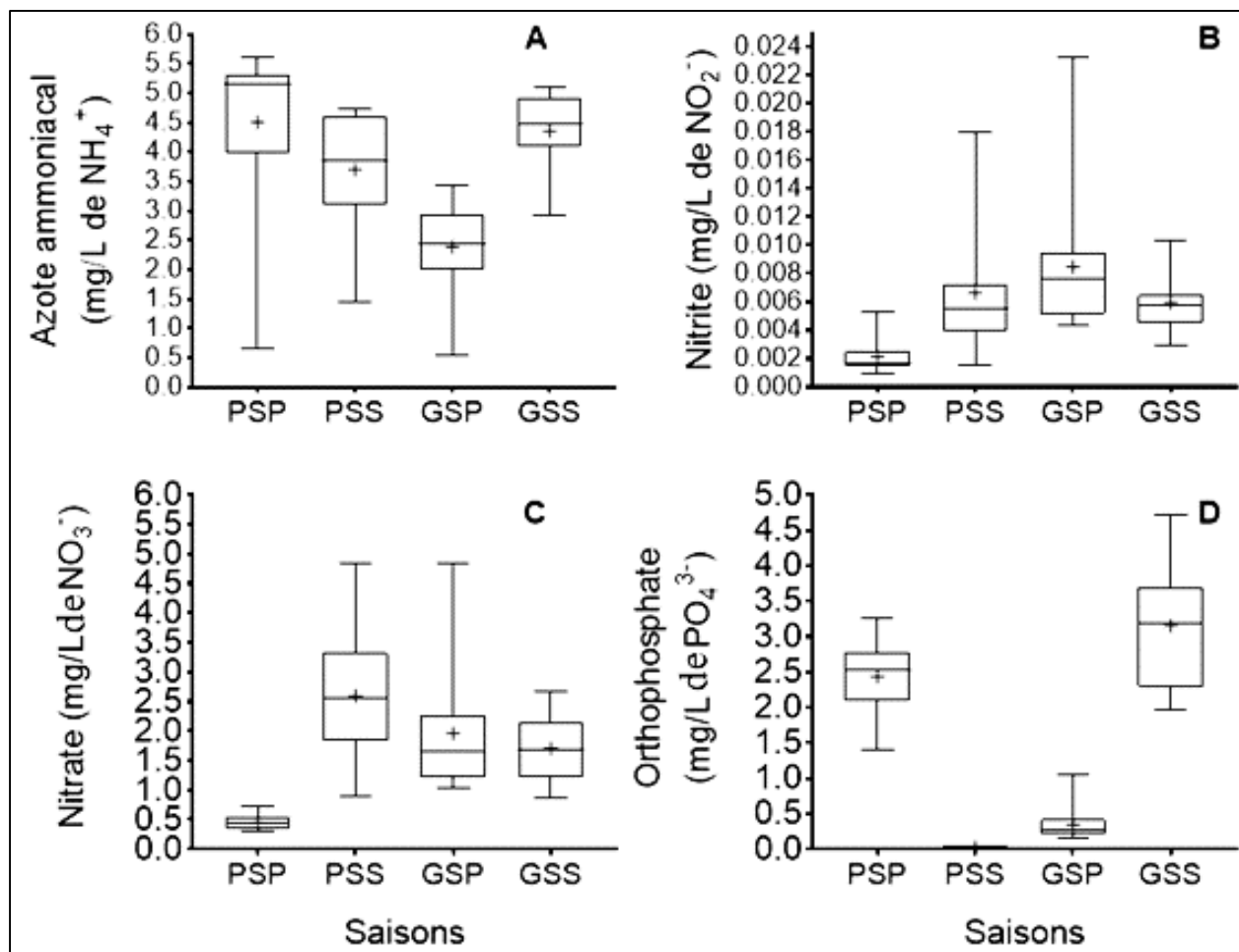


Figure 16 : Variation saisonnière de : A : NH_4^+ ; B : NO_2^- ; C : NO_3^- ; D : PO_4^{3-}

III.1.1.2.13. Dureté magnésienne (Mg^{2+})

Les teneurs de l'eau en magnésium ont été aussi très faiblement avec des valeurs moyennes n'atteignant pas 1 mg/L de Mg^{2+} . Ces valeurs ont oscillé autour d'une valeur moyenne globale de $0,31 \pm 0,11$ mg/L de Mg^{2+} (Tableau III). De même, au plan saisonnier, les résultats montrent aussi une faible concentration en magnésium durant toutes les saisons bien que la plus faible valeur moyenne a été notée pendant la PSS ($0,11 \pm 0,03$ mg/L de Mg^{2+}) et la plus élevée pendant la PSP ($0,46 \pm 0,16$ mg/L de Mg^{2+}) (Fig. 17B). Le magnésium a pas varié significativement entre les saisons uniquement ($P=0,001$; $\alpha \leq 0,05$).

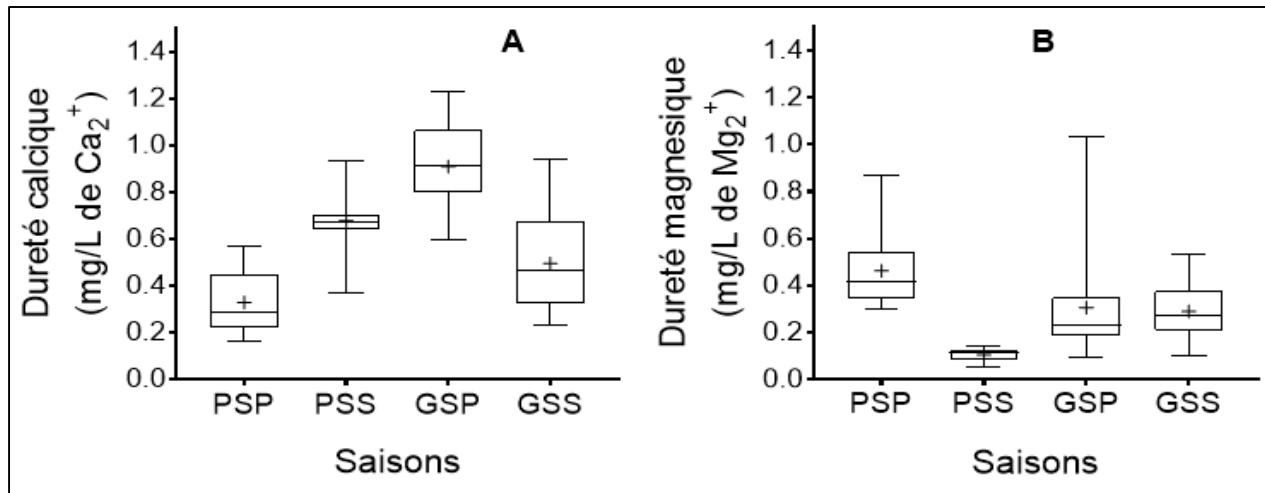


Figure 17 : Variation saisonnière de : A : Durété calcique (Ca²⁺) et B : Durété magnésique (Mg²⁺)

III.1.1.2.14. Chlorophylle « a » (Chl « a »)

La concentration en Chl « a » au cours de cette étude ont été faibles. Elle a présenté une variabilité au plan spatial entre des valeurs moyennes de 6,83±5,02 µg/L (K8) et 14,06±23,61 µg/L (K4) avec une moyenne générale 9,32±4,98 µg/L (Fig. 18A). Pour ce qui est de la variation saisonnière, les teneurs moyennes minimales ont été enregistrées durant la PSS (2,44±0,99 µg/L) et la GSP (3,06±1,29 µg/L) et tandis que la valeur moyenne maximale a été notée durant la PSP (15,91±5,18 µg/L) (Fig. 18B). L'analyse des variances n'a montré aucune différence significative entre les points de prélèvement (P=0,972 ; $\alpha \leq 0,05$) mais a montré des différences significatives au plan saisonnier (P=0,000 ; $\alpha \leq 0,05$).

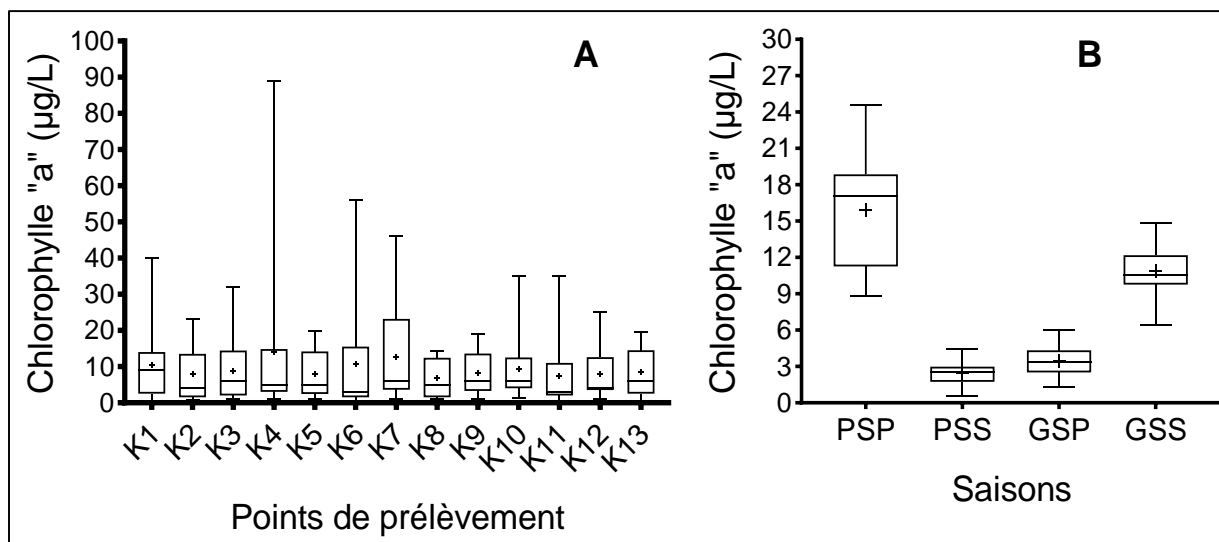


Figure 18 : Variations des teneurs en Chlorophylle « a ». A : variation spatiale ; B : variation saisonnière

III.1.2. Biodiversité phytoplanctonique de la zone côtière de Kribi

III.1.2.1. Composition qualitative du phytoplancton

La composition taxinomique de la microflore algale de la zone côtière de Kribi comprend au total 274 Espèces appartenant au Diatomées, Dinoflagellés, Flagellés. Cette diversité est un mélange d'espèces marines typiques, des eaux saumâtres et douces. Ces espèces sont en gros planctoniques et quelques unes sont thychoplanctoniques. Les Diatomées ont été le groupe dominant de cette composition taxinomique suivi des Dinoflagellés et les Flagellés peu représentés ont été spécifiques aux embouchures. Sur les 274 Espèces identifiées, 37 Espèces sont communes aux 13 points de prélèvement dont 27 Espèces de Diatomées et 10 Espèces de Dinoflagellés. En outre, 20 des espèces identifiées appartenant en majorité aux Dinoflagellés sont reconnues comme étant des espèces susceptibles de nuire à la santé des êtres humains, des animaux et de l'écosystème marin. Toutefois, une espèce utile à l'Homme pour la synthèse des Oméga-3 et en mariculture, *Odontella aurita* a été identifiée.

Les Diatomées sont représentées dans cette composition taxinomique par 192 Espèces et les Dinoflagellés par 60 Espèces, soit 70% et 22% du nombre total des Espèces identifiées respectivement. Les Flagellés quant à eux n'ont totalisé que 22 Espèces, soit 8% de la diversité totale (Fig. 19).

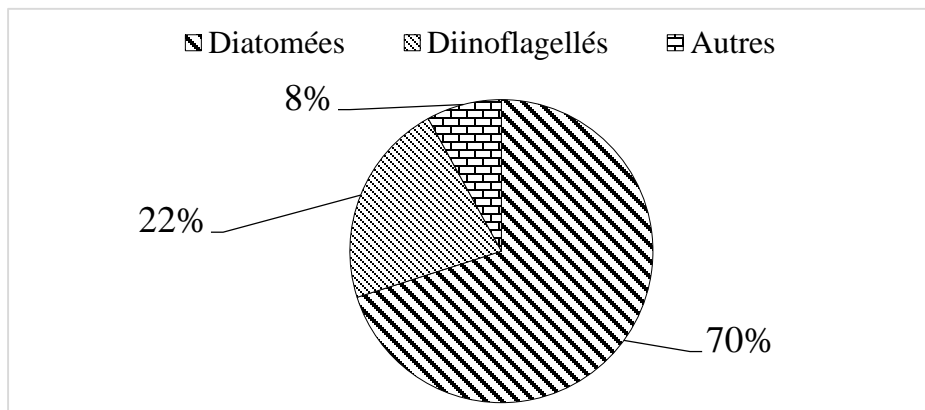


Figure 19 : Composition taxinomique relative du phytoplancton dans la zone d'étude

III.1.2.1.1. Composition taxinomique des Diatomées

Les Diatomées identifiées au cours de ce travail sont regroupées en 03 Classes, 29 Ordres et 44 Familles (Tableau IV). La Classe des Bacillariophyceae a été la plus diversifiée avec 13 Ordres, 22 Familles et 82 Espèces soit 42,71 % de la richesse spécifique totale des Diatomées. Elle est suivie de celle des Coscinodiscophyceae qui regroupe 08 Ordres, 14 Familles et 70 Espèces

représentant 36,46 % des Diatomées identifiées. Enfin la Classe des Fragilariophyceae a été représentée par 09 Ordres, 09 Familles et 40 Espèces dont 20,83 % des espèces de Diatomées (Fig. 20). Les Ordres de Naviculales (30 espèces), Chaetocerotales (19 espèces), Triceratiales (18 espèces), Biddulphiales (13 espèces), Coscinodiscales (13 espèces), Thalassiosirales (13 espèces) ont été les plus diversifiés parmi les 29 dénombrés. Les espèces benthiques ou tychoplanctoniques temporairement retrouvées parmi celles planctoniques sont des Diatomées. Il s'agit des espèces appartenant aux Genres *Nitzschia*, *Diploneis*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Amphora*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma*, *Caloneis* et *Fragilaria* (Tableau V). La Figure 21 montre quelques spécimens de Diatomées identifiées au cours de l'étude.

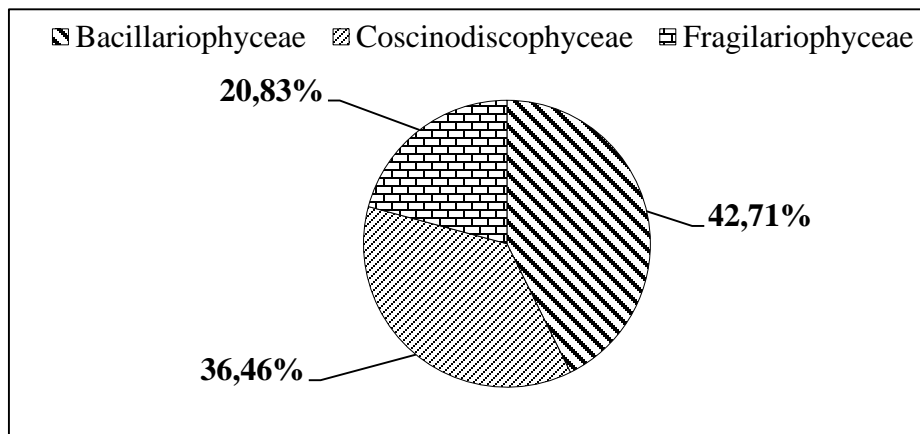


Figure 20 : Répartition relative des Classes de Diatomées dans la zone côtière de Kribi

Tableau V : Distribution des Classes, Ordres, Familles et Espèces appartenant aux Diatomées

Légende : (*) : Espèce utile ; (**) : Espèces potentiellement nuisibles

Classes	Ordres	Familles	Genres et espèces	Ecologie et quelques caractères morphologiques (WoRMS, 2025 ; AlgaeBase, 2025)
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp. (**)	Espèces Marines et saumâtres, libre ou fixée au substrat ; forme elliptique ; taille 15 - 70 µm de long et 4,5 – 21 µm de large
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis contermina</i>	Espèces marines et eaux douces, benthiques fixées aux substrat. Taille : 8 à 19 µm
	<i>Cocconeis</i> sp.			
	Ardissoneales	Ardissoneaceae	<i>Ardissonia formosa</i>	Espèce marine typique de forme allongée
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i> sp.	Les espèces <i>Nitzschia</i> sont ubiquistes mais le genre <i>Pseudo-nitzschia</i> est marin, estuarien et saumâtre. Les espèces du genre <i>Pseudo-nitzschia</i> produisent une toxine dangereuse pour les animaux marin et les humains. La surveillance de leur prolifération est importante pour prévenir les impacts sur la santé humaine et la faune océanique. Forme allongée de 5 - 200 µm de long et peut varier en fonction des espèces
			<i>Nitzschia closterium</i>	
			<i>Nitzschia fluminensis</i>	
			<i>Nitzschia longissima</i>	
			<i>Nitzschia lorenziana</i>	
			<i>Nitzschia sigma</i>	
			<i>Nitzschia sigmoidea</i> (**)	
			<i>Nitzschia vermicularis</i>	
			<i>Nitzschia</i> spp.	
			<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. (**)	
<i>Psammodictyon roridum</i>				
Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora abbreviata</i>	Espèces marines typique en forme d'éventail ; capacité à former des colonies attachées à des substrats. Espèces épiphytiques de 5 – 500 µm	
		<i>Licmophora ehrenbergii</i>		
		<i>Licmophora flabellata</i>		
		<i>Licmophora</i> spp.		

	Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella lyra</i>	Espèces marines et eaux douces benthiques et bioindicateurs de bonne qualité des eaux ; forme allongée de 100 µm environ	
			<i>Lyrella</i> sp.		
			<i>Petroneis</i> sp.		
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia perfecta</i>		Espèces marines et quelque fois saumâtre benthique ; valves elliptiques ; taille varie selon les espèces mais entre 26 - 56 µm de long
			Amphipleuraceae	<i>Amphiprora gigantea</i>	Espèces marines et eaux douces ; attachées à un substrat ou flottent librement ; bioindicateur de qualité de l'eau
	<i>Amphiprora paludosa</i>				
	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Caloneis elongata</i>	Espèces marines benthiques	
			<i>Caloneis</i> sp.		
		Berkeleyaceae	<i>Climaconeis lorenzi</i>	Espèces marines typiques épiphytes ou benthiques avec un raphé	
			<i>Climaconeis</i> sp.		
		Diploneidaceae	<i>Diploneis bombus</i>	Espèces marines, saumâtre et eaux douces benthiques de forme elliptique ou ovale ; bioindicatrices de la qualité de l'eau ;	
			<i>Diploneis smithii</i>		
			<i>Diploneis vacillans</i>		
			<i>Diploneis</i> sp.		
		Naviculaceae	<i>Haslea</i> sp.	Espèce marine benthique utilisée pour colorer les huîtres	
			<i>Meuniera membranacea</i>	Espèces marines et eaux douces benthique	
			<i>Navicula cruciculoides</i>	Espèces marines, saumâtre et eaux douces en forme de bateau jouant un rôle important dans le cycle du carbone	
<i>Navicula pavillardii</i>					
<i>Navicula</i> spp.					
<i>Trachyneis antillarum</i>			Espèces marines typiques (eaux côtières) benthiques ou pélagiques bioindicatrices de qualité des eaux		
<i>Trachyneis aspera</i>					
<i>Trachyneis</i> sp.					

		Scoliotropidaceae	<i>Scoliothrix</i> sp.	Espèce marine et eaux douces benthique	
		Plagiotropidaceae	<i>Ephemera planamembranacea</i>	Espèces marines benthiques	
			<i>Ephemera</i> sp.		
				<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	Diversité de milieux aquatique ; espèce benthique
		Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma elongatum</i>	Espèces marine et saumâtre ; principalement benthiques caractérisées par leurs formes allongées et sigmoïdes (en forme de S) ; taille : 90 – 600 µm ; source de nourriture au niveau benthique	
					<i>Pleurosigma formosum</i>
					<i>Pleurosigma intermedium</i>
					<i>Pleurosigma normanii</i>
					<i>Pleurosigma rigidum</i>
					<i>Pleurosigma strigosum</i>
					<i>Pleurosigma</i> spp.
			<i>Gyrosigma</i> sp.		
Rhabdonematales	Rhabdonemataceae		<i>Rhabdonema adriaticum</i>	Espèce marine et saumâtre benthique	
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae		<i>Epithemia adnata</i>	Espèce marine et eaux douces ; tychoplancton	
Striatellales	Striatellaceae		<i>Grammatophora marina</i>	Espèces marines ou saumâtres ; benthiques et parfois pélagiques, formant parfois des colonies	
			<i>Grammatophora oceanica</i>		
			<i>Grammatophora</i> sp.		
			<i>Striatella</i> sp.	Espèce marine et eaux douces tychoplancton	
Surirellales	Entomoneidaceae		<i>Entomonois paludosa</i>	Espèce marine benthique	
	Surirellaceae		<i>Campylodiscus ecclesianus</i>	Espèces benthiques particulièrement adaptées aux milieux saumâtres et hypersalins ; Espèces indicatrices de l'hypersalinisation des eaux	
			<i>Campylodiscus iyengarii</i>		
			<i>Campylodiscus parvulus</i>		
			<i>Campylodiscus</i> sp.		
		<i>Surirella fastuosa</i>			

			<i>Surirella robusta</i>	Espèces marines et eaux douces ; benthiques (sédiments) ; cellules relativement petites ou très grandes avec des formes isopolaires ou hétéropolaires
			<i>Surirella rorata</i>	
			<i>Surirella</i> sp.	
			<i>Petrodictyon gemma</i>	Espèce marine benthique
	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	Espèces marines (eaux côtières particulièrement) en forme d'aiguilles, allongées formant des structures en étoile ou zigzag
			<i>Thalassionema nitzchioides</i>	
			<i>Thalassiothrix</i> sp.	
	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora commutata</i>	Espèces marines et eaux douces ; avec plus de 1000 espèces décrites, <i>Amphora</i> est l'un des plus grands genres des Diatomées. Espèces benthiques aux extrémités pointues ou arrondies étudiées pour leur potentiel en aquaculture
			<i>Amphora laevis</i>	
			<i>Amphora marina</i>	
			<i>Amphora ovalis</i>	
			<i>Amphora proboscidea</i>	
			<i>Amphora proteus</i>	
<i>Amphora rhombica</i>				
<i>Amphora</i> sp.				
<i>Tetramphora lineolatooides</i>			Espèces marines et saumâtres benthiques	
<i>Tetramphora</i> sp.				
Coccinodiscophyceae	Asterolamprales	Asterolampraceae	<i>Asteromphalus cleveanus</i>	Espèces marines typiques planctoniques caractérisées par leurs formes discoïdes et la présence d'un espace central divisé en lobes
			<i>Asteromphalus flabellatus</i>	
			<i>Asteromphalus</i> sp.	
	Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Biddulphia alternans</i>	Espèces marines typiques (près des côtes) planctoniques individuelles ou pouvant former des colonies en ligne droite ; forme généralement elliptique avec des prolongements ou cornes aux
			<i>Biddulphia biddulphiana</i>	
			<i>Biddulphia pulchella</i>	
			<i>Biddulphia regia</i>	

			<i>Biddulphia regina</i>	pôles. Les cellules mesures généralement 80 à 440 μm	
			<i>Biddulphiopsis titiana</i>		
			<i>Biddulphia vesiculosa</i>		
			<i>Biddulphia</i> spp.		
			<i>Hydrosera triquetra</i>	Espèces marines typiques (près des côtes) planctoniques présentant des valvulaires ressemblant à deux triangles superposés	
			<i>Terpsinoe musica</i>	Espèces marines typiques planctoniques caractérisée par sa forme triangulaire	
			<i>Terpsinoe</i> sp.		
			<i>Trigonium formosum</i>	Espèces marines planctoniques de forme triangulaire ou polygonale	
			<i>Trigonium shadboltianum</i>		
	Coccinodiscales	Aulacodiscaceae		<i>Aulacodiscus argus</i>	Espèces marines principalement ; planctoniques de formes discoïde
				<i>Aulacodiscus</i> sp.	
		Coccinodiscaceae		<i>Coccinodiscus asteromphalus</i>	Espèces marines, mais aussi saumâtre ou eau douce ; planctoniques de formes discoïde, cylindrique ou légèrement excentrique pouvant atteindre 500 μm . C'est l'un des plus grands genre planctoniques avec plus de 400 espèces décrites
				<i>Coccinodiscus radiatus</i>	
				<i>Coccinodiscus oculus-iridis</i>	
				<i>Coccinodiscus jonesiana</i>	
<i>Coccinodiscus wailesi</i> (**)					
<i>Coccinodiscus</i> spp.					
<i>Palmeria hardmaniana</i>				Espèces marines planctoniques	
<i>Palmerina</i> sp.					
Hemidiscaceae		<i>Actynopticus boliviensis</i>	Espèces marines planctoniques ou benthiques ayant un rôle primordial dans la chaîne alimentaire		
		<i>Actinoptychus senarius</i>			
		<i>Grossienela tropica</i>	Espèces marines et eaux douces planctoniques		

	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus indicus</i>	Espèces marines (eaux côtières et en profondeur) ; certaines espèces sont symbiotiques vivant en association des organismes fixateurs d'azote
			<i>Hemiaulus haucky</i>	
			<i>Hemiaulus sinensis</i>	
			<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	Espèce marine benthique
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira distans</i>	Espèces marines et eaux douces planctoniques caractéristiques des eaux polluées
			<i>Melosira moniliformis</i>	
			<i>Melosira</i> sp.	
		Stephanopyxidaceae	<i>Stephanopyxis nipponica</i>	Espèce marine planctonique
	Paraliales	Paraliaceae	<i>Paralia sulcata</i>	Espèce marine tychoplanctonique
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella striata</i>	Divers environnements aquatiques ; espèce planctonique de forme circulaire ou ovale
			<i>Cyclotella stylonum</i>	
			<i>Cyclotella</i> spp.	
		Skeletonemataceae	<i>Detonula moseleyana</i>	Espèces marines et saumâtres planctoniques
			<i>Detonula pumila</i> (**)	
		Lauderiaceae	<i>Lauderia annulata</i>	Espèces marines planctoniques formant des chaînes
		Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira excentrica</i>	Espèces marines et eaux douces planctoniques parfois associées à des efflorescences algales ; forme circulaire ; espèces en forme de disque ou cylindrique ou sphérique pouvant s'agréger en chaînes grâce à des filaments organiques. La tailles est variable pouvant atteindre 100 µm
			<i>Thalassiosira ferelineata</i>	
<i>Thalassiosira hendeyi</i> (**)				
<i>Thalassiosira leptopus</i>				
<i>Thalassiosira oestrupii</i>				
<i>Thalassiosira punctigera</i>				
<i>Thalassiosira</i> spp.				
<i>Thalassiosira nobilis</i>				
Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Cerataulina dentata</i>		

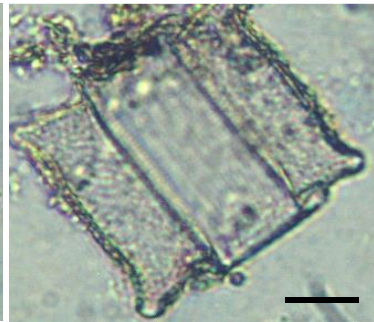
			<i>Cerataulus radiatus</i>	Espèces marines et saumâtres avec des valves circulaires ou elliptiques souvent ornées de crêtes, granules et épines qui peuvent être attachées à des grains de sable
			<i>Cerataulus turgidus</i>	
			<i>Cerataulus</i> sp.	
			<i>Odontella aurita</i> (*)	Espèces marines typique planctoniques étudiées pour leurs potentiels en aquaculture, production de biocarburants et leur richesse en nutriments en particulier les acides gras oméga-3 ; formes variées, certaines espèces sont solitaires et d'autres forment des chaînes. Espèces importantes dans les réseaux alimentaires océaniques
			<i>Odontella longicruris</i>	
			<i>Odontella mobiliensis</i>	
			<i>Odontella obtusa</i>	
			<i>Odontella sinensis</i> (**)	
			<i>Odontella regia</i>	
			<i>Odontella reticulata</i>	
			<i>Odontella rhombus</i>	
			<i>Odontella</i> spp.	
			<i>Pleurosira laevis</i>	
			<i>Triceratium antediluvianum</i>	Espèces marines planctoniques de formes triangulaires ou polygonales ou quadrangulaire ; excellentes bioindicatrices de la qualité de l'eau et des changements environnementaux
			<i>Triceratium favus</i>	
			<i>Triceratium pentacrinus</i>	
<i>Triceratium spinosum</i>				
Fragilariophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum delicatum</i>	Espèces marines typiques, principalement des eaux chaudes et tempérées planctoniques portant des soies disposées autour de la valve et formant des chaînes ; cellules petites et cylindriques souvent reliées en chaînes
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i> (**)	
			<i>Bacteriastrum minus</i>	
			<i>Chaetoceros affinis</i>	Espèces marines et saumâtres largement répandues dans les eaux côtières et océaniques pouvant provoquer des proliférations algales nuisibles ;
			<i>Chaetoceros armatus</i>	
			<i>Chaetoceros coarctatus</i>	

			<i>Chaetoceros danicus</i>	certaines espèces présentent des préférences saisonnières et d'autres sont dotées de soies qui leurs permettent de se maintenir en suspension
			<i>Chaetoceros decipiens</i>	
			<i>Chaetoceros didymus</i>	
			<i>Chaetoceros distans</i>	
			<i>Chaetoceros diversus</i> (**)	
			<i>Chaetoceros lacinosus</i>	
			<i>Chaetoceros laevis</i>	
			<i>Chaetoceros lorenzianus</i> (**)	
			<i>Chaetoceros paradoxus</i>	
			<i>Chaetoceros peruvianus</i> (**)	
			<i>Chaetoceros socialis</i>	
			<i>Chaetoceros</i> spp.	
Climacospheniales	Climacospheniaceae		<i>Climacosphaenia moniligera</i>	Espèces marines ; diatomées pennées en forme de plume dont les espèces sont soit planctoniques, soit benthiques
			<i>Climacosphaenia</i> sp.	
Corethrales	Corethraceae		<i>Corethron histrix</i>	Espèces marines typique planctoniques
Fragilariales	Fragilariaceae		<i>Fragilaria crotenensis</i>	Espèces marines et eaux douces planctoniques ou benthiques de forme allongée ou étroite formant des colonies
			<i>Fragilaria</i> sp.	
			<i>Podocystis adriatica</i>	Espèces marines tropicales et subtropicales épiphytes
Lithodesmiales	Bellerocheaceae		<i>Bellerochea horologicalis</i>	Espèces marines planctoniques
			<i>Bellerocera malleus</i>	
	Streptothecaceae		<i>Helicotheca tamesis</i>	Espèces marines typiques planctoniques assemblées en colonies spiralées ou rubanées
			<i>Helicotheca</i> sp.	
Leptocylindrales	Leptocylindraceae		<i>Leptocylindrus danicus</i>	Espèce marine planctonique

	Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	Espèces marines typiques planctoniques en forme rectangulaire en vue cingulaire et triangulaire en vue valvaire
			<i>Ditylum sol</i>	
			<i>Lithodesmium undulatum</i>	Espèces marines planctoniques
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia flacida</i>	Espèces marines et saumâtres planctoniques
			<i>Guinardia striata</i>	
			<i>Neocalyptrella robusta</i>	Espèces marines et eaux douces benthiques
			<i>Dactyliosolen</i> sp.	Espèces marines et saumâtres planctoniques
			<i>Proboscia alata</i>	Milieu marin ; Espèce planctonique planctonique
			<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	Espèce marine planctonique
	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Espèce marine planctonique		



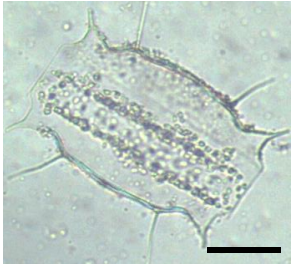
Odontella aurita



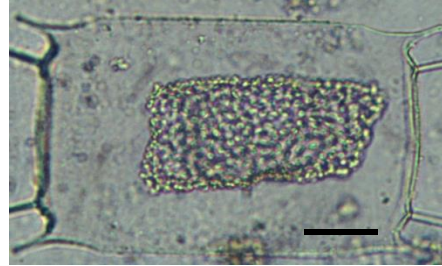
Odontella reticulata



Odontella mobiliensis



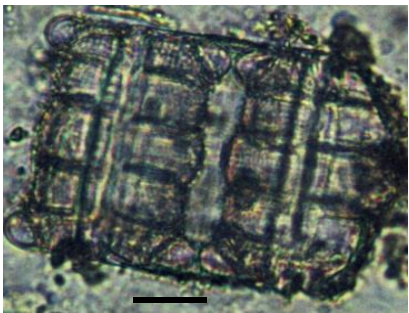
Odontella regia



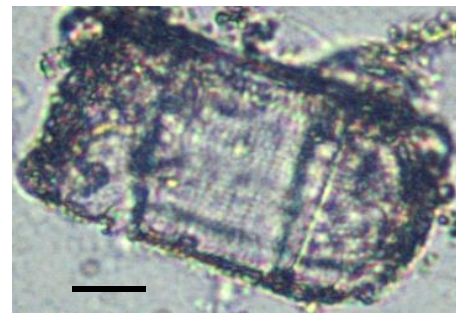
Odontella longicrusis



Odontella sp



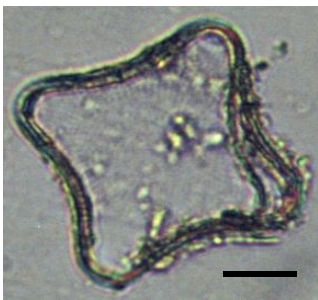
Biddulphia bidulphiana



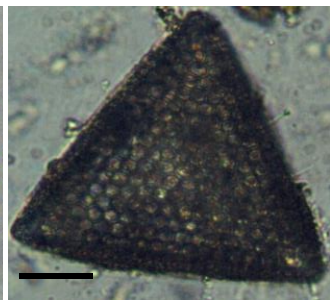
Bidulphia pulchella



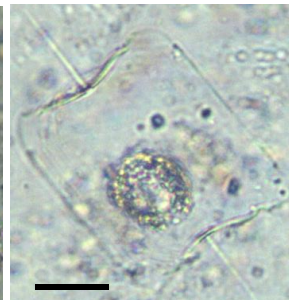
Biddulphia sp



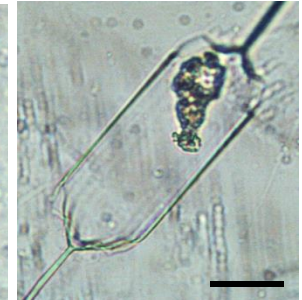
Biddulphia vesiculosa



Triceracium favus



Ditylum sol



Ditylum brightwellii



Gyrosigma sp



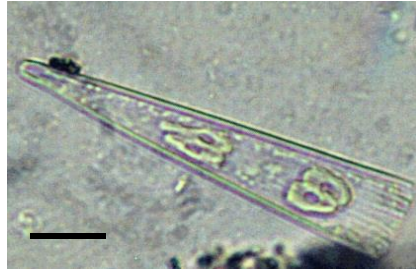
Pleurosigma elongatum



Pleurosigma sp



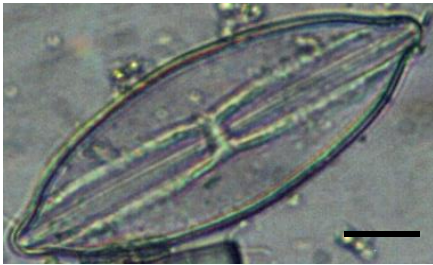
Licmophora flabellata



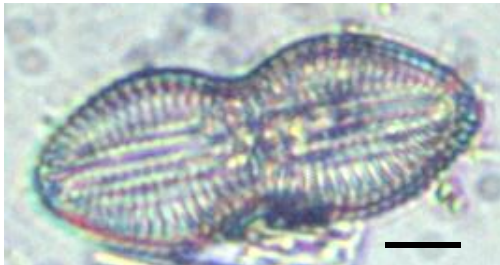
Licmophora sp



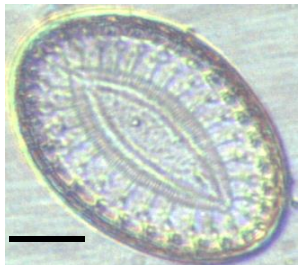
Licmophora ehrenbergii



Lyrella lyra



Diploneis bombus



Surirella fastuosa



Campylodiscus parvulus



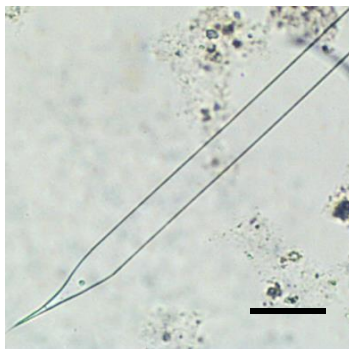
Campylodiscus iyengarii



Campylodiscus sp



Pseudosolenia calcar



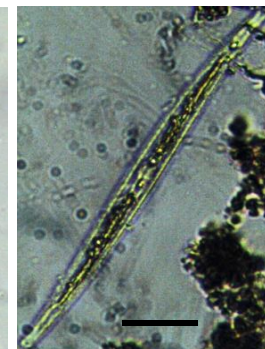
Proboscia alata



Nitzchia sigmoidea



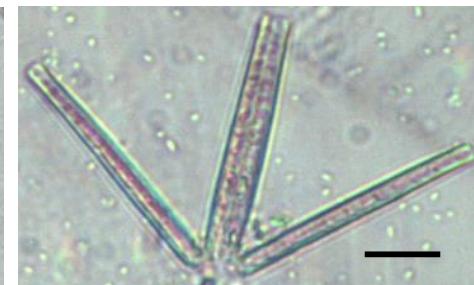
Nitzchia longissima



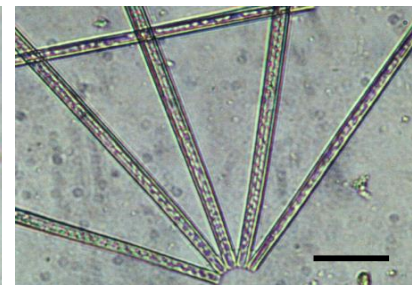
Nitzchia sp



Nitzchia rectilonga



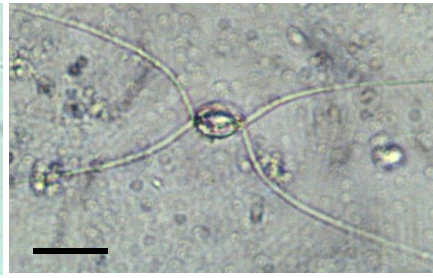
Thalassionema nitzschioides



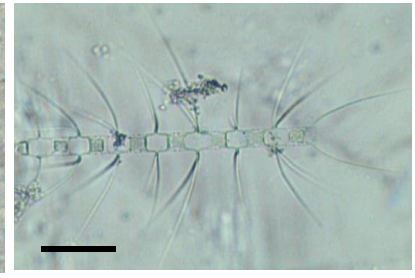
Thalassionema frauenfeldii



Chaetoceros perivianus



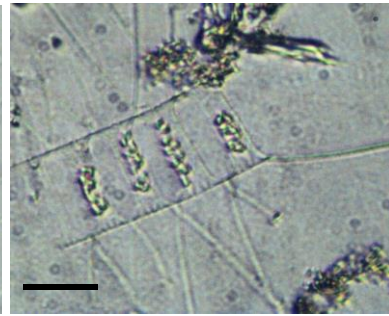
Chaetoceros socialis



Chaetoceros lacinosus



Chaetoceros diversus



Chaetoceros lorenzianus



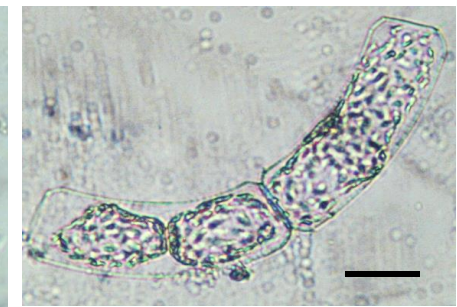
Chaetoceros decipiens



Lithodesmium undulatum



Neocalyptrella robusta



Guinardia striata



Guinardia flacida



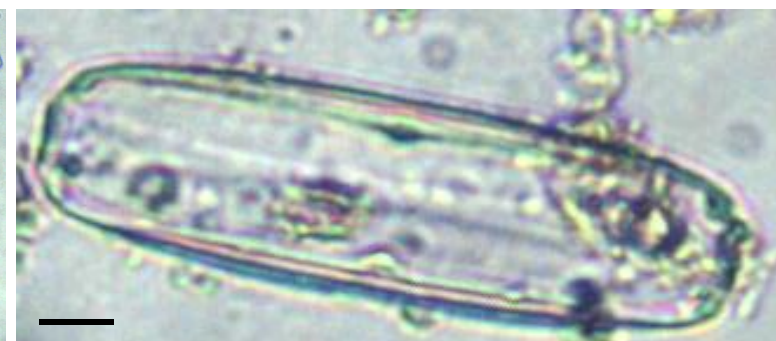
Bacillaria sp



Psammodictyon roridum



Climacosphaenia moniligera



Trachyneis antillarum

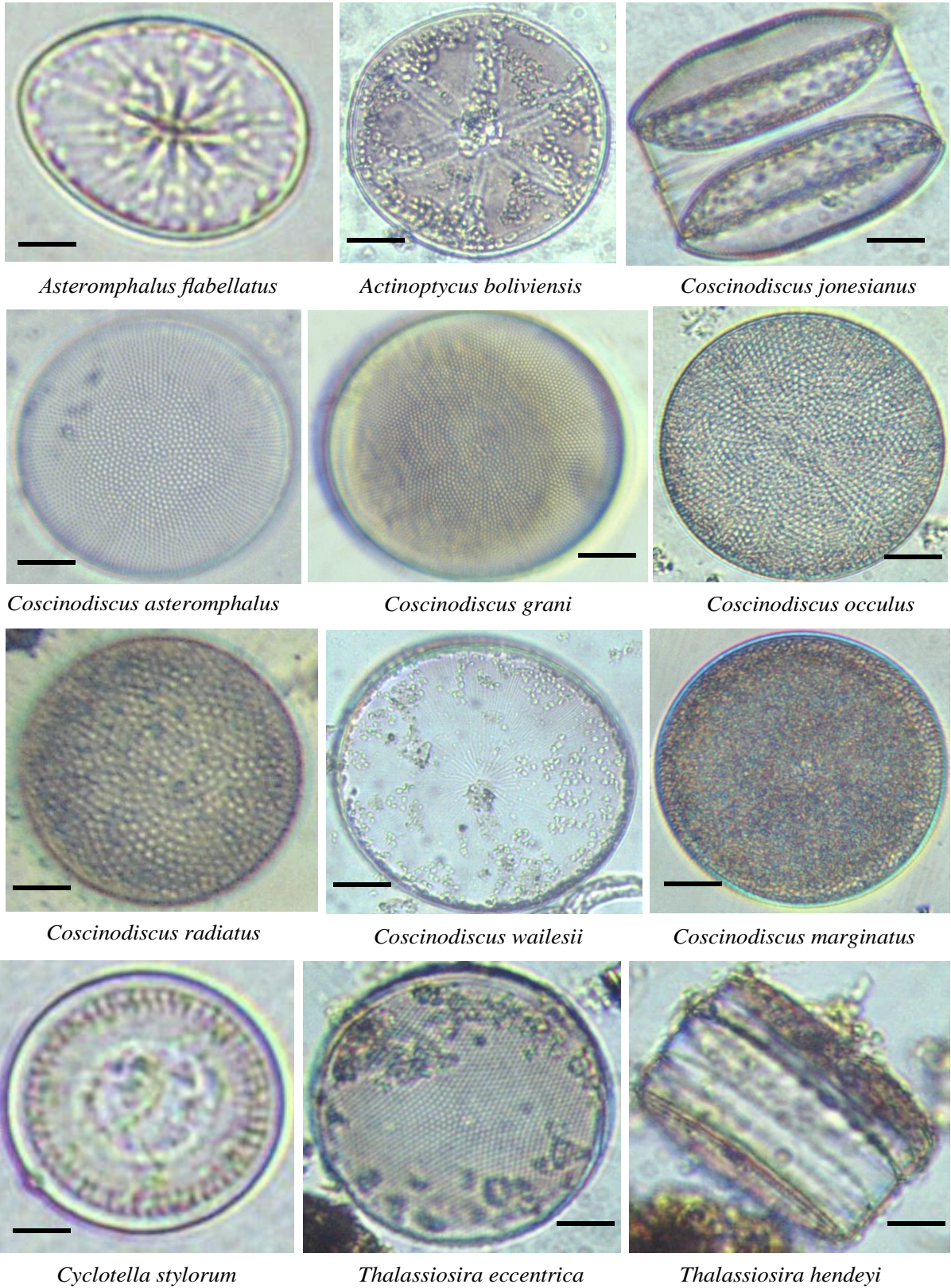


Figure 21 : Quelques spécimens de Diatomées identifiées (Owona Edoa, 2025)

III.1.2.1.2. Composition taxonomique des Dinoflagellés

Les Dinoflagellés identifiés au cours de cette étude se répartissent en 02 Classes, 06 Ordres et 16 Familles (Tableau VI). La Classe des Desmophyceae a été la plus diversifiée avec 34 espèces représentant 56,67 % (Fig. 22) de la richesse spécifique des Dinoflagellés, 05 Ordres et 08 Familles alors de la seconde, celle des Dinophysaceae est composée de 02 Ordres, 08 Familles et 26 Espèces soit 43,33 % des Dinoflagellés (Fig. 22). Les Ordres des Gonyaulacales et Peridinales ont été les plus diversifiés de ce groupe avec respectivement 26 et 20 espèces (Tableau VI). La Figure 23 montre quelques spécimens de Dinoflagellés identifiés au cours de l'étude.

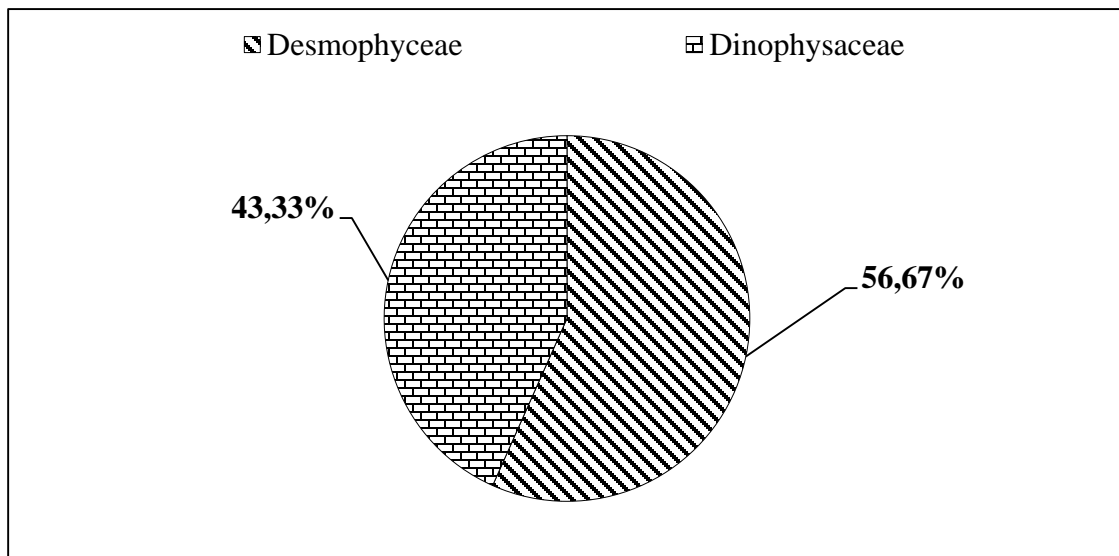


Figure 22 : Répartition relative des Classes de Dinoflagellés dans la zone côtière de Kribi

Tableau VII : Distribution des Classes, Ordres, Familles et Espèces appartenant aux Dinoflagellés

Légende : (**): Espèces potentiellement nuisibles

Classes	Ordres	Familles	Genres et espèces	Ecologie et quelques caractères morphologiques (WoRMS, 2025 ; AlgaeBase, 2025)
Desmophyceae	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	Espèces marines aplatie latéralement capable de produire les toxines responsables de graves empoisonnement à symptômes diarrhéiques chez les consommateurs de coquillages contaminés
			<i>Dinophysis caudata</i> (**)	
			<i>Dinophysis</i> sp.	
			<i>Ornithocercus magnificus</i>	Espèce marine souvent présente en profondeur au dessous de zone euphotique
	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium azoricum</i>	Espèces marines à cornes ramifiées permettant de maintenir la flottabilité. Elles ont une adaptation unique qui leur permet de stocker des composés dans une vacuole qu'elles peuvent utiliser pour la croissance lorsque les nutriments deviennent indisponibles. Leur prolifération épuise l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui est connu pour provoquer la mortalité des poissons.
			<i>Ceratium bigelowii</i>	
			<i>Ceratium breve</i>	
			<i>Ceratium contortum</i>	
			<i>Ceratium delicatum</i>	
			<i>Ceratium dens</i>	
			<i>Ceratium furca</i> (**)	
			<i>Ceratium fusus</i>	
			<i>Ceratium horridum</i>	
			<i>Ceratium macroceros</i> (**)	
			<i>Ceratium massiliens</i>	
<i>Ceratium symmetricum</i>				
<i>Ceratium trichoceros</i>				
<i>Ceratium tripos</i>				

			<i>Ceratium vultur</i>			
			<i>Ceratium</i> spp.			
	Gonyaulacales	Cladopyxidaceae		<i>Cladopyxis hemibrachiata</i>	Espèces marines benthiques	
				<i>Cladopyxis</i> sp.		
		Goniodomataceae			<i>Alexandrium tamarense</i> (**)	Espèce marine connue pour produire des toxines pouvant causer des intoxications paralytiques
					<i>Goniodoma polyedricum</i>	Producteur primaire marin cosmopolite (toxique)
					<i>Pyrodinium bahamense</i> (**)	Espèce marine pouvant former des proliférations massives et produire des saxitoxines (neurotoxines)
		Gonyaulacaceae			<i>Gonyaulax</i> sp.	Espèces pouvant former des marrées rouges et produire des toxines (yessotoxines)
					<i>Protoceratium reticulatum</i>	Espèces planctoniques communes des eaux côtières de petite taille.
					<i>Protoceratium</i> sp.	
		Pyrophacaceae			<i>Pyrophacus horologium</i>	Espèces marines (eaux côtières) en forme de disque ayant la capacité de produire la lumière
					<i>Pyrophacus steinii</i>	
	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae		<i>Gymnodinium catenatum</i> (**)	Espèces pélagiques marines et d'eaux douces ovoïdes ou sphériques sans thèque connues pour causer des prolifération parfois toxiques	
				<i>Gyrodinium impudicum</i> (**)		
				<i>Gymnodinium</i> sp.		
Noctilucales	Noctilucaceae		<i>Nocticula</i> sp. (**)	Espèces marines bioluminescentes pouvant former des marrées rouges		
Dinophysaceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum compressum</i>	Espèces marines planctoniques et benthiques connues pour produire des toxines diarrhéques qui contamine les coquillages et pouvant former des proliférations massives. Elles sont de formes variées avec l'ornementation de la thèque et des projections apicales.		
			<i>Prorocentrum gracile</i> (**)			
			<i>Prorocentrum micans</i> (**)			
			<i>Prorocentrum sigmoides</i>			
			<i>Prorocentrum</i> sp.			

	Peridinales	Kolkwitziellaceae	<i>Diplopsalis lenticula</i>	Dinoflagellés théqués hétérotrophes pouvant être associés à des environnements eutrophes
			<i>Diplopelta parva</i>	
		Ostreopsidaceae	<i>Ostreopsis</i> sp.	Espèces marines benthiques des eaux côtières chaudes
		Proto-peridiniaceae	<i>Proto-peridinium biconicum</i>	Dinoflagellés hétérotrophes des eaux cotières et océaniques qui jouent le rôle de prédateurs de phytoplancton et d'autres micro-organismes en contrôlant ainsi leur population. Les espèces sont caractérisées par une grande diversité de forme. Certaines sont sphériques avec un épithèque en forme de dôme et une hypothèque arrondie
			<i>Proto-peridinium cerasus</i>	
			<i>Proto-peridinium curtipes</i>	
			<i>Proto-peridinium conicum</i>	
			<i>Proto-peridinium crassipes</i> (**)	
			<i>Proto-peridinium depressum</i>	
			<i>Proto-peridinium divergens</i> (**)	
			<i>Proto-peridinium leonis</i>	
			<i>Proto-peridinium oblongum</i>	
			<i>Proto-peridinium pellucidum</i>	
			<i>Proto-peridinium pentagonum</i>	
		<i>Proto-peridinium punctulatum</i>		
<i>Proto-peridinium steinii</i> (**)				
<i>Proto-peridinium</i> spp.				
Peridiniaceae	<i>Peridinium pentagonum</i>	Espèce marine et d'eaux douces mixotrophes		
Podolampadaceae	<i>Podolampas elegans</i>	Espèce marine photosynthétique		
Proto-peridiniaceae	<i>Preperidinium meunieri</i>	Espèce marine et eaux douces hétérotrophes		
Peridinideae	<i>Spiraulax</i> sp.	Espèces photosynthétiques/hétérotrophes		

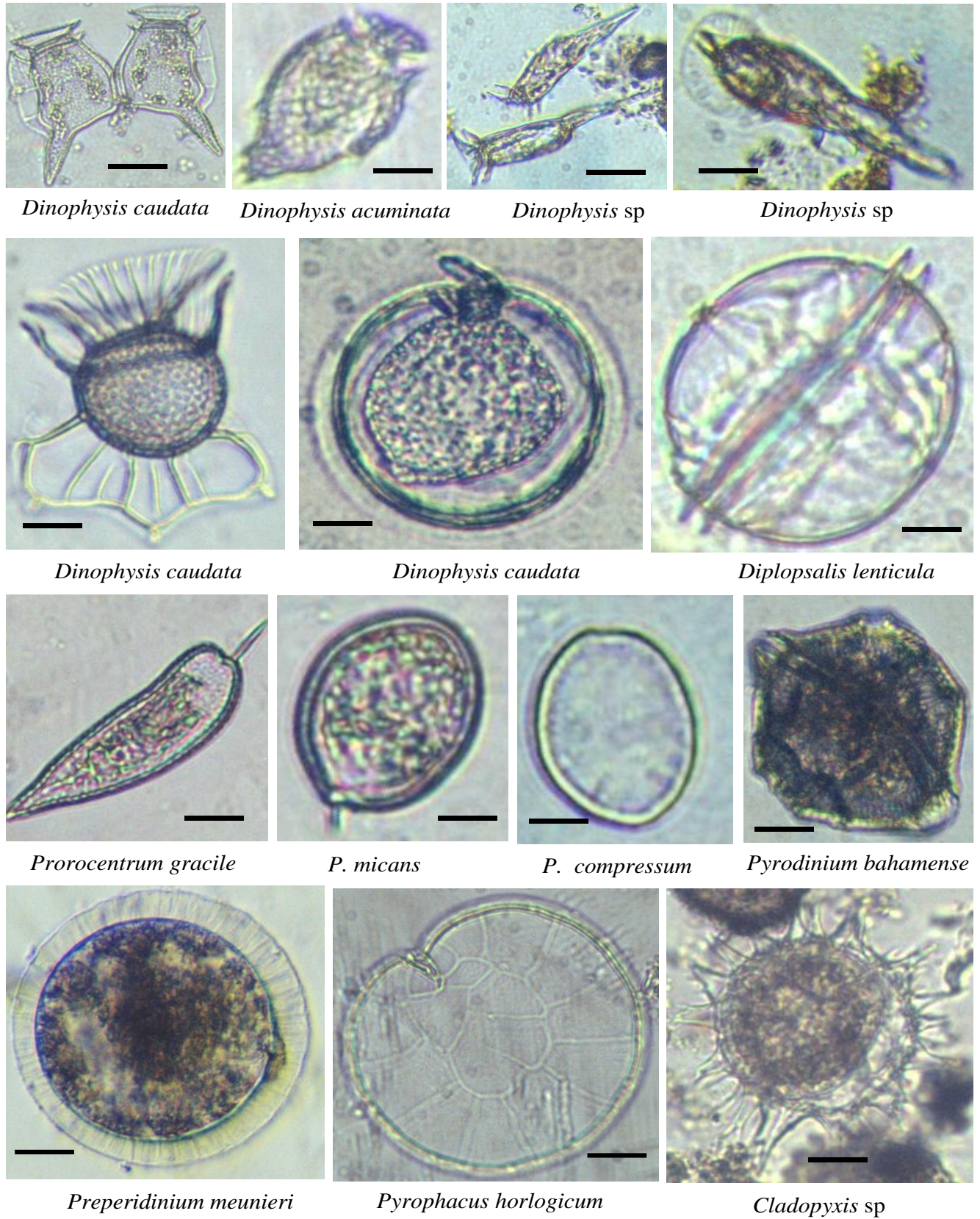


Figure 23 : Quelques spécimens de Dinoflagellés identifiés (Owona Edoa, 2025)

III.1.2.1.3. Composition taxinomique du groupe « Autres »

Les Charophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, Euglenozoa et Ochrophyta sont les phyla qui forment le groupe « Autres » sont considérés comme accidentels pour la majorité. Ils sont représentés dans cette composition taxinomique par 07 Classes, 09 Ordres, 12 Familles soit 08,06 % du nombre total d'Espèces identifiées (Tableau VII). Les taxons du genre *Dictyocha* qui font partie de ce groupe sont des taxons marins types. Ils sont cosmopolites et sont généralement retrouvés en zone côtière océaniques. *Dictyocha speculum* appartenant à ce genre peut causer des proliférations d'algues nuisibles pouvant entraîner la mortalité des poissons. La Figure 24 montre quelques spécimens des taxons « Autres » identifiés au cours de l'étude.

Tableau VIII : Distribution des Classes, Ordres, Familles et Espèces appartenant au groupe « Autres »

Légende : (**): Espèces potentiellement nuisibles

Classes	Ordres	Familles	Genres et espèces
Dictyochophyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyocha speculum</i> (**)
			<i>Dictyocha</i> sp.
Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium nematodes</i>
			<i>Closterium quadrum</i>
			<i>Closterium</i> sp.
		Desmidiaceae	<i>Cosmarium binum</i>
			<i>Cosmarium quadrum</i>
			<i>Cosmarium</i> sp.
	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Micrasterias truncata</i>
			<i>Staurastrum</i> sp.
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Spirogyra</i> sp.
			<i>Phormidium</i> sp.
		Phormidiaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.
Chlorophyceae	Chaetophorales	Schizomeridaceae	<i>Tychonema bornetii</i>
	Sphaerpleales	Scenedesmaceae	<i>Schizomeris</i> sp.
Prasinophyceae	Halosphaerales	Pterospermataceae	<i>Scenedesmus calyptratus</i>
			<i>Pterosperma undulatum</i>
Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Plectonema gracillimum</i>
		Phacaceae	<i>Euglene</i> sp.
			<i>Phacus orbicularis</i>
Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Phacus</i> sp.
			<i>Dinobryon divergens</i>

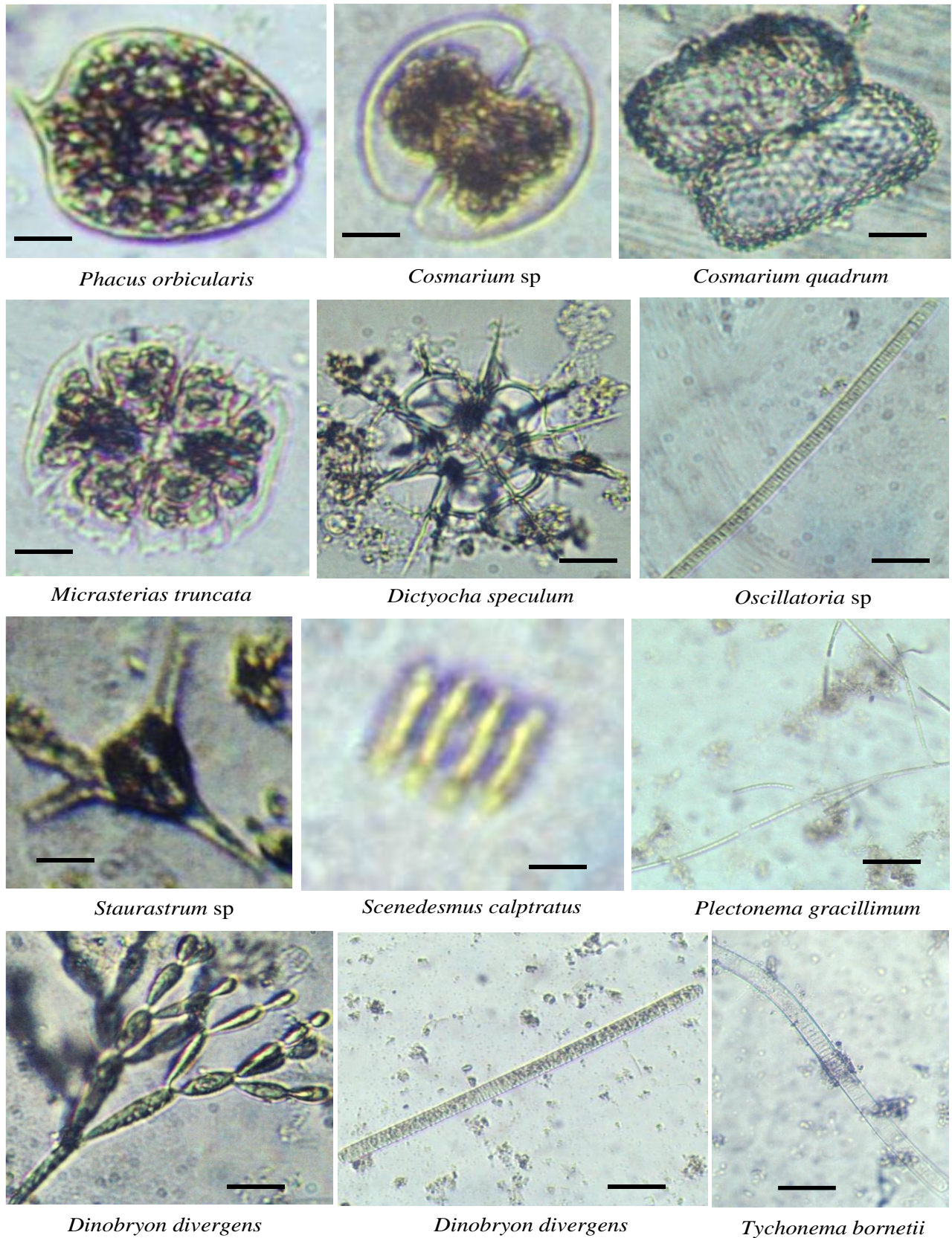


Figure 24 : Quelques spécimens des taxons « Autres » identifiés (Owona Edoa, 2025)

III.1.2.2. Distribution spatio-saisonnière de la richesse spécifique du phytoplancton

III.1.2.2.1. Distribution générale

En ce qui concerne le nombre de taxons par point de prélèvement, le maximum des taxons a été enregistré à K9 (129 espèces) et le minimum à K5 (89 espèces) (Fig. 25A). Cette répartition spatiale n'a assez montré la distribution spatiale des taxons en fonction de leurs caractéristiques. En générale, la richesse spécifique a été supérieure à 100 espèces dans la majorité des points de prélèvement. Néanmoins, le test H de Kruskal-Wallis a montré des différences significatives de la variation de la richesse spécifique des points de prélèvement ($P = 0,000$; $\alpha = 0,05$).

Au plan saisonnier, le nombre de taxons a varié en fonction des caractéristiques de chaque saison entre 142 espèces identifiées pendant la PSS et 197 identifiées pendant la GSS (Fig. 25B). La variation saisonnière des taxons a aussi montré des différences significatives entre les richesses spécifiques des saisons ($P = 0,000$; $\alpha = 0,05$).

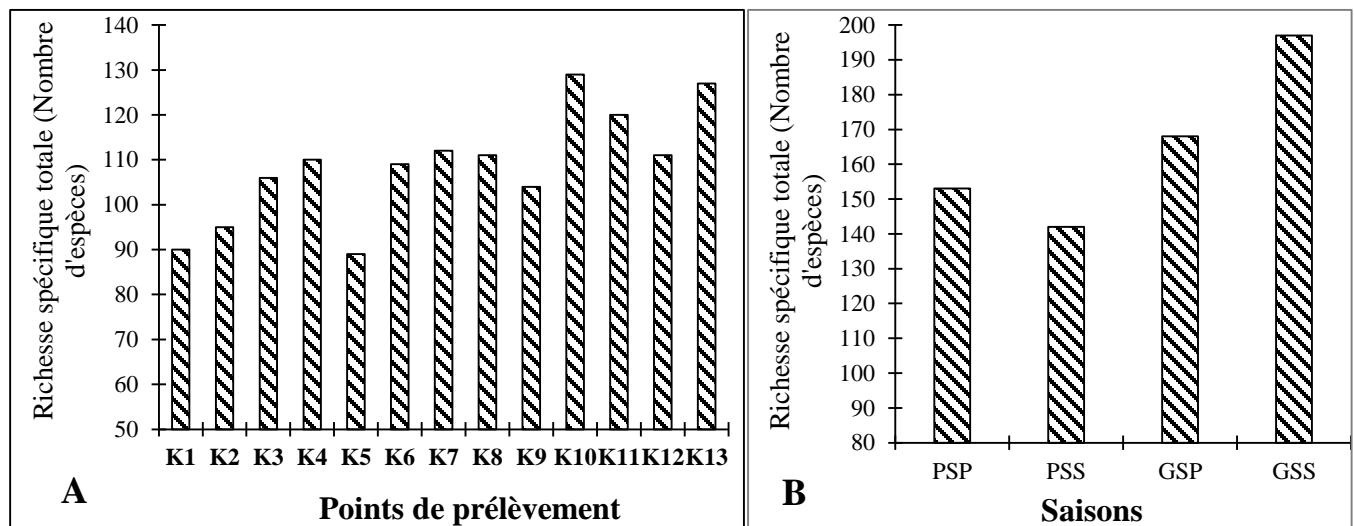


Figure 25 : Variations spatio-saisonnières de la richesse spécifique totale (A : Spatiale et B : Saisonnière)

III.1.2.2.2. Distribution spatio-saisonnière des groupes phytoplanctoniques (Diatomées, Dinoflagellés et Flagellés)

Les Diatomées ont été le groupe le plus diversifié dans tous les points de prélèvement au avec des richesses spécifiques oscillant entre 66 espèces (K5) et 101 espèces (K13) (Fig. 26). Elles sont suivies par les Dinoflagellés dont la richesse spécifique a varié entre 19 espèces (K1) à 29 espèces (K4). Chez le groupe « Autres » faiblement représentés, la richesse spécifique a été remarquable à K7 uniquement avec 09 espèces identifiées (Fig. 26).

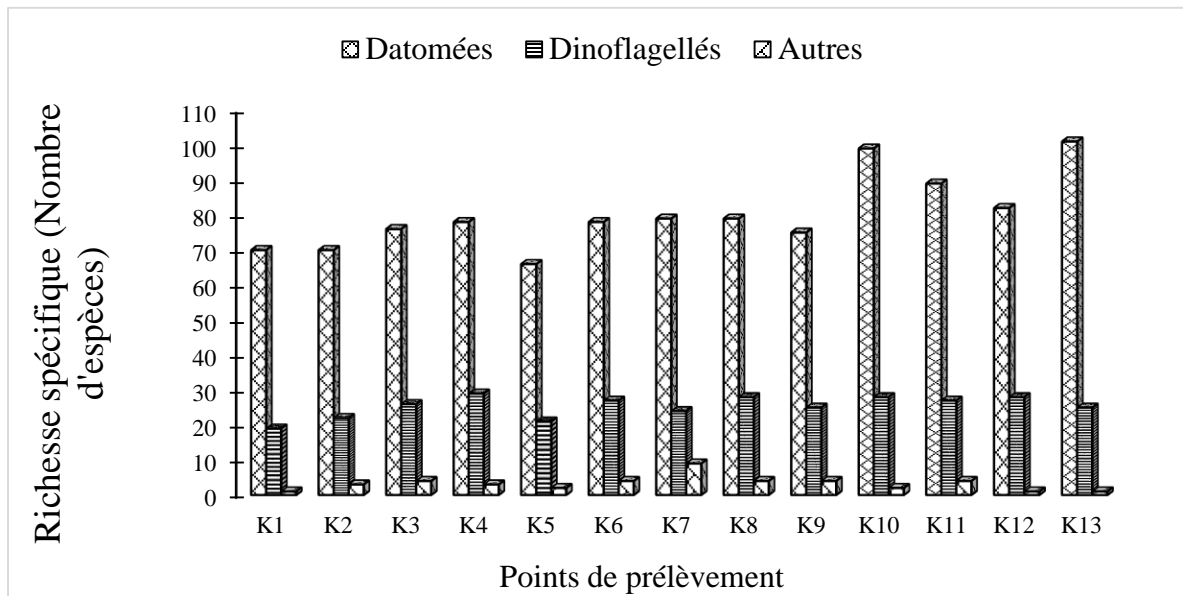


Figure 26 : Variation spatiale de la richesse spécifique des Diatomées, Dinoflagellés et Autres

La distribution de la richesse spécifique des différents groupes au plan saisonnier a montré aussi une prédominance des Diatomées à toutes les saisons suivies des Dinoflagellés. La richesse spécifique des Diatomées la plus élevée a été relevée pendant la GSS soit 139 espèces et la plus basse durant la PSS soit 100 espèces. La diversité des Dinoflagellés quant à elle n'a pas assez varié entre les saisons mais augmente légèrement pendant la GSS. La richesse spécifique de « Autres » a toujours été très faible et a varié entre 04 espèces (PSS) et 12 espèces (GSP et GSS) (Fig. 27).

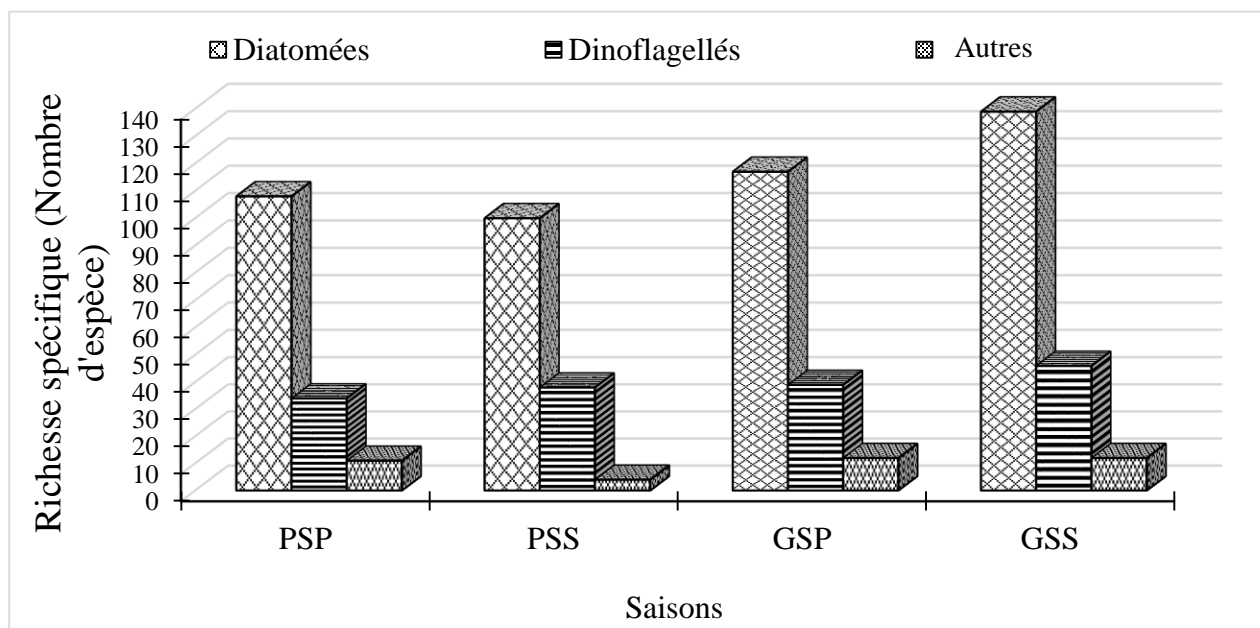


Figure 27 : Variation saisonnière de la richesse spécifique des Diatomées, Dinoflagellés et Autres

III.1.2.2.2. Distribution spatio-saisonnaire des Classes phytoplanctoniques

Cinq familles ont été importantes en terme de diversité au cours de cette étude dont 03 de Diatomées et 02 de Dinoflagellés. Les Classes de Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae appartenant aux Diatomées ont été les plus diversifiées dans tous les points de prélèvement au cours de cette étude. Bien que la Classe de Bacillariophyceae soit plus diversifiée en terme du nombre de taxons, celle des Coscinodiscophyceae a été par contre la plus diversifiée au plan spatial excepté à la plage de Ngoyè (K1) et l'embouchure de la Lobé (K7). La richesse spécifique des Coscinodiscophyceae a varié entre 25 espèces (K1) et 61 espèces (K12) (Fig. 28). Elle est suivie par celle des Fragilariophyceae et Bacillariophyceae dont les richesses spécifiques oscillent respectivement entre 21 espèces (K5) et 29 espèces (K8) respectivement (Fig. 28). S'agissant des 02 Classes de Dinoflagellés, les Desmophyceae ont été légèrement plus diversifiées que les Dinophysaceae. Sur le plan spatial, les richesses spécifiques ont varié entre 10 (K1) et 17 (K4) espèces pour les Desmophyceae ; 09 et 13 espèces pour les Dinophysaceae (Fig. 28). Les Classes appartenant au groupe « Autres » sont les moins diversifiées dans tous les points à la seule exception du point K7 où une légère augmentation de leur diversité d'espèces est notée (09 espèces) (Fig. 28).

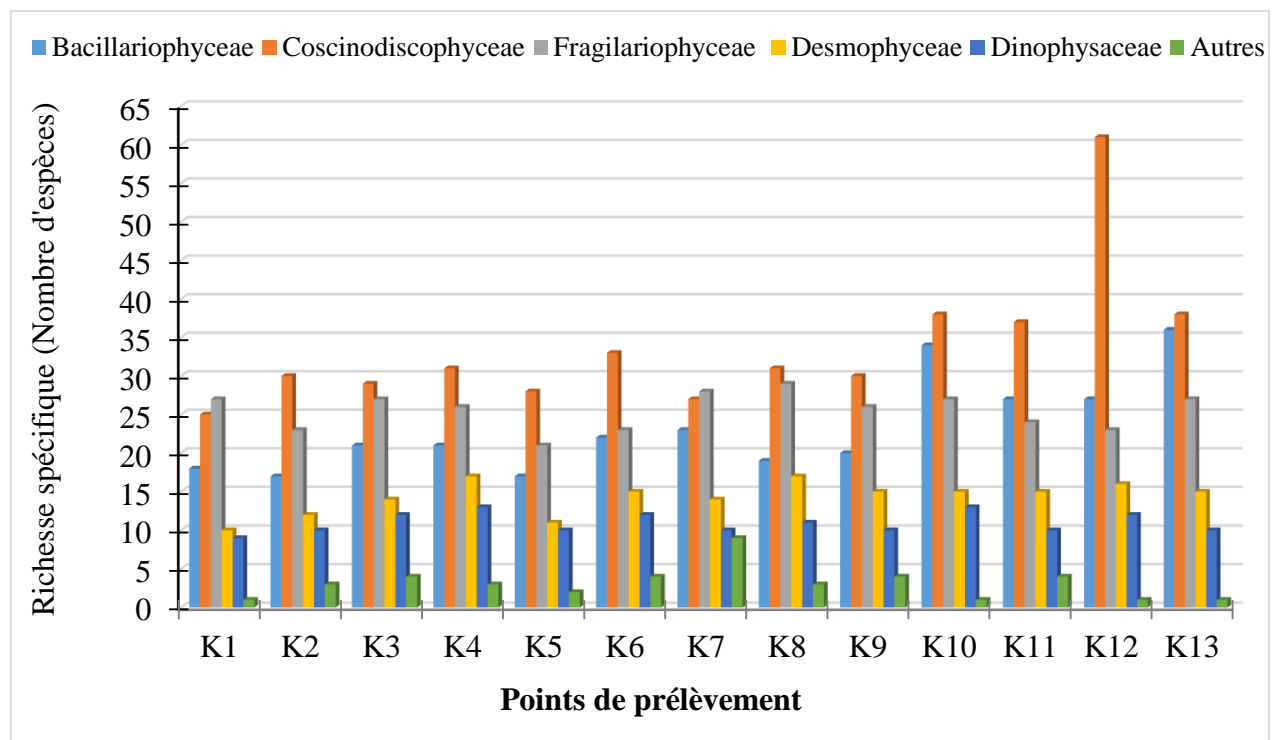


Figure 28 : Variation spatiale de la richesse spécifique des Classes phytoplanctoniques

La variation saisonnière des Classes phytoplanctoniques a par ailleurs montré des similitudes avec la variation spatiale avec une domination en termes de diversité des Coscinodiscophyceae. Les richesses spécifiques des différentes Classes ont peu varié entre les saisons mais une légère baisse a été observée pendant la PSS (Fig. 29).

Globalement, les richesses spécifiques n'ont pas assez varié significativement entre les points de prélèvement et les saisons ($P \geq 0,05$).

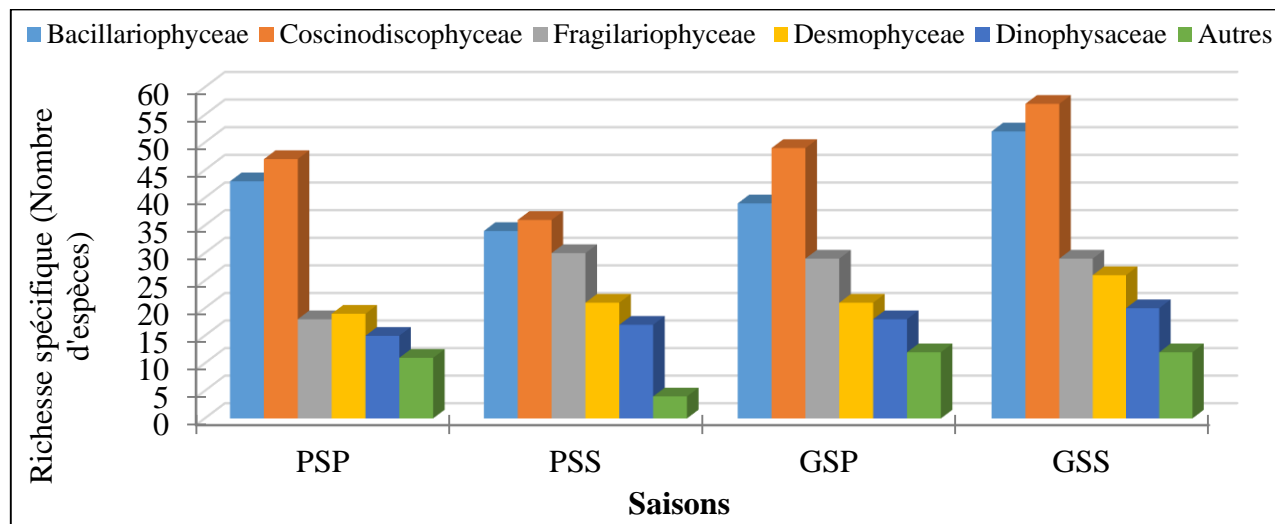


Figure 29 : Variation saisonnière des Classes phytoplanctoniques

III.1.2.3. Composition quantitative du phytoplancton

Tout comme au plan qualitatif, la composition quantitative du phytoplancton a également été dominée par les Diatomées, suivi des Dinoflagellés. Les Diatomées représentent relativement 80,18% des organismes phytoplanctoniques comptés suivi des Dinoflagellés qui ont totalisés 18,8% des de l'abondance totale (Fig. 30).

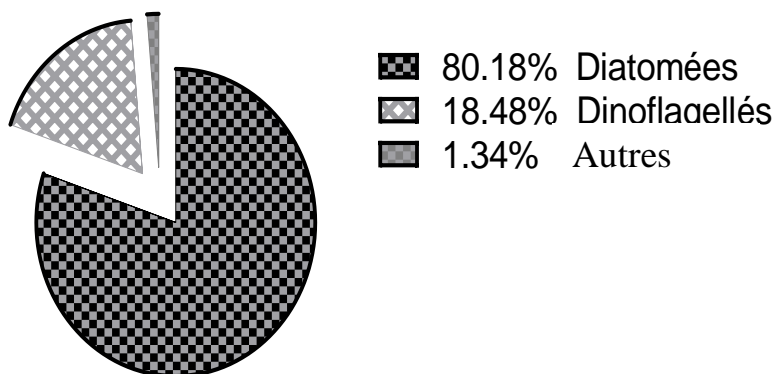


Figure 30 : Abondance relative des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellées dans la zone côtière de Kribi

III.1.2.3.1. Distribution spatio-saisonnier des abondances phytoplanctoniques

III.1.2.3.1.1. Distribution globale des abondances

Les abondances phytoplanctoniques ont fluctués d'un point de prélèvement à l'autre entre 26 1150 ind./L (K7) et 58 2100 ind./L (K3). Ces abondances ont été faible aux points de prélèvement influencés par les eaux douces (K2, K6, K7) comparativement aux abondances enregistrées dans les autres points où on observe plus le développement du phytoplancton tel qu'observé à K4 (54 3950 ind./L), à K11 (49 5850 ind./L) et à K13 (45 8650 ind./L) (Fig. 31A).

Sur le plan saisonnier, l'abondance totale était croissante de la PSP à la GSS. Les abondances totales les plus faibles ont été enregistrées pendant la PSP et la PSS alors que les abondances les plus élevées étaient relevées pendant la GSP et la GSS (Fig. 31B). Ces abondances ont varié entre 54 200 ind./L (PSS) et 2 086 020 ind./L (GSS) (Fig. 31B).

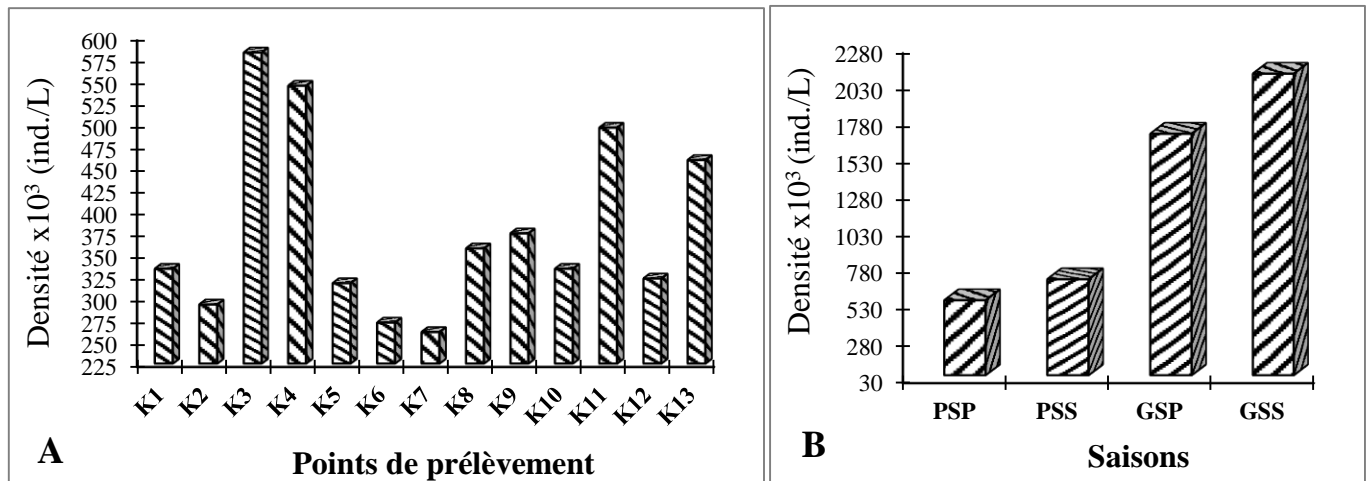


Figure 31 : Variation des abondances phytoplanctoniques dans la zone côtière de Kribi : A : Variation Spatiale ; B : Variation saisonnière

III.1.2.3.1.2. Distribution des abondances des Diatomées, Dinoflagellés et « Autres »

Les abondances phytoplanctoniques au cours de cette étude a été aussi dominée à tous les points par les Diatomées suivi des Dinoflagellés. Les abondances relatives de K1 à K13 des Diatomées ont été respectivement de 83,6% ; 79,62% ; 80,55% ; 70,31% ; 81,69% ; 73,88% ; 82,11% ; 77,5% ; 84,62% ; 87,24% ; 88,53% ; 72,72% ; 80,67% environ. Celles des Dinoflagellés quant à elles ont été de 16,38% ; 15,86% ; 19,18% ; 29,61% ; 11,31% ; 23,55% ; 14,18% ; 20,91% ; 15,17% ; 12,43% ; 10,67% ; 27,25% ; 19,22% respectivement de K1 à K13. Le groupe « Autres » en terme d'abondance ont toujours été sous représentés (Fig. 32).

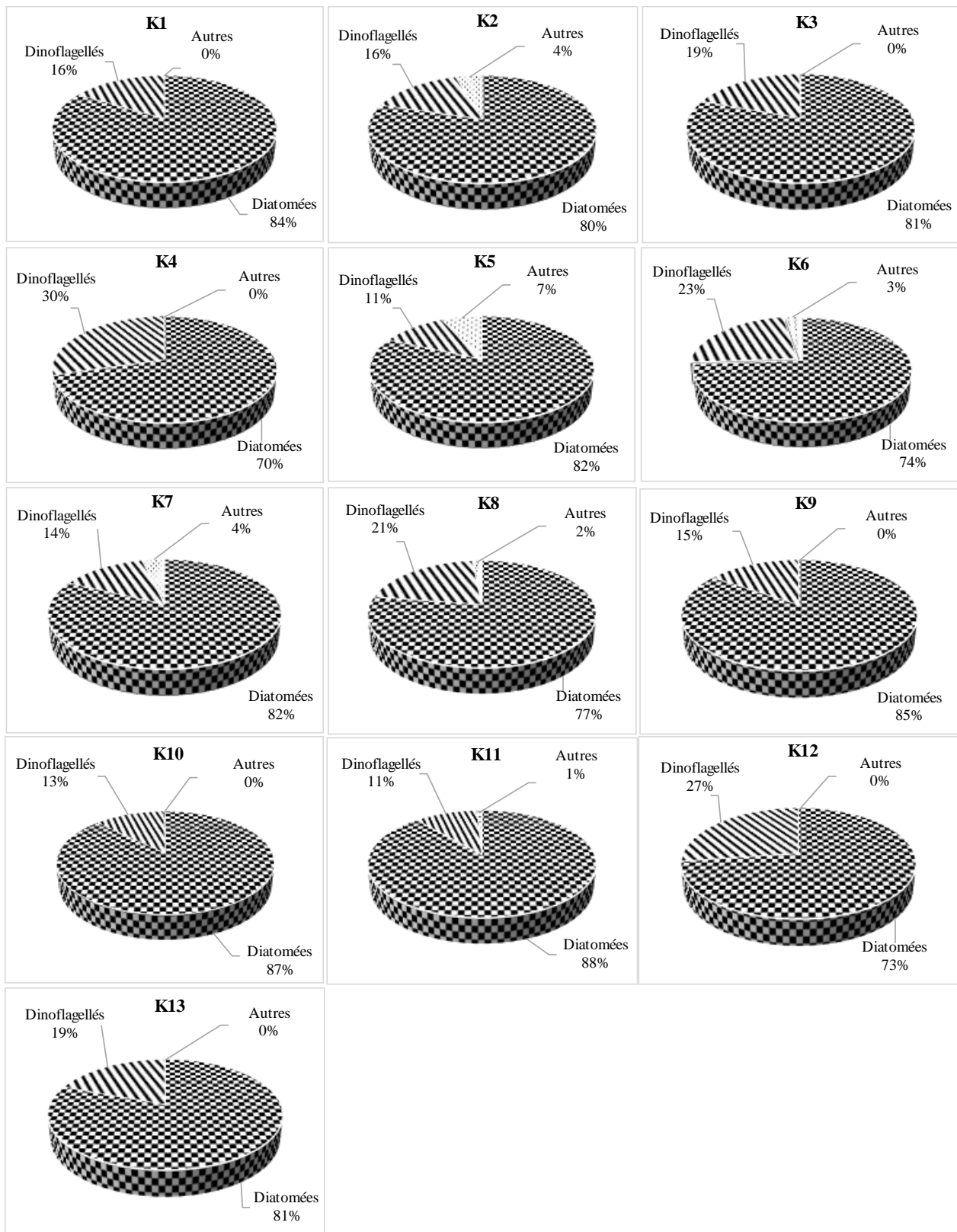


Figure 32 : Variation spatiale des abondances totales relatives des Diatomées, Dinoflagellés et Flagellés pendant la période de l'étude

Pour ce qui est des saisons, les Diatomées ont toujours été majoritaire suivi des Dinoflagellés. Leurs abondances relatives ont été respectivement de 58,45% ; 92,14% ; 83,90% ; 79,15% pour les Diatomées et de 38,10% ; 6,42% ; 15,59% ; 19,33% pour les Dinoflagellés pendant la PSP, la PSS, la GSP et la GSS. L'abondance relative des espèces du groupe « Autres » a été inférieure à 4% à toutes les saisons (Fig. 33).

Le test de Kruskal-Wallis n'a pas montré de différences significatives sur le plan spatial et saisonnier ($P > 0,05$).

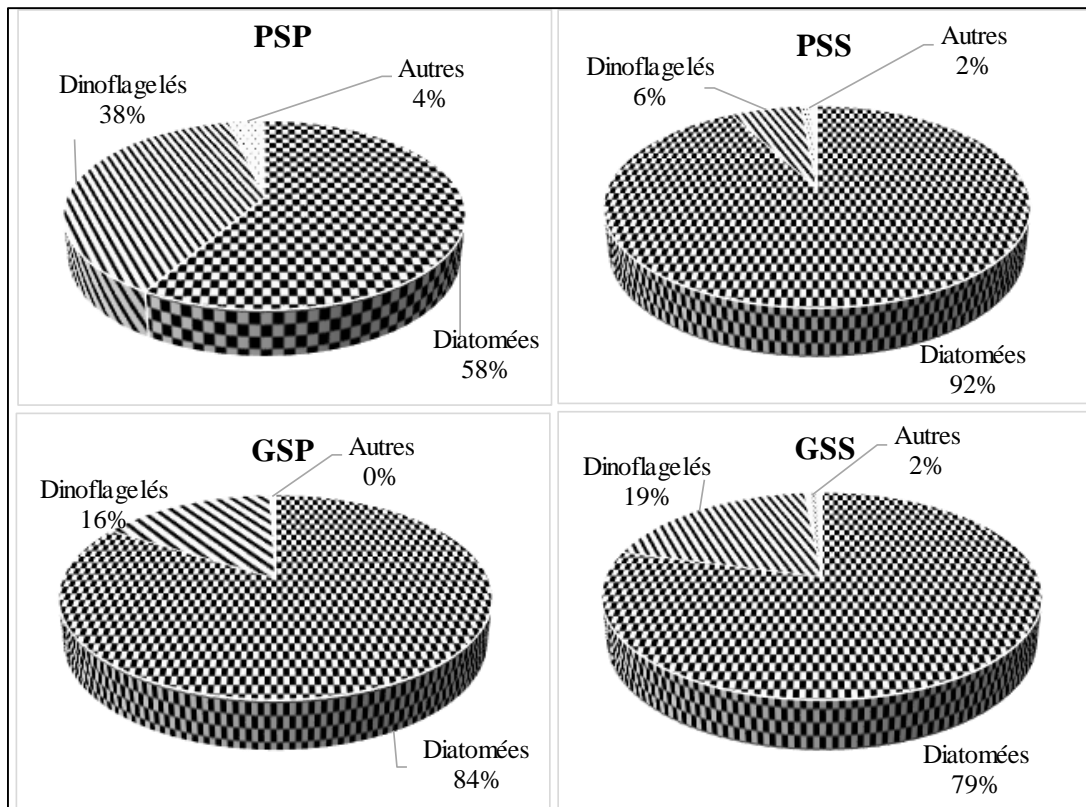


Figure 33 : Variation saisonnière des abondances totales relatives des Diatomées, Dinoflagellés et Autres pendant la période de l'étude

III.1.2.3.1.3. Distribution des abondances des Classes phytoplanctoniques

Les abondances des Classes phytoplanctoniques appartenant aux Diatomées ont été dominantes au cours de cette étude (Fig. 34A). De manière générale, les abondances ont été dominées par les Classes de Fragilariophyceae et de Coscinodiscophyceae dont les floraisons débutent pendant la PSS et atteignent leurs pics pendant la GSP (Fig. 34B). Ce qui justifie leurs fortes abondances pendant la GSP. Chez les Dinoflagellés dont les abondances suivent celles des Diatomées, la Classe des Desmophyceae est celle qui domine dans les abondances. Cette Classe a

même été plus dominante que, les Bacillariophyceae pendant la PSP et la GSP, période au cours de laquelle leur prolifération a été observée (Fig. 34B). Les abondances de ces Classes mentionnées ont varié au plan spatial entre 39 800 ind./L et 124 200 ind./L pour les Bacillariophyceae, 47 450 ind./L et 229 500 ind./L pour les Coscinodiscophyceae, 47 300 ind./L et 220 800 ind./L pour les Fragilariophyceae, 24 000 ind./L et 127 950 ind./L pour les Desmophyceae, 5150 ind./L et 42 100 ind./L pour les Dinophysaceae, 50 ind./L et 22 250 ind./L pour toutes les Classes du groupe « Autres » (Fig. 34A). Au plan saisonnier, les abondances ont par contre variées saisons entre 82 900 ind./L et 522 000 ind./L ; 165 440 ind./L et 674 350 ind./L ; 33 050 ind./L et 629 550 ind./L ; 28 320 ind./L et 274 050 ind./L ; 15 690 ind./L et 129 100 ind./L ; 8 500 ind./L et 31 800 ind./L respectivement pour les Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragillariophyceae, Desmophyceae, Dinophysaceae et toutes les Classes des « Autres » (Fig. 34B)

Le test de Kruskal-Wallis n'a pas montré de différences significatives entre les points de prélèvement et les saisons ($P > 0,05$).

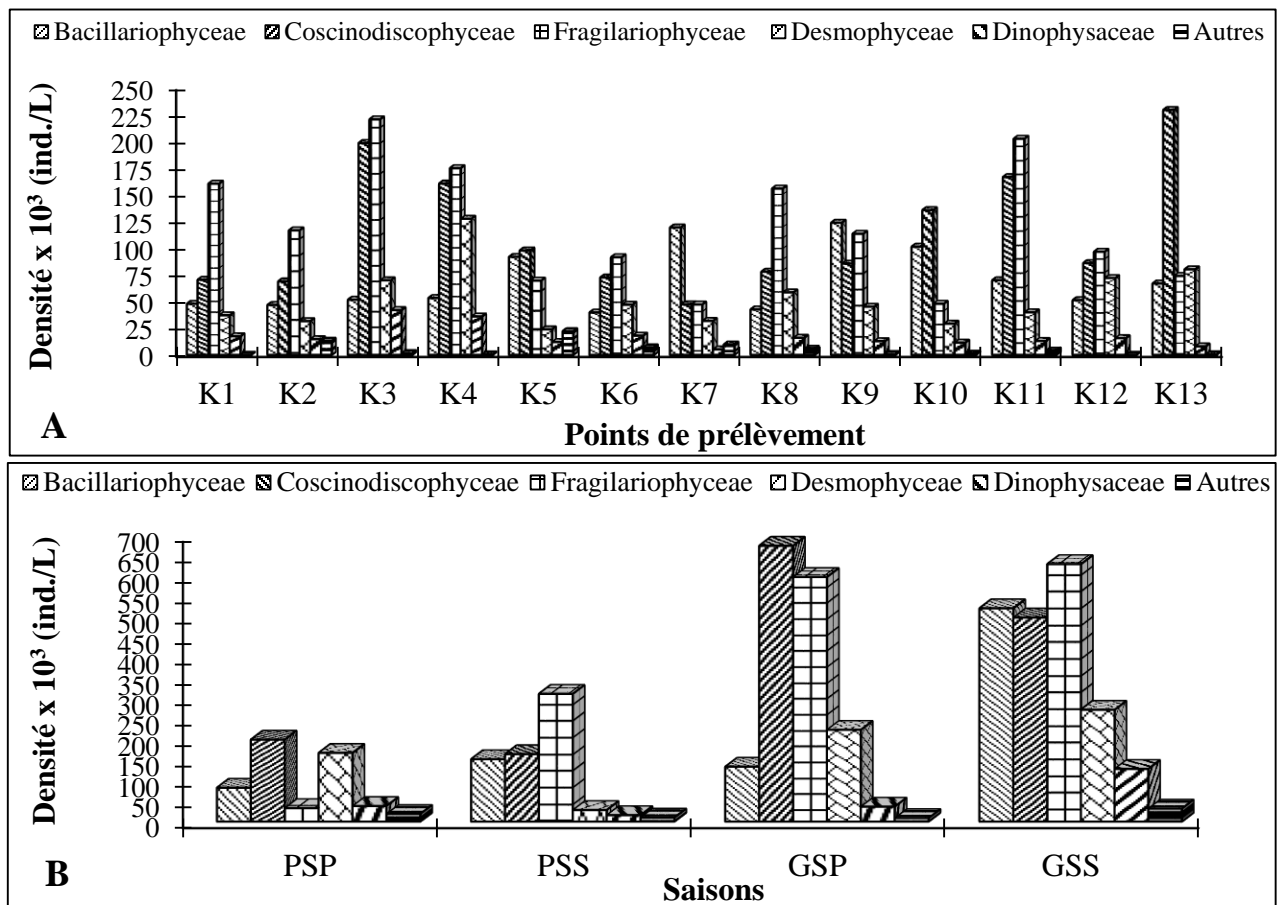
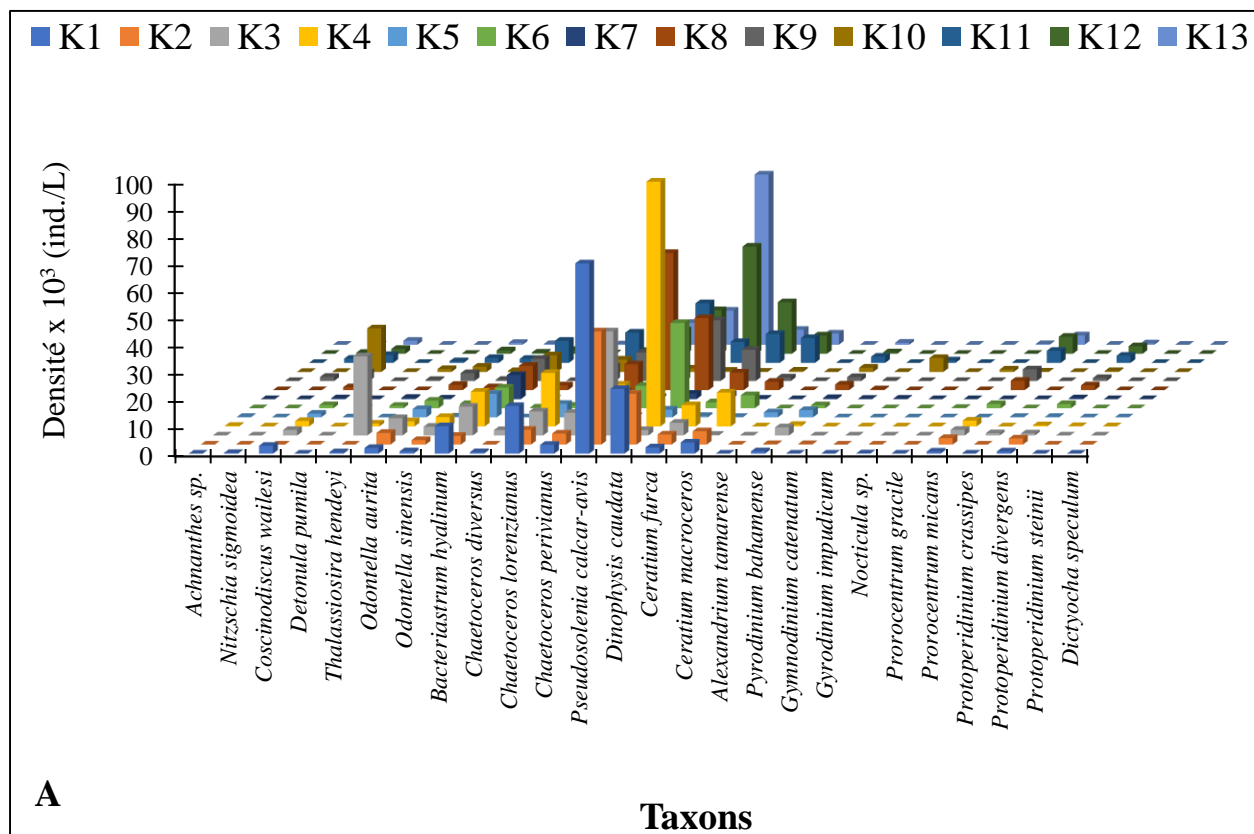


Figure 34 : Variations spatio-saisonnnières des abondances des Classes : A : Variation spatiale ; B : Variation saisonnière

III.1.2.3.1.4. Distribution des abondances de l'espèce utile et des espèces susceptibles de causer les nuisances

L'abondance de l'espèce utile *Odontella aurita* n'a pas été importante. Le nombre d'individus de ce taxon a varié entre 250 et 6400 ind./L (Fig. 35A). Pour les taxons susceptibles de causer des nuisances par les efflorescences et les intoxications, seules quelques-unes ont été remarquable par leurs abondances dans les points de prélèvement. Il s'agit de *Bacteriastrum furcatum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Chaetoceros perivianus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Dinophysis caudata*, *Ceratium furca* et *Ceratium macroceros*. Leurs abondances ont été supérieures à 10 000 ind./L aux points de prélèvement K1, K2, K3, K4, K8, K12 et K13 (Fig. 35A).

Sur le plan saisonnier, les pics des taxons susceptibles de causer des nuisances ont été plus observés pendant les GSP et aussi pendant la GSS à l'exception de *Ceratium furca* dont les abondances les plus élevées ont été enregistrées pendant la GSP (Fig. 35B). *Bacteriastrum hyalinum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Chaetoceros perivianus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Dinophysis caudata* ont été les taxons ayant enregistré les abondances les plus élevées durant la PSS, GSP et GSS tandis que la floraison de *Ceratium macroceros* observée pendant la GSS (Fig. 35B).



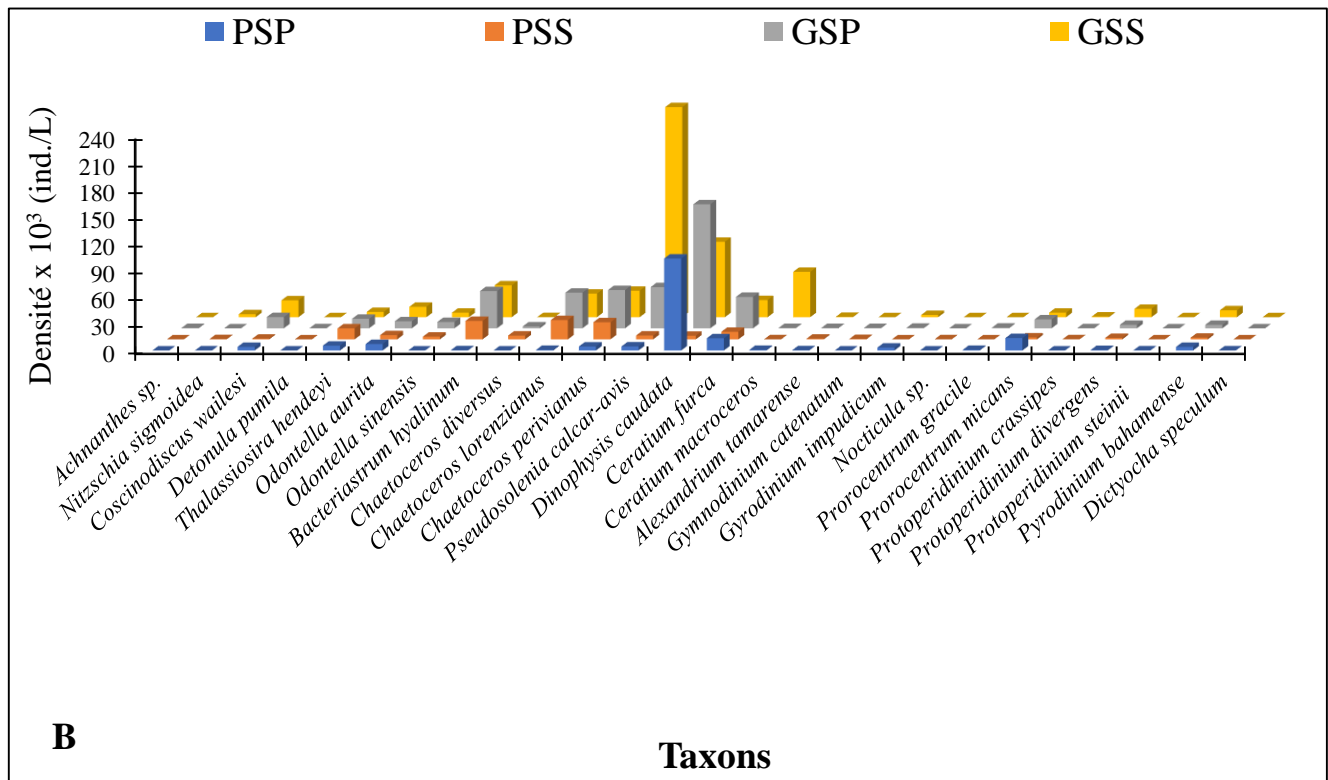


Figure 35 : Variations spatio-saisonnier de l'espèce utile et des espèces susceptibles de causer des nuisances. A : Variation spatiale et B : Variation saisonnière

III.1.2.4. Biomasse phytoplanctonique

La biomasse phytoplanctonique dans la zone d'étude a fluctué autour d'une valeur moyenne générale de $2329,13 \pm 530,71 \mu\text{gC/L}$. Sur le plan spatial, la biomasse a varié entre $1707,69 \pm 1255,5 \mu\text{gC/L}$ (K8) et de $3515,38 \pm 5903,15 \mu\text{gC/L}$ (K4) (Fig. 36A). Alors que sur le plan saisonnier, la plus faible biomasse a été notée pendant la PSS ($618,17 \pm 251,53 \mu\text{gC/L}$) et la GSP ($858,97 \pm 321,64 \mu\text{gC/L}$), et la plus élevée pendant la PSP ($3784,61 \pm 1315,83 \mu\text{gC/L}$) (Fig. 36B). Dans l'ensemble, les biomasses maximales ont été enregistrées aux points K1, K4, K6, K7 pendant la PSP et la GSS. La biomasse phytoplanctonique n'a pas varié significativement entre les points de prélèvement ($P = 0,99$) mais l'a été entre les saisons ($P = 0,000$).

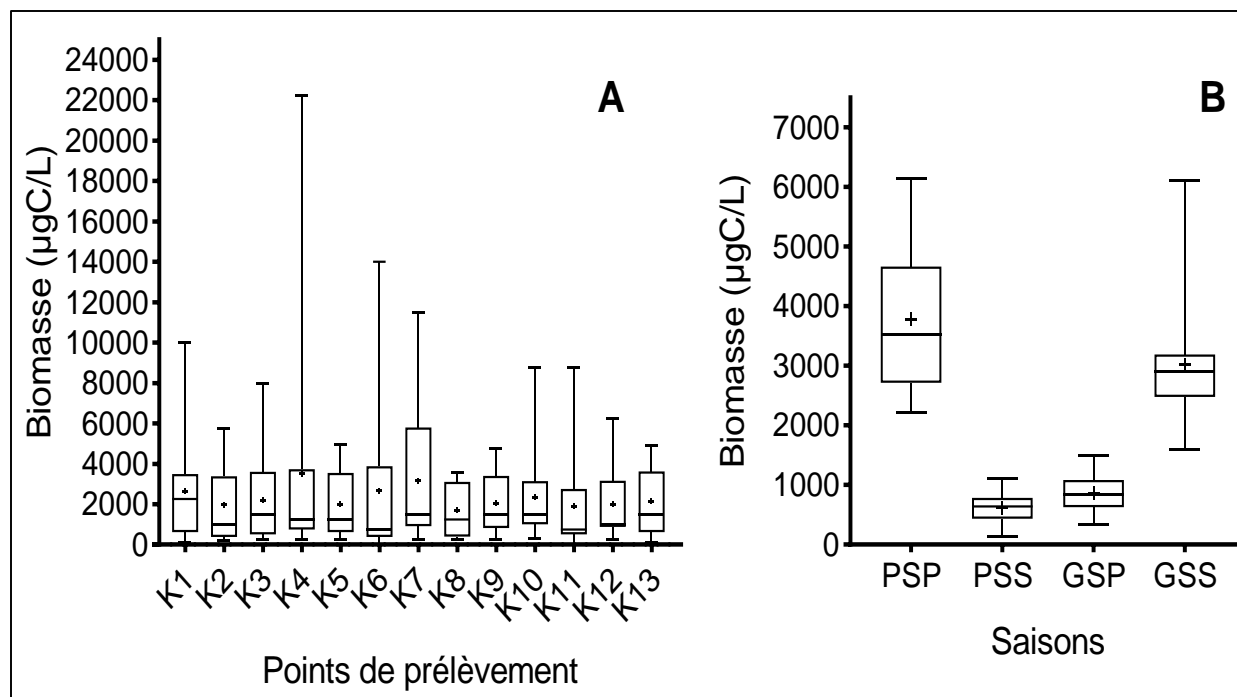


Figure 36 : Variations spatiale et saisonnière de la biomasse phytoplanctoniques pendant la période de l'étude : A : Variation spatiale ; B : Variation saisonnière

III.1.2.5. Fréquence d'occurrence

L'analyse de la fréquence d'occurrence des taxons identifiés dans la zone côtière de Kribi au cours de cette étude a montré une forte présence des taxons rares majoritairement constitués des taxons appartenant à la Classe des Bacillariophyceae soit 56 % de la richesse spécifique. Ils sont suivis par des taxons régulières qui ont comptés pour 14 % de la richesse spécifique totale. Les taxons accessoires, constants et ubiquistes quant à eux représentaient respectivement 11 % ; 12 % et 7 % (Fig. 37A).

La fréquence d'occurrence calculée dans les points de prélèvement a donné des valeurs qui ont variées entre 55 % (K1) et 68 % (K6) pour les taxons rares ; 21 % (K13) et 30 % (K1, K3) pour les taxons accessoires ; 5 % (K6) et 12 % (K13) pour les taxons constants ; 2 % (K4, K7, K13) et 6 % (K8, K9) pour les taxons réguliers et enfin entre 0 % et 1 % (K11) pour les taxons ubiquistes (Fig. 37B)

Pour les taxons utile et susceptible d'être nuisibles, *Odontella aurita* a été ubiquiste ou omniprésent tandis que les taxons susceptibles d'être toxiques et nuisibles tels que, *Coscinodiscus walesi*, *Ceratium furca* et *Dinophysis caudata* ont été ubiquistes ; *Bacteriastrum hyalinum*, *Chaetoceros perivianus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pyrodinium bahamense*, *Prorocentrum*

micans ont été réguliers ; *Thalassiosira hendeyi*, *Odontella sinensis*, *Chaetoceros lorenzianus* ont été constants.

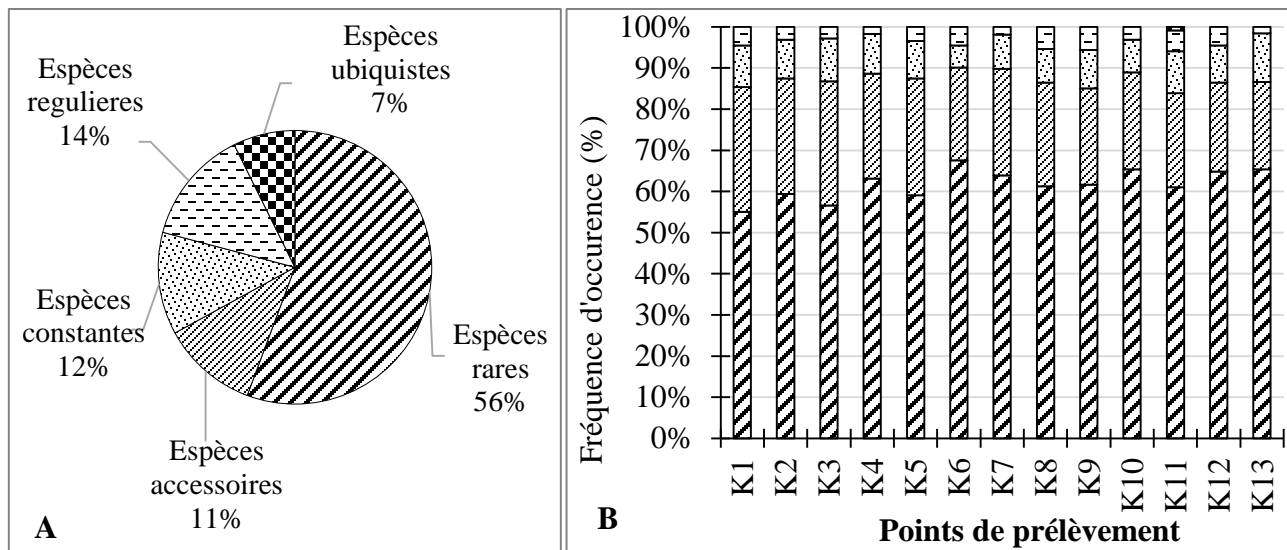


Figure 37 : Fréquences d'occurrence des taxons phytoplanctoniques recensés pendant la période de l'étude :
A : Fréquence d'occurrence globale et B : Fréquence d'occurrence spatiale

III.1.2.6. Indices de diversité

III.1.2.6.1. Variations des indices de diversité de Shannon et Weaver, d'Équitabilité de Piélu et de Simpson

Dans la zone côtière de Kribi, les valeurs de l'indice de Shannon et Weaver obtenues étaient élevées comparativement à sa valeur maximale qui est Log_2S . Elles ont varié au plan spatial entre 4,89 bits/ind (K1) à 5,6 bits/ind (K10) (Fig. 38A) avec une moyenne générale de $5,25 \pm 0,22$ bits/ind. Les valeurs de cet indice ont traduit une diversité relativement forte et une distribution parfaitement régulière des taxons dans les points étudiés. Quant à la variation saisonnière, les valeurs enregistrées ont été aussi élevées. Elles ont varié entre 4,61 bits/ind pendant la PSP et 5,49 bits/ind pendant la PSS (Fig. 38B) et autour d'une valeur moyenne de $4,94 \pm 0,38$ bits/ind.

En ce qui concerne l'indice d'Équitabilité de Pielou, les valeurs moyennes ont fluctué autour d'une valeur moyenne de $0,65 \pm 0,02$ pour ce qui est de la variation spatiale et $0,61 \pm 0,04$ s'agissant de la variation saisonnière. Sur le plan spatial, l'indice de Pielou a varié de 0,62 (K5, K7 et K13) à 0,69 (K10) (Fig. 38A) alors qu'au plan saisonnier, il a varié de 0,57 (PSP) à 0,67 (PSS) (Fig. 38B). Ces valeurs qui se rapprochent 1 ont traduit une équirépartition des abondances des taxons.

Les valeurs de l'indice de Simpson quant à elles enregistrées ont été aussi toutes proches de 1. Elles ont oscillé entre 0,92 (K7) et 0,97 (K3) avec une moyenne de $0,95 \pm 0,01$ au plan spatial (Fig. 38A) et, entre 0,9 (PSP) et 0,96 (PSS) avec une moyenne de $0,93 \pm 0,02$ plan saisonnier (Fig. 38B) traduisant un peuplement phytoplanctonique homogène dans les points de prélèvement et durant les 04 saisons.

La variation de ces indices n'a pas montré des variations différentes et non significatives entre les points de prélèvement ($p = 0,9289$) et les saisons ($p = 0,6444$).

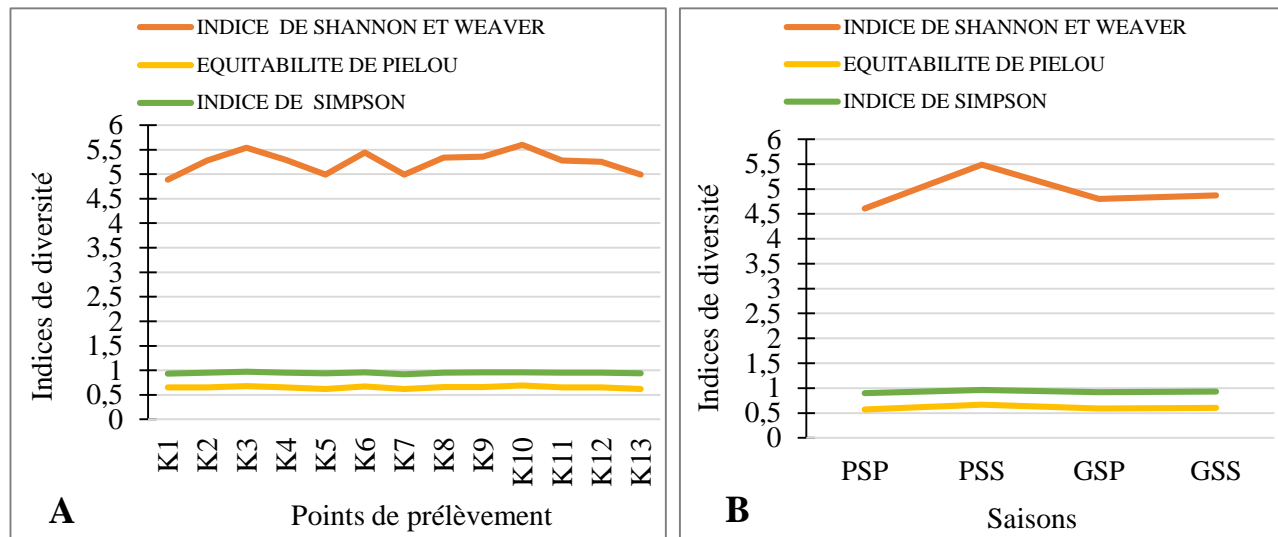


Figure 38 : Variation des indices Shannon et Weaver, Equitabilité de Piélou et Simpson : A : Variation spatiale (A) ; B : Variation saisonnière

III.1.2.6.2. Variation spatio-saisonnière de l'indice de Menhinick

L'indice de Menhinick a montré que la zone côtière de Kribi au moment de l'étude était dans les conditions assez proche et très proche de l'état de référence avec des valeurs qui ont variées entre 0,13 et 0,19. Ces valeurs ont indiqué que les points K3 et K4 sont dans les conditions assez proche de l'état de référence alors que les autres points (K1, K2, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12 et K13) sont dans les conditions très proche de l'état de référence (Fig. 39A). Quant à sa variation saisonnière, cet indice a varié entre 0,12 et 0,17. Les résultats obtenus ont montré que la zone côtière de Kribi est dans les conditions très proches de l'état de référence pendant les PSP et PSS alors que pendant la GSP et la GSS les conditions du milieu sont assez proches de l'état de référence (Fig. 39B).

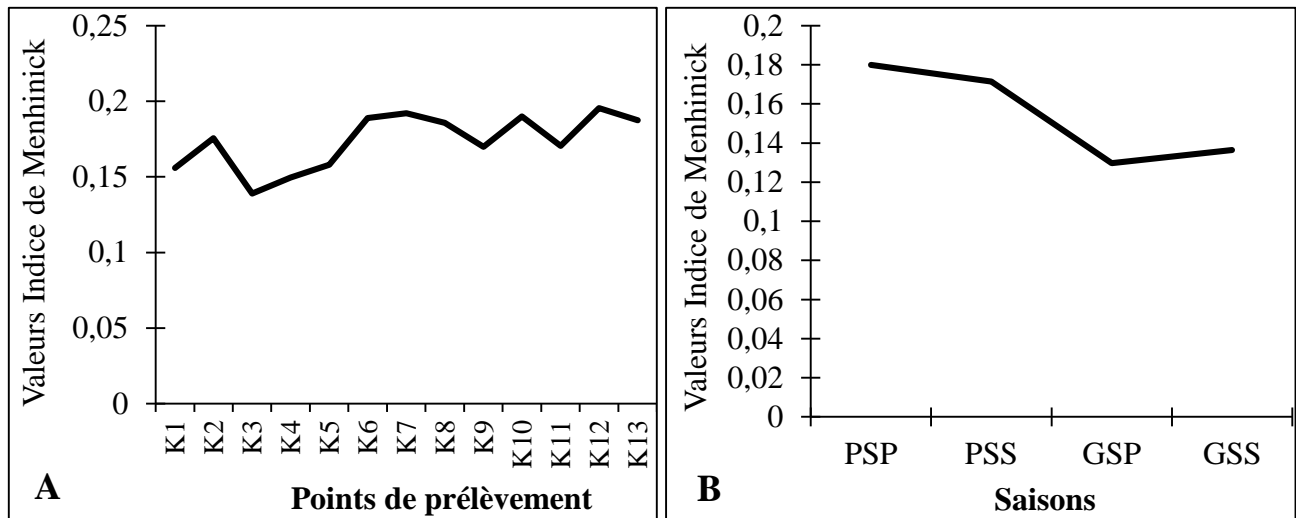


Figure 39 : Variation de l'indice de Menhinick : A : Variation spatiale (A) ; B : Variation saisonnière

III.1.3. Influence des paramètres abiotiques sur la distribution du phytoplancton

III.1.3.1. Facteurs limitants de croissance du phytoplancton (rapport N/P)

Le rapport de l'azote par rapport à l'orthophosphate N/P calculé dans chaque point de prélèvement a donné des valeurs inférieures à 16 montrant ainsi que l'azote est de manière globale en carence et par conséquent un facteur limitant pour le développement du phytoplancton dans la zone d'étude (Fig. 40A). Le nutriment limitant ayant varié selon les saisons, le calcul du rapport N/P a montré que l'azote est plus en carence pendant la PSP ($N/P < 16$) alors que le phosphore est le facteur limitant pour la croissance du phytoplancton pendant la PSS, GSP ($N/P > 33$), les deux sont limitants pendant la GSS ($16 < N/P < 33$) (Fig. 40B).

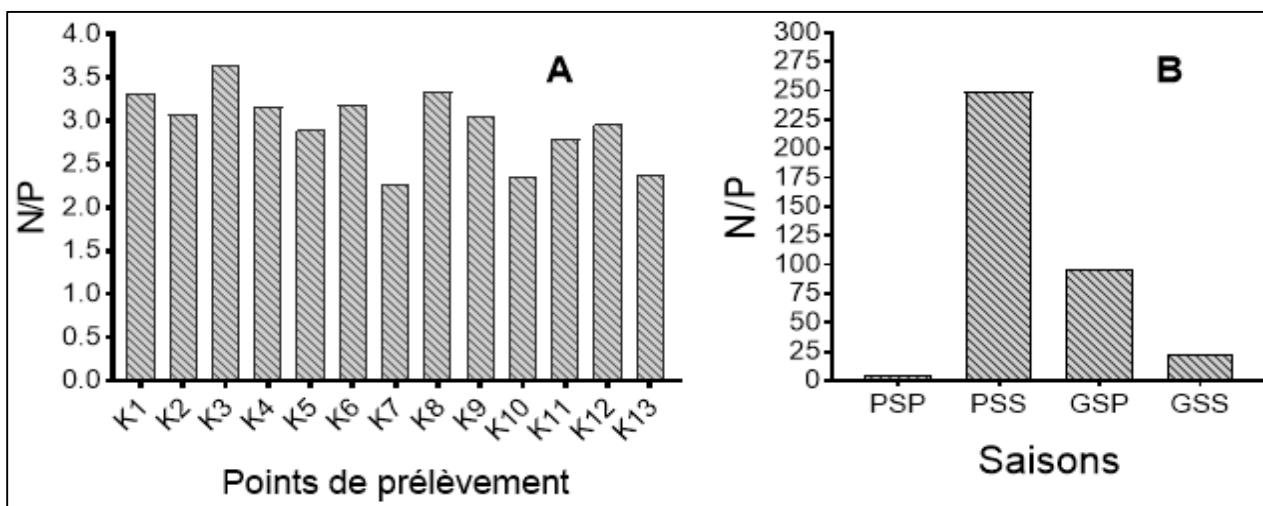


Figure 40 : Variation du rapport N/P : A : Variation Spatiales ; B : Variation saisonnières

III.1.3.2. Corrélations de Spearman entre paramètres abiotiques et phytoplancton

Les taxons utilisés pour analyser l'influence des facteurs abiotiques sur le phytoplancton à travers le test de corrélations de Spearman étaient ceux qui ont été constants, réguliers et ubiquistes dans la zone côtière de Kribi. A l'issue de cette analyse, les corrélations considérées comme plus explicatives sont celles des facteurs abiotiques qui favorisent le développement des microalgues et dont les corrélations positives entre paramètres physico-chimiques et taxons phytoplanctoniques. Les codes (*) signifient une corrélation significative au seuil de 5 % ($P < 0,05^*$) et les codes (***) signifient une corrélation significative au seuil de 1 % ($P < 0,01^{***}$).

III.1.3.2.1. Paramètres abiotiques qui influencent la distribution des Diatomées

III.1.3.2.1 1. Paramètres physiques

III.1.3.2.1 1.1. Température

La température est un facteur abiotique physique caractéristique des eaux océaniques qui contrôle d'ailleurs la variation des autres variables qu'elles soient abiotiques ou biotiques. Au cours de cette étude, le test de corrélations de Spearman entre la température et les taxons de Diatomées a montré son influence moindre sur les 192 taxons de Diatomées identifiés. Elle a été corrélée positivement et significativement, c'est-à-dire, une augmentation de la température entraîne une augmentation des densités de *Bacillaria* sp. (0,2**), *Nitzschia closterium* (0,17*), *Nitzschia longissima* (0,402**), *Nitzschia* spp. (0,295**), *Navicula* spp. (0,363**), *Licmophora ehrenbergii* (0,207**), *Biddulphia biddulphiana* (0,158*), *Bidulphia vesiculosa* (0,182*), *Coscinodiscus asteromphalus* (0,226**), *Coscinodiscus* spp. (0,215**), *Thalassiosira eccentrica* (0,262**).

III.1.3.2.1 1.2. MES et Couleur)

Les MES aussi ont été corrélées positivement et significativement entraînant une prolifération de 05 taxons de Diatomées. Il s'agit de *Nitzschia closterium* (0,177*), *Licmophora ehrenbergii* (0,205**), *Coscinodiscus asteromphalus* (0,228**), *Chaetoceros* spp. (0,155*). Quant à la couleur de l'eau, les données enregistrées ont influencé positivement et significativement le développement des taxons tels que *Thalassionema frauenfeldii* (0,233**), *Bacteriastrum hyalinum* (0,222**), *Chaetoceros lacinosus* (0,259**), *Ditylum sol* (0,203**). Ce qui montre que ces taxons planctoniques et photosynthétiques se développent plus lorsque la couleur de l'eau est faible ou claire c'est-à-dire pendant la GSP et la GSS.

III.1.3.2.1 2. Paramètres chimiques

Les résultats du test de corrélations de Spearman entre les variables chimiques et les taxons de Diatomées ont montré plusieurs interactions significatives sur les taxons de Diatomées.

III.1.3.2.1 2.1. Oxygène dissous (O₂), pH, Conductivité, Salinité et TDS

La bonne oxygénation des eaux de la zone côtière de Kribi a influencé positivement et significativement les taxons des Diatomées tels que *Pleurosigma elongatum* (0,173*), *Thalassionema frauenfeldii* (0,179*), *Thalassionema nitzchioides* (0,199**), *Coscinodiscus radiatus* (0,210**), *Grossienela tropica* (0,165*), *Thalassiosira punctigera* (0,306**), *Thalassiosira nobilis* (0,203**), *Odontella longicruris* (0,186*), *Odontella regia* (0,154*), *Triceratium favus* (0,261**), *Corethron histrix* (0,200**), *Guinardia flacida* (0,229**), *Neocalyptrella robusta* (0,255**), *Pseudosolenia calcar-avis* (0,158*). Quant au pH, la basicité des eaux de la zone étudiée a été corrélé positivement et significativement avec *Coscinodiscus* spp. (0,195*), *Hemiaulus haucky* (0,284**), *Hemiaulus sinensis* (0,229**), *Chaetoceros lorenzianus* (0,300**), *Chaetoceros perivianus* (0,209**), *Guinardia flacida* (0,178*), *Proboscia alata* (0,296**) et *Rhizosolenia* spp. (0,259**). La conductivité électrique, la salinité et les TDS qui sont des paramètres chimiques caractéristiques des eaux océaniques agissent simultanément les Diatomées. Ces paramètres ont été simultanément corrélés positivement et significativement avec *Bacillaria* sp. (0,328** ; 0,319** ; 0,317**), *Nitzchia closterium* (0,226** ; 0,224** ; 0,221**), *Nitzchia longissima* (0,312** ; 0,307** ; 0,310**), *Nitzschia* spp. (0,230** ; 0,230** ; 0,231**), *Licmophora ehrenbergii* (0,183* ; 0,210** ; 0,211**), *Navicula* spp. (0,275** ; 0,273** ; 0,266**), *Pleurosigma strigosum* (0,159* ; 0,162* ; 0,158*), *Thalassiothrix* sp. (0,178* ; 0,184* ; 0,174*), *Biddulphia vesiculosa* (0,193* ; 0,223** ; 0,210**), *Coscinodiscus asteromphalus* (0,455** ; 0,444** ; 0,447**), *Coscinodiscus* spp. (0,358** ; 0,343** ; 0,351**), *Hemiaulus haucky* (0,164* ; 0,159* ; 0,165*), *Thalassiosira excentrica* (0,189* ; 0,190* ; 0,188*), *Chaetoceros lacinosus* (0,163* ; 0,179* ; 0,183*), *Rhizosolenia* spp. (0,268** ; 0,258** ; 0,260**). La plupart de ces taxons sont constants et réguliers, c'est-à-dire sont retrouvés dans la zone d'étude pendant toutes les saisons de l'année. Ils sont caractéristiques de la zone d'étude.

III.1.3.2.1 2.2. Nitrate, Nitrite et Orthophosphate

L'analyse des corrélations a montré que les taxons de Diatomées suivant connaissent leur développement optimal en présence des Nitrates et plus précisément lorsque leurs concentrations

dans l'eau augmentent pendant la PSS et la GSP. Il s'agit de : *Pseudonitzschia* spp. (0,260**), *Thalassionema frauenfeldii* (0,369**), *Thalassionema nitzchioides* (0,257**), *Hemiaulus haucky* (0,305**), *Hemiaulus sinensis* (0,309**), *Odontella longicruris* (0,240**), *Odontella sinensis* (0,252**), *Bacteriastrum furcatum* (0,282**), *Bacteriastrum hyalinum* (0,179*), *Chaetoceros lorenzianus* (0,246**), *Chaetoceros perivianus* (0,240**), *Corethron histrix* (0,340**), *Ditylum sol* (0,340**), *Lithodesmium undulatum* (0,396**), *Neocalyptrella robusta* (0,280**), *Proboscia alata* (0,254**) qui ont été corrélés positivement et significativement avec ce nutriment pourtant limitant dans les eaux côtières. De même, la faible concentration de nitrites dans l'eau a été favorable au développement de : *Pseudonitzschia* spp. (,217**), *Pleurosigma elongatum* (0,184*), *Thalassionema frauenfeldii* (0,310**), *Thalassionema nitzchioides* (0,270**), *Coscinodiscus oculus-iridis* (0,270**), *Hemiaulus sinensis* (0,177*), *Thalassiosira leptopus* (0,189*), *Thalassiosira punctigera* (0,221**), *Odontella longicruris* (0,230**), *Odontella sinensis* (0,262**), *Bacteriastrum furcatum* (0,238**), *Bacteriastrum hyalinum* (0,155*), *Chaetoceros lorenzianus* (0,152*), *Corethron histrix* (0,201**), *Ditylum sol* (0,169*), *Lithodesmium undulatum* (0,243**), *Neocalyptrella robusta* (0,278**), *Proboscia alata* (0,270**), *Pseudosolenia calcar-avis* (0,284**). Quant aux orthophosphates dont le pic de concentration n'a été enregistré que pendant la GSS, l'analyse a montré que quelques corrélations positives et significatives avec *Bacillaria* sp. (,202**), *Navicula* spp. (0,244**), *Coscinodiscus asteromphalus* (0,363**), *Coscinodiscus* spp. (0,234**), *Thalassiosira excentrica* (0,168*), *Thalassiosira* spp. (0,153*)

III.1.3.2.2. Paramètres abiotiques qui influencent la distribution des Dinoflagellés

La dynamique des Dinoflagellés dans la zone côtière de Kribi a été très peu sous l'influence des facteurs abiotiques. Les taxons de ce groupe n'ont pas assez corrélé positivement avec les facteurs abiotiques. La température a corrélé positivement et significativement avec deux taxons dont la floraison n'est observée que pendant la GSS. Il s'agit *Ceratium macroceros* (0,194*), *Diplopsalis lenticula* (0,220**) qui prolifèrent dans la zone étude lorsque les températures sont élevées. La bonne oxygénation des eaux par contre est favorable au développement de *Gymnodinium catenatum* (0,184*). Le pH aussi a été corrélé positivement et significativement avec *Gymnodinium catenatum* (0,208**) et avec *Ceratium trichoceros* (0,156*). Quant à la conductivité électrique, salinité et TDS, qui agissent simultanément, les données relevées ont montré

respectivement des corrélations positives et significatives avec *Protoberidinium* spp. (0,187* ; 0,185* ; 0,178*). L'azote ammoniacal et l'alcalinité ont simultanément et respectivement corrélé positivement et significativement avec *Ornithocercus magnificus* (0,005 ; 0,213**), *Ceratium tripos* (0,217** ; 0,09), *Pyrodinium bahamense* (0,156* ; 0,03) et *Diplopsalis lenticula* (0,029 ; 0,287**).

III.1.4. Typologie de la zone côtière de Kribi

III.1.4.1. Typologie à base de la physico-chimie des eaux

III.1.4.1.1. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La CAH réalisée entre les points de prélèvement à partir des données physico-chimiques a permis d'établir les similarités et dissimilarités entre les points de prélèvement a défini 03 classes à partir d'une hauteur de 03 de l'abscisse (Fig. 41). Il s'agit de la Classe I composé K3, K5, K6, K9, K10, K11, K12 et K13 ; la Classe II composé de K1, K2, K4 et K8 ; enfin la Classe III composé de K7 uniquement (Fig. 41). La CAH a permis d'établir la dissimilarité entre le point K7 situé à l'embouchure de la Lobé et les autres causée par l'influence du fleuve Lobé sur les paramètres physico-chimiques de l'océan.

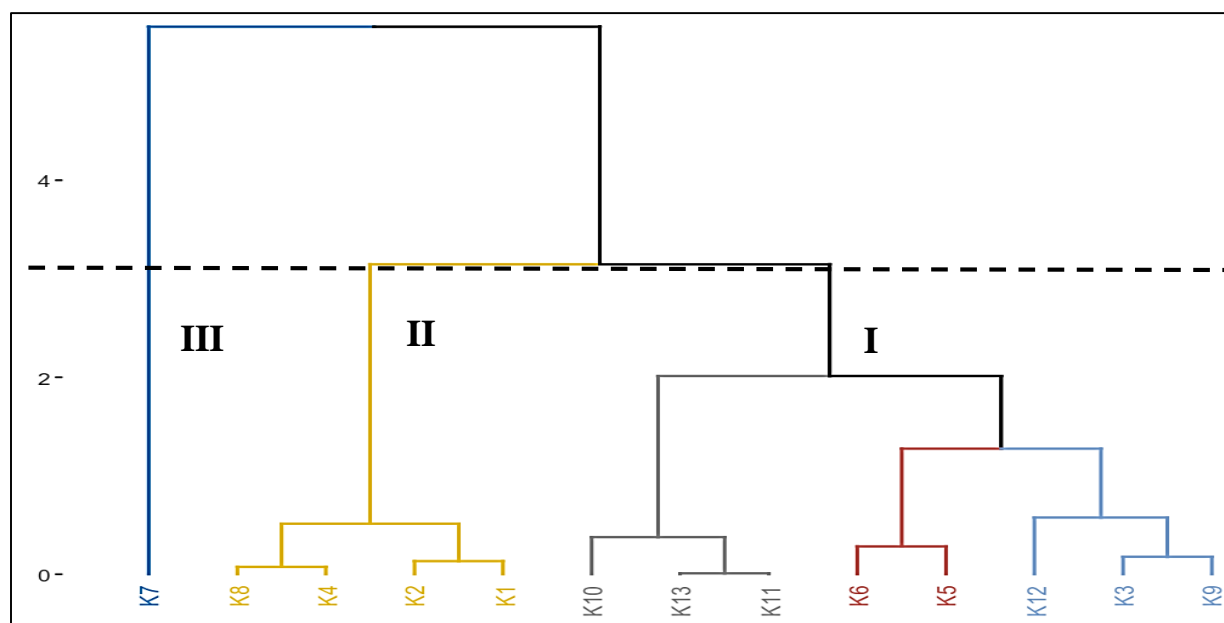


Figure 41 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des points de prélèvement en fonction des paramètres physico-chimiques enregistrés pendant la période d'étude. NB : Les chiffres romains I, II et III désignent les Classes constituées.

III.1.4.1.2. Analyse en Composantes principales (ACP)

Le résultat de l'Analyse en Composantes Principales sur le plan saisonnier a montré que l'essentiel de la variance totale fournie par les différentes dimensions (03 au total) révèle que les dimensions Dim 1 et Dim 2 expliquent 82,12 % (Fig. 42A). Tout de même, une ACP réalisée à partir des données enregistrées au plan spatial dans les différents points de prélèvement a fourni quant à elle 67,31 % avec 50,50 % et 16,81 % d'inertie pour les dimensions 1 et 2 respectivement.

La dimension **Dim 1** exprime 63,17 % de variance totale. Sur le cercle de corrélation (Fig. 42B), cette dimension est positivement et significativement corrélée aux TDS, à la salinité (Sal), à la température (Temp), la conductivité (Cond), au pH, à l'azote ammoniacal (Ammo), l'alcalinité (Alc), aux orthophosphates (Phos), et aux Matières En Suspension (MES) qui s'opposent à l'oxygène dissous (oxy), à la dureté calcique (calci), aux nitrites (nitri) et aux nitrates (nitra). Cette dimension caractérise les eaux fortement minéralisées, basiques, chaude, riche en orthophosphate et peu enrichi en nitrites et nitrates. On peut penser que cette dimension indique les paramètres physico-chimiques caractéristiques des eaux de l'Océan pouvant significativement influencer la distribution saisonnière du phytoplancton. La **Dim 2** avec 18,94 % d'inertie oppose quant à elle d'un côté (positif) le gaz carbonique (carb), la couleur (couleur) à la dureté magnésique (Magne) corrélé négativement et significativement à cette dimension (Fig. 42B). Cet axe ne donne pas assez d'informations par rapport à l'objectif de ce travail.

Ces 02 dimensions ont permis de répartir les saisons étudiées en trois groupes. Le **groupe I** constitué de la GSS et la PSP caractérisé par les eaux très salées, minéralisées, alcalines, basiques, riche en orthophosphates avec les TDS et une température élevée (Fig. 43). Le **groupe II** composé par la PSS montre que pendant cette saison, les eaux de l'océan sont colorées et riche en gaz carbonique. Enfin, le **groupe III** représenté par la GSP montre une baisse de la concentration des nitrites, nitrates et oxygène dissous dans les eaux pendant ces saisons (Fig. 43).

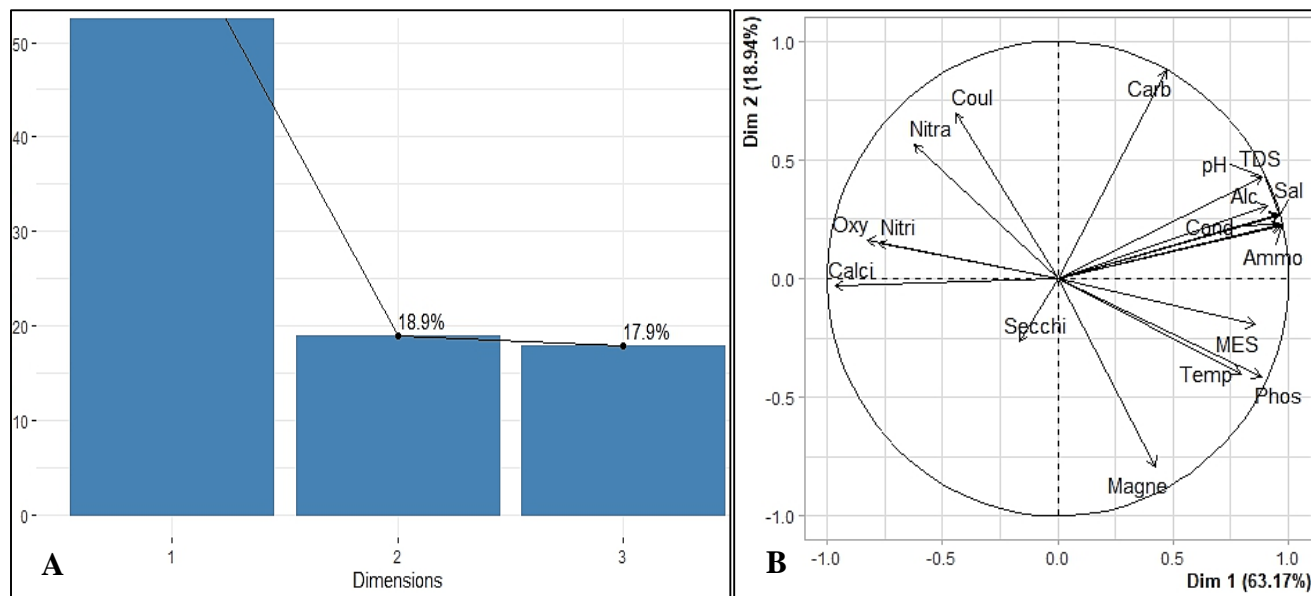


Figure 42 : Pourcentage de contribution sur les Dimensions (A) et Projection des variables physico-chimiques sur le plan des deux premières dimensions de l'ACP (B).

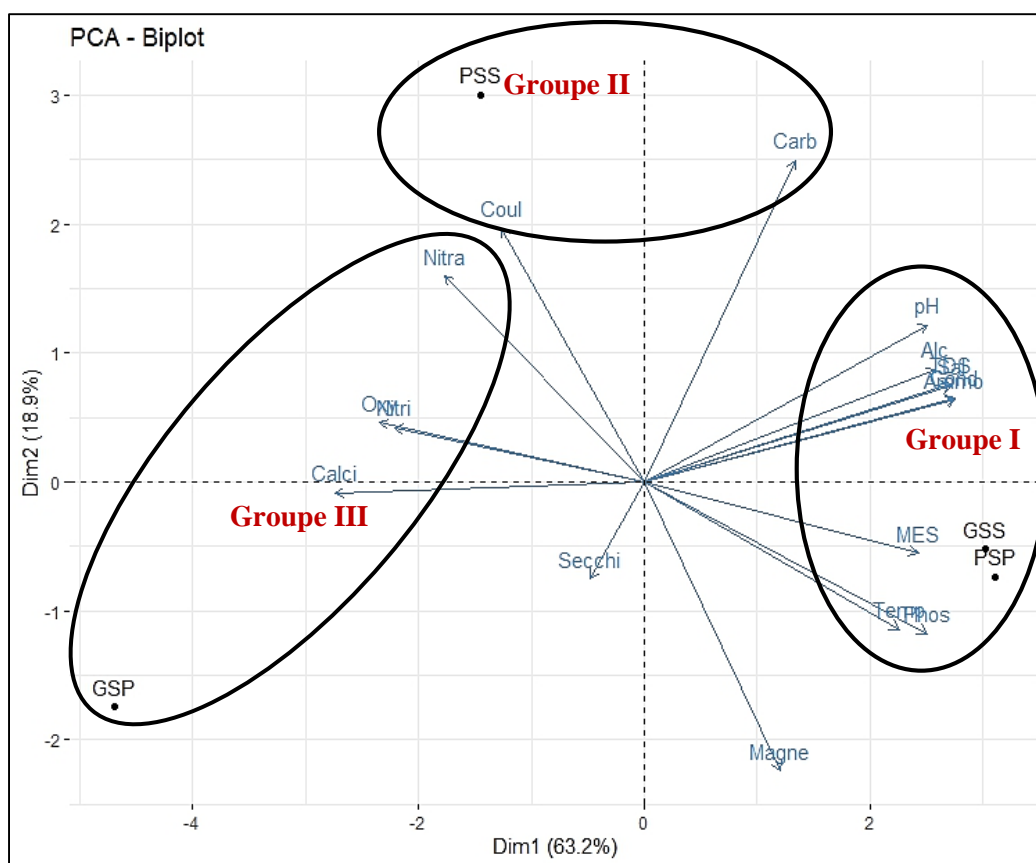


Figure 43 : Projection des saisons décrites par leurs caractéristiques physicochimiques, sur le plan des deux premières dimensions de l'ACP

III.1.4.2. Typologie à base de la biodiversité phytoplanctonique

III.1.4.1. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) basée sur les peuplements phytoplanctoniques

La CAH basée sur les taxa phytoplanctoniques constants, réguliers et ubiquistes a quant à elle défini 05 classes montrant les dissimilarités entre les points de prélèvement en fonction de leurs compositions phytoplanctoniques. Il s'agit de la classe I composée de K1, K2, K5, K6, K8, K9, K12 et K13 ; la classe II composée de K11 ; la classe III composée de K10 ; la classe IV composée de K7 et la V formée par K4 et K3 (Fig. 44).

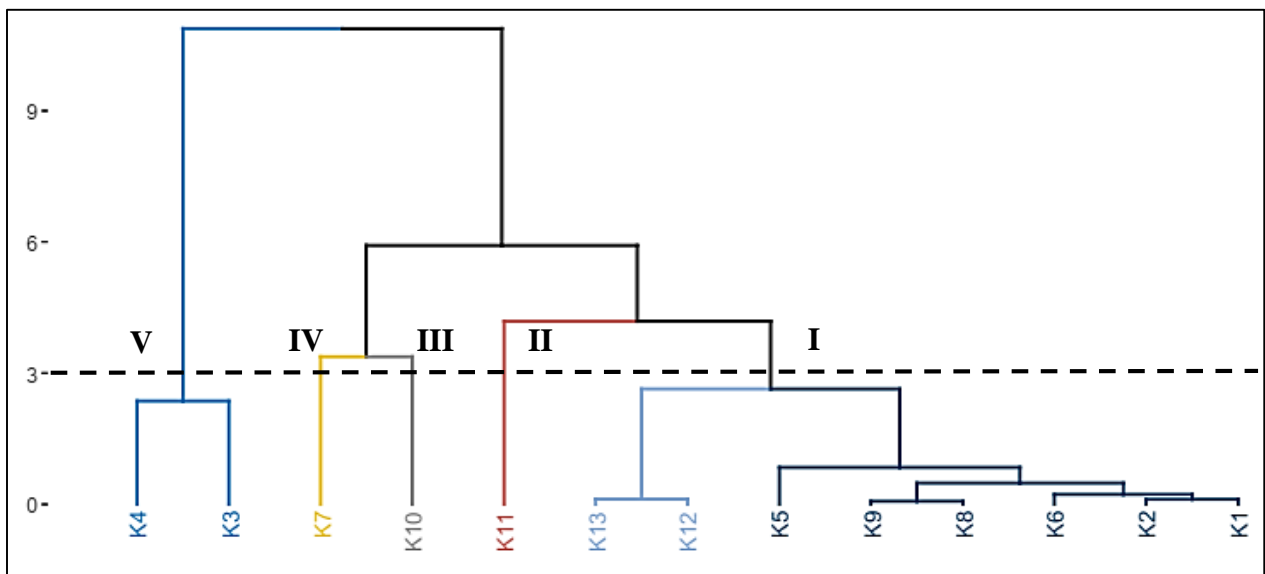


Figure 44 : Classification Ascendante Hiérarchique des points de prélèvement à partir des densités phytoplanctoniques. **Légende :** Les chiffres romains I, II, III, IV et V désignent les classes constituées

III.1.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP) basée sur les peuplements phytoplanctoniques

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à partir des taxa phytoplanctoniques constants, réguliers, omniprésents et autres (regroupant les taxa rares et accessoires) pour examiner si les saisons se distancent d'un point de vue phytoplanctoniques. L'essentiel des contributions fournies par les différentes dimensions montre que les dimensions Dim 1 et Dim 2 révèlent 79,7 % de l'information (Fig. 45). Par ailleurs, l'ACP réalisée à partir des densités des taxons phytoplanctoniques constants, réguliers, ubiquistes au plan spatial n'a expliqué que 36,75 % de l'information réparties en 22,7 % et 14 % sur les dimensions 1 et 2.

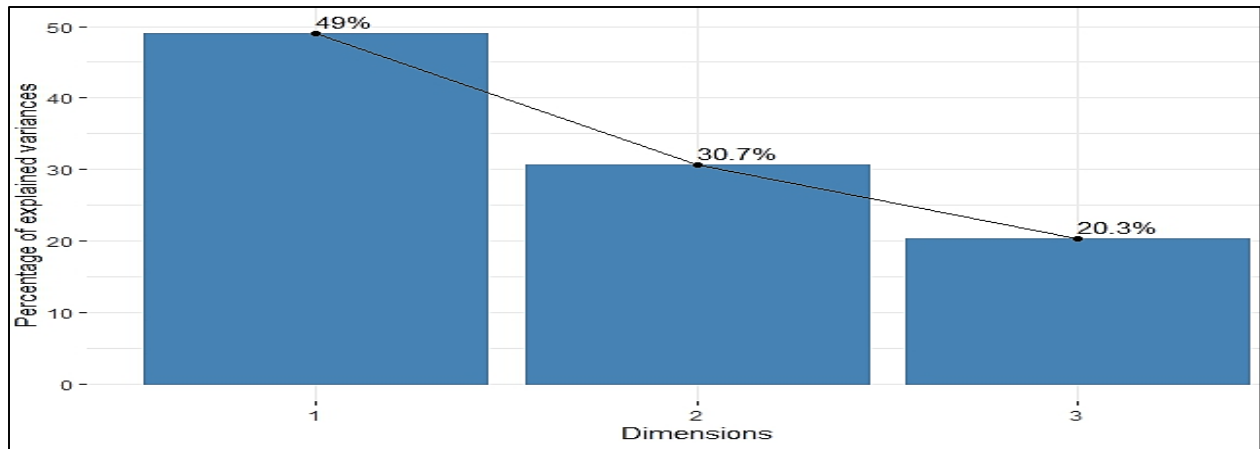


Figure 45 : Pourcentage de contribution des taxons phytoplanctoniques sur les Dimensions

La dimension **Dim 1** exprime 49 % de variance totale. Sur le cercle de corrélation (Fig. 46), cette dimension est positivement et significativement corrélée à *Thalassiosira leptopus* (Thle) ; *Pleurosigma strigosum* (Plst) ; *Pseudosolenia calcar-avis* (Pzca) ; *Protoperidinium pellucidum* (Prpel) ; *Protoperidinium leonis* (Prle) ; *Cerataulus radiatus* (Cera) ; *Cosmarium binum* (Cobi) ; *Protoperidinium divergens* (Prdi) ; *Ceratium furca* (Cefurc) ; *Nitzschia closterium* (Niclo) ; *Pleurosigma* spp. (Plspp) ; *Nitzschia* spp. (Nispp) ; *Diplopsalis lenticula* (Dile) ; *Navicula* spp. (Naspp) ; *Nitzschia longissima* (Nilo) ; *Prorocentrum sigmoides* (Prsi) ; *Odontella mobiliensis* (Odmo) ; *Pyrodinium bahamense* (Pyba) ; *Palmeria hardmaniana* (Paha) (Annexe 8). La **Dim 2** avec 30,7 % de l'inertie oppose significativement du côté positif *Neocaliptera robusta* (Nero) ; *Coscinodiscus radiatus* (Cora) ; *Thalassiosira punctigera* (Thpu) ; *Thalassiosira nobilis* (Thno) ; *Biddulphia regia* (Bireg) ; *Guinardia flacida* (Gufl) ; *Odontella reticulata* (Odret) ; *Biddulphia biddulphiana* (Bibi) à *Ceratium symmetricum* (Cesy) corrélé négativement et significativement à cette dimension (Fig. 46).

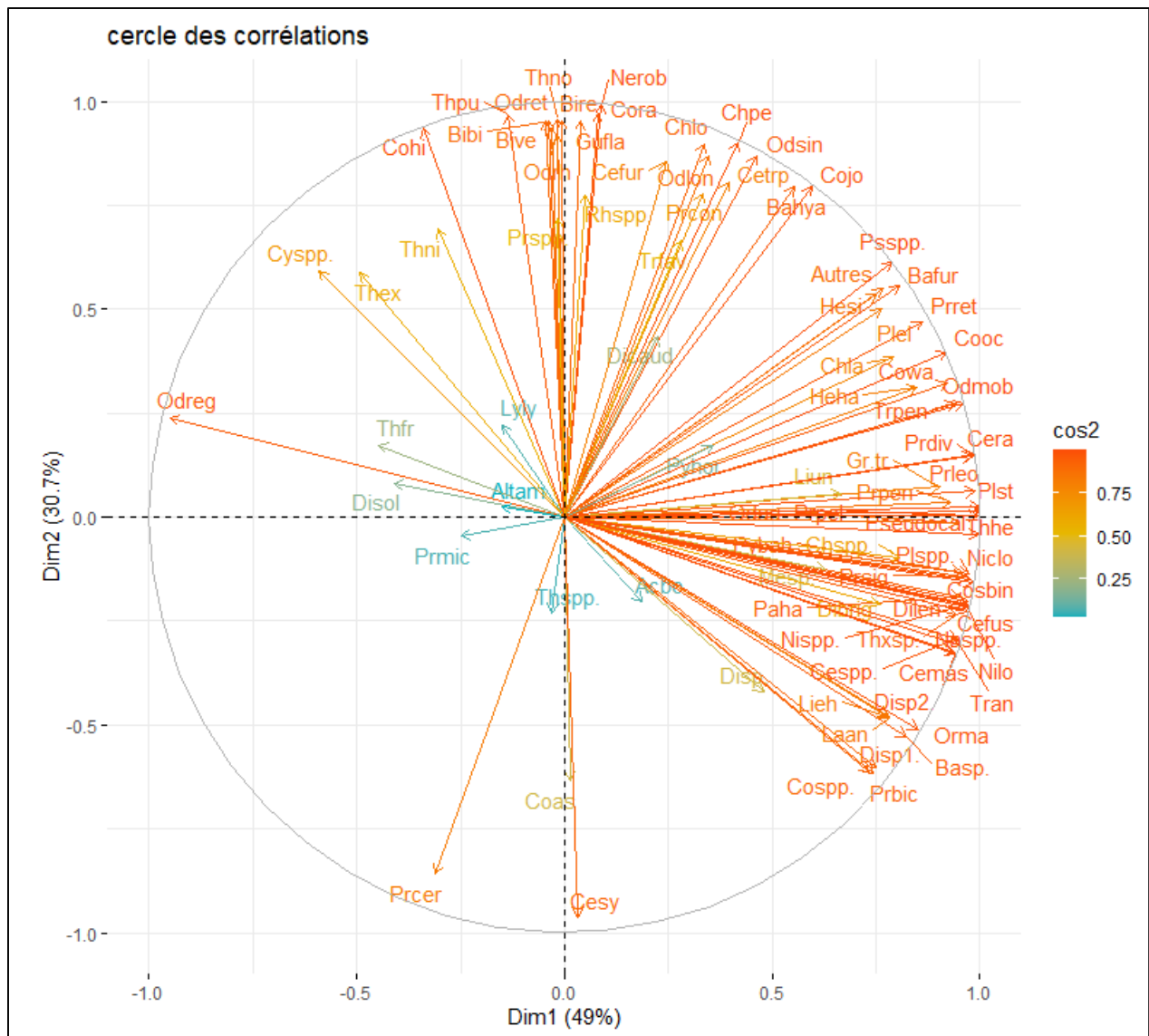


Figure 46 : Projection des taxons phytoplanctoniques sur le cercle de corrélations

Ces deux dimensions ont séparé les saisons en trois groupes caractérisés par des assemblages phytoplanctoniques différents à travers leurs scores de contribution à ces dimensions. Ces groupes clairement différenciés, mettent en évidence les structures phytoplanctoniques caractéristiques de ces saisons (Fig. 47). Le **Groupe I** correspond à la **GSS** caractérisée par les taxons tels que *Thalassiosira leptopus* (Thle), *Pleurosigma strigosum* (Plst), *Pseudosolenia calcar-avis* (Pscal), *Protoperidinium pellucidum* (Prpel), *Protoperidinium leonis* (Prle), *Cerataulus radiatus* (Cera), *Cosmarium binum* (Cobi), *Protoperidinium divergens* (Prdi), *Ceratium furca* (Cefur), *Nitzschia closterium* (Niclo), *Pleurosigma* spp. (Plspp.), *Nitzschia* spp. (Nispp), *Diplopsalis lenticula* (Dile), *Navicula* spp. (Naspp.), *Nitzschia longissima* (Nilo),

Prorocentrum sigmoides (Prsi), *Odontella mobiliensis* (Odmo), *Pyrodinium bahamense* (Pyba), *Palmeria hardmaniana* (Pahar). Le **Groupe II** est représenté par la GSP qui présente un peuplement dominé par *Neocallyptera robusta* (Nerob), *Coscinodiscus radiatus* (Cora), *Thalassiosira punctigera* (Thpu), *Thalassiosira nobilis* (Thno), *Biddulphia regia* (Bireg), *Guinardia flacida* (Gufl), *Odontella reticulata* (Odrec), *Biddulphia biddulphiana* (Bibi). Enfin le **Groupe III** formé par la PSP caractérisé par *Ceratium symmetricum* et *Protoperidinium cerasus*.

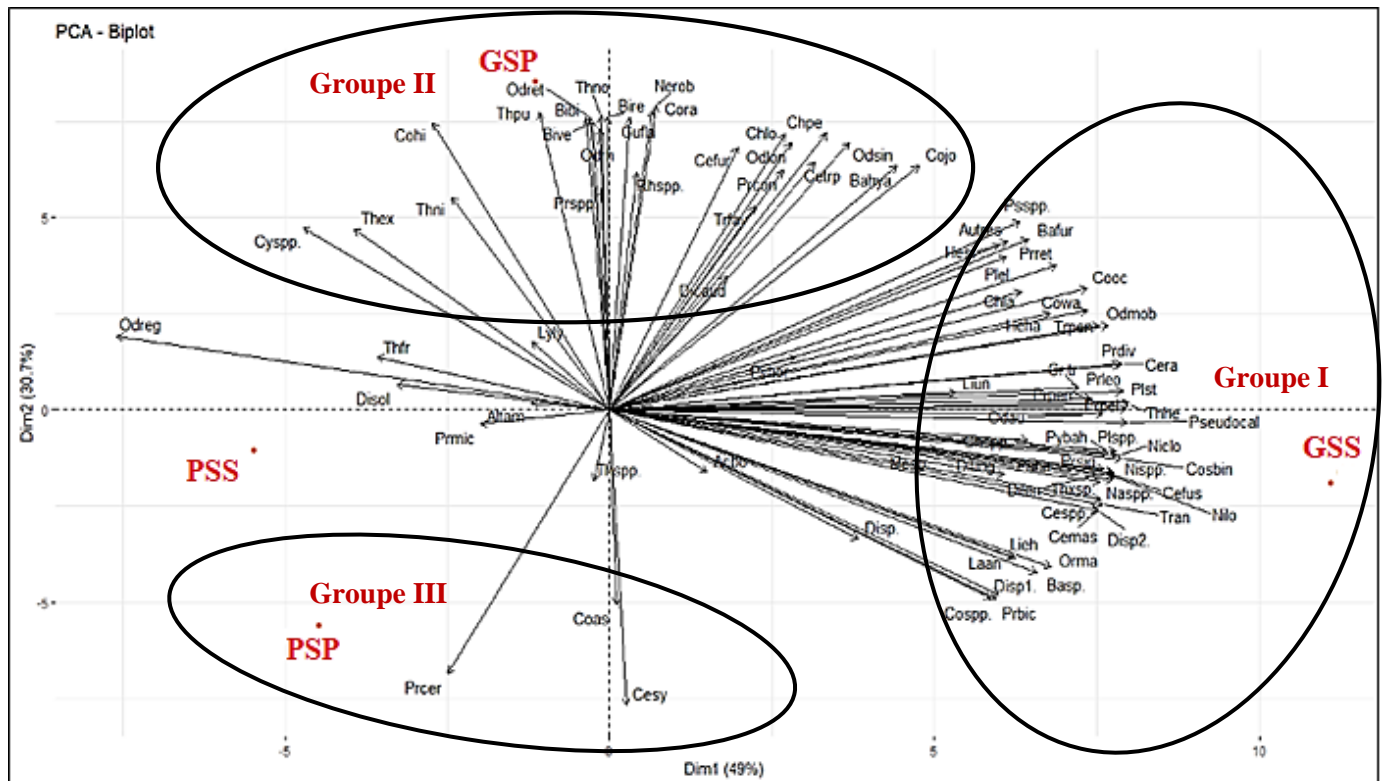


Figure 47 : Projection des saisons décrites par la structuration du peuplement phytoplanctonique sur le plan des deux premières dimensions de l'ACP

III.2. DISCUSSION

III.2.1. Physico-chimiques des eaux de la côte de Kribi

Le niveau de variation des températures au cours de cette étude est en lien avec la plage de mesure. La valeur moyenne de température (29,46 °C) enregistrée est supérieure à celles obtenues par Mama (2019) et Essomba biloa *et al* (2021) dans l'estuaire de la Kienke 27,39 °C et 27,9 °C respectivement et proche de celle enregistrée par Krakstad *et al.* (2006) (28,6 °C). Ce résultat montre que les eaux de l'océan ont naturellement une température élevée que celle des eaux douces

et saumâtres. Le caractère légèrement chaud des eaux de l'océan est dû selon la première évaluation mondiale intégrée du milieu marin (ONU, 2017) au fait que la masse d'eau considérable de l'océan et la haute capacité calorifique de son milieu lui permettent d'emmagasiner d'énormes quantités d'énergie (1 000 fois plus que celle qu'on trouve dans l'atmosphère) pour une hausse de température équivalente. Par ailleurs, l'évolution de la température entre 2006 et 2021 (0,86 °C) pourrait se justifier entre autre par l'influence des changements climatiques sur la température de l'eau et la différence des plages de mesures parfois à des heures irrégulières lorsque le soleil était au zénith. Selon le même rapport de la première évaluation mondiale intégrée du milieu marin (ONU, 2017), au cours des trente dernières années, quelque 70 % des zones côtières du monde ont connu des hausses sensibles de la température de la surface océanique.

Pour ce qui est de la variation saisonnière de la température, elle a présenté des faibles valeurs pendant la PSS et les valeurs élevées en GSS. En effet, la température de l'eau a augmenté sous l'effet des plus fortes températures atmosphériques et du rayonnement solaire pendant la GSS. L'amplitude de variation saisonnière (3,97 °C) enregistrée au cours de ce travail témoigne donc de la forte variabilité de température entre les saisons. Cette variation saisonnière serait liée aux conditions climatiques caractéristiques de chaque saison. En effet, dans la zone côtière de Kribi, la température peut monter à 28°C en saison sèche avec un pic à 31,5°C en Mars (Mena *et al.*, 2016). Les travaux de Mama (2019) dans l'estuaire de la Kienké situé dans la zone d'étude ont abouti à un résultat similaire avec la plus faible température enregistrée durant la PSS (24,4±5,63 °C) et la plus élevée pendant la GSS (29,47±0,83 °C).

La valeur moyenne du pH de l'eau a montré un pH légèrement basique (8,53±0,11 U.C) caractéristique des eaux marines. Ce pH reste d'ailleurs dans la gamme normale de pH des eaux marines et océaniques qui ont environ un pH de 8,2 bien qu'il puisse varier entre 7,5 à 8,5 (Flecha *et al.*, 2022). Le pH normal des eaux tel qu'enregistré à Kribi diminue donc son influence sur la variabilité des espèces. Durant la période d'étude, le pH a montré une légère fluctuation suite probablement aux processus photosynthétiques et événements hydrographiques entre 8,36±0,31 pendant la GSP et 8,61±0,06 pendant la GSS avec une amplitude de variation de 0,25. Cette gamme de pH serait en lien avec la croissance des abondances phytoplanctoniques surtout pendant la GSS. Il a d'ailleurs été démontré que la fluctuation du pH peut être reliée aux floraisons du phytoplancton durant la période de croissance, où les niveaux de pH ont tendance à augmenter (Lemlih, 2019).

Concernant la variation spatiale de la conductivité, des TDS et de la salinité, les valeurs les plus faibles ont été observées à l'embouchure du fleuve Lobé et à K6 régulièrement influencé par les eaux douces. La baisse de minéralisation observée dans ces points de prélèvement serait attribuable au phénomène de dilution par les fleuves côtiers. En effet, comparativement au fleuve Kienké, les eaux de la Lobé influencent significativement les eaux de l'océan avec respectivement des débits de 49,2 m³/s et 102 m³/s ; des écoulements moyens de 177 m³/s et 390 m³/s (Olivry, 1986). Par ailleurs, la variation saisonnière de ces paramètres est plus marquée entre les saisons vu les écarts considérables entre les valeurs moyennes minimales et maximales. Les plus basses valeurs notées pendant le GSP et les plus élevées durant la GSS. Ces faibles valeurs relevées pendant la GSP pourraient également être mis en relation avec la dilution par l'action des pluies et les apports d'eaux douces continentales. En effet, d'après Lemlih, 2019, le ruissellement des eaux continentales vers l'océan est un moteur principal de la diminution de la salinité dans la couche d'eau superficielle. Ces variations brusques de salinité peuvent par conséquent modifier la forme ionique des nutriments utilisables par les organismes et contribuer aux décès du divers phytoplancton, poissons, mollusques et crustacés (Sathishkumar *et al.* 2021).

Les teneurs en oxygène dissous ont montré au cours de cette étude que l'eau de l'ensemble des points étudiés était relativement bien oxygénée durant toute l'année (89,56±1,13 %). Des variations significatives ont été observées entre les différentes saisons avec des valeurs faibles observées pendant la GSS et élevées durant la GSP. Ces valeurs ont été largement supérieures à celles relevées par Mama (2019) dans l'estuaire de la Kienké (45,8 %). La forte oxygénation des eaux observée durant la GSP serait liée aux eaux de pluies et à la turbulence des eaux par les vagues qui rechargeraient l'eau en oxygène atmosphériques. Selon Touahria (1999), la teneur en oxygène varie dans le milieu marin en fonction de la température, de la salinité et dépend aussi de l'activité biologique telle que la production d'oxygène par les végétaux autotrophes et aussi des processus physiques (échanges atmosphériques entre l'air et l'eau) et chimiques. Ce niveau d'oxygène enregistré dans la zone côtière de Kribi est un bon indicateur de la capacité du milieu à supporter la vie selon les résultats de la mise en œuvre des réseaux REPHY et SRN - Zones côtières de la Manche orientale et de la baie sud de la mer du Nord (Devreker et Lefebvre, 2022).

Les valeurs des sels nutritifs à savoir les nitrites, nitrates et orthophosphates enregistrées montrent un enrichissement progressif de l'eau de l'océan dans la zone étudiée. Les provenances de ces sels dans l'océan auraient pour origines les apports des fleuves côtiers, les rejets d'eaux

usées urbaines, les rejets divers du port de Kribi et d'effluents industriels, la combustion d'énergies fossiles, le lessivage des terres agricoles et le retournement des eaux au cours des upwellings qui remet en surface ces éléments stockés dans les sédiments. La concentration élevée de ces sels avait été relevée par Mama (2019) dans l'estuaire de la Kienke pendant la PSP et la PSS soit $0,0065 \pm 0,004$ mg/L et $2,09 \pm 3,46$ mg/L pour les nitrites ; $1,26 \pm 0,9$ mg/L et $2,14 \pm 1,43$ mg/L pour les nitrates et enfin $0,3 \pm 0,2$ mg/L et $1,45 \pm 1,32$ mg/L pour les orthophosphates respectivement. Concernant les orthophosphates plus particulièrement, les concentrations maximales enregistrées pendant la GSS pourrait être justifiée par l'augmentation de la température pendant la GSS. D'après Jin *et al.* (2005), l'augmentation de la température (période chaude) est un facteur renforçant la libération du phosphore inorganique dissous piégé dans les sédiments qui constituent ainsi une source importante de phosphore biodisponible (PO_4^{3-}).

III.2.2. Peuplement phytoplanctonique

III.2.2.1. Composition du peuplement phytoplanctonique dans la zone côtière de Kribi

L'étude de la composition spécifique du peuplement du phytoplancton des 13 points de prélèvement prospectés a permis de recenser 274 taxons. Ce peuplement est un mélange hétérogène de taxons marines typiques, saumâtres et d'eau douce majoritairement planctoniques. Comparativement aux études réalisées dans d'autres écosystèmes côtiers, la diversité obtenue au cours de cette thèse est supérieure à celle enregistrée par Gallouli *et al.* (2014) au cours d'une étude réalisée durant la période printanière dans la baie d'Agadir avec 83 taxons phytoplanctoniques recensés et à celle identifiée par Mama (2019) au cours de 08 campagnes de prélèvement allant de 2013 à 2015 dans les estuaires de la Kienke (167 taxons) et Nyong (217 taxons). Elle est par contre inférieure aux 323 taxons identifiés par Al-Kandari *et al.* (2009) dans les eaux marines du Koweït ; 385 taxons relevés par Lakkis (2018) durant une période d'étude allant de 1970 à 2005 dans les eaux marines du Liban ; 316 taxons identifiés par Komoé (2010) pendant une période d'étude allant de juillet 2005 à juin 2007 dans la lagune de grand-lahou en Côte d'Ivoire. La différence du nombre de taxons enregistrée au cours de ces différentes études serait liée à la variabilité climatique des zones d'étude, à la remise en suspension des espèces benthiques (tychoplancton) par la turbulence de l'eau, au gradient de salinité, à la durée de l'étude, à l'addition des espèces estuariennes, etc... (Corredor, 1979). L'important nombre de taxons identifié dans la zone côtière de Kribi se justifierait par de nombreux processus additionnels des espèces liés à sa position à l'interface entre la terre, l'océan, l'atmosphère et les sédiments.

Tout comme le révèle des inventaires phytoplanctoniques réalisés dans d'autres zones océaniques et côtiers (Al-Kandari *et al.*, 2009 ; Gallouli *et al.*, 2014 et Lakkis 2018), les Diatomées suivi des Dinophyta ont été les groupes dominants au cours de notre étude. Il s'agirait donc d'un schéma classique de distribution du phytoplancton dans les eaux marines. D'après Simon *et al.* (2009), les Diatomées et les Dinoflagellés dominent les communautés parmi les taxons de phytoplancton les plus représentés chez les protistes marins et des écosystèmes côtiers. Parmi les Diatomées et Dinoflagellés identifiés, les familles des Chaetoceraceae, Triceratiaceae et Biddulphiaceae ont été les plus diversifiées chez les Diatomées alors celles des Ceratiaceae et Protoperidiniaceae l'ont été chez les Dinoflagellés. La diversité élevée de ces familles comparativement aux autres s'expliqueraient par le fait que les espèces appartenant à ces familles sont pour la majorité des espèces marines cosmopolites, subcosmopolites et plus particulièrement, la famille des Ceratiaceae est l'une des plus communes et des plus répandus du phytoplancton en milieu marin, avec celle des Protoperidiniaceae (Komoe, 2010 ; Okolodkov, 2010).

Sur le plan spatial, les points de prélèvement K9, K11 et K13 peuvent être considéré comme les plus diversifiés et K1, K2 et K5 comme les moins diversifiés. Sur le plan saisonnier, la PSS est considérée comme la moins diversifié et la GSS est vue comme la plus diversifiée. Ce résultat s'expliquerait par des apports terrigènes (Frehi *et al.*, 2007) car les points K1, K2, et K5 seraient les plus soumis à la pollution anthropique qui agit sur la diversité du phytoplancton. En effet, ces points sont situés en zone urbaine sous influence de divers polluants d'origine ponctuelle à l'instar du fleuve Kienke qui charrie tous les polluants du débarcadère et du tuyau d'évacuation du camp Bir à K2, la carrière de sable à K5 et les différents rejets au niveau de la plage (K1) qui dégraderaient l'écosystème côtier. Sur le plan saisonnier, cette variabilité s'explique par la variation des processus affectant la croissance du phytoplancton au cours des saisons. La succession des saisons entraine des variations cycliques de réchauffement et de refroidissement, de variation de la quantité de nutriments. Les propriétés physiques et biogéochimiques des couches d'eaux évoluent également avec l'alternance des saisons et impactent la disponibilité des ressources nécessaires au développement du phytoplancton tel que la très faible disponibilité des PO_4^{3-} observée pendant la PSS qui entrainerait une baisse de la diversité relevée à cette saison (Drouet, 2020).

III.2.2.2. Abondance phytoplanctonique dans la zone côtière de Kribi

En termes d'abondance, les Diatomées ont été le groupe ayant enregistré les abondances plus élevées suivies des Dinoflagellés. Cette structuration des abondances du peuplement phytoplanctonique a permis de montrer que l'écosystème marin de la zone côtière de de Kribi est encore en équilibre. Selon l'AFB (2013), un écosystème est non perturbé lorsque la communauté phytoplanctonique est dominée en abondance par les Diatomées. De même, sur les plans spatial et saisonnier, l'abondance des Diatomées a prédominé celle des autres groupes phytoplanctoniques suivie par celle des Dinoflagellés. Cette domination de Diatomées en termes d'abondance s'expliquerait aussi par le fait que les Diatomées se multiplient rapidement et ont une tendance à dominer les communautés de phytoplancton (Malviya *et al.*, 2016 ; Al-Yamani et Saburova, 2019). Dans l'ensemble, les abondances phytoplanctoniques ont été croissantes de la PSP à la GSS et plus importantes pendant la GSP et la GSS. Cette abondance n'est pas due à la forte richesse spécifique, mais plutôt à un nombre très élevé d'individus appartenant à quelques espèces telles *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassionema nitzchioides*, *Biddulphia biddulphiana*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Coscinodiscus wailesi*, *Odontella mobiliensis*, *Bacteriastrum hyalinum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Chaetoceros perivianus*, *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Dinophysis caudata*, *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*. En effet, cette évolution des densités phytoplanctoniques enregistrée met en évidence une périodicité saisonnière dans le développement des certaines algues. Relatif aux différentes Classes phytoplanctoniques recensées les abondances de celles appartenant aux Diatomées ont été dominant à tous les points et à toutes les saisons à l'exception de la Classe des Desmophyceae appartenant au groupe des Dinoflagellés qui était dominant sur celle des Bacillariophyceae à K3, K4, K6, K8, K12 et K13 et pendant la PSP et la GSP. Ce résultat s'expliquerait par le fait que, les espèces de Dinoflagellés ont une écologie est très variée (Burkholder *et al.*, 2006 ; Taylor *et al.*, 2008). Une forte concentration des espèces de Dinoflagellés correspondrait à de forts apports en nutriments issus des environnements terrestres et/ou à des remontées d'eau profonde et dans certains cas, certaines espèces de peuvent développer la capacité à stocker ces éléments nutritifs ce qui leur permet de supplanter les autres espèces ou d'effectuer une germination des cellules végétatives d'hypnozygotes (Havskum *et al.*, 2005 ; Granéli et Turner, 2007 ; Labry *et al.*, 2008). De manière globale, un grand nombre de ces espèces montre aussi une sensibilité à l'agitation du milieu, ce qui justifierait les faibles abondances des Classes des

Desmophysaceae et des Dinophyceae identifiées par rapport aux Classes des Diatomées (Belkhirat et Madani, 2021).

Au regard des abondances des espèces phytoplanctoniques indicatrices nuisibles et toxiques mentionnées dans la zone côtière de Kribi, celle de *Dinophysis caudata* a été remarquablement sur les plans spatial et saisonnier au-delà des seuils fixés par la convention OSPAR 2008 qui sont de 10^2 ind./L pour les genres *Alexandrium* et *Dinophysis*, 10^3 ind./L pour l'espèce *Ondontella sinensis*, 10^4 ind./L pour *Prorocentrum* dans la zone maritime de l'Allemagne, la Nouvelle Zelande et la Suisse. Bien que *Dinophysis caudata* soit une espèce caractéristique des eaux marines tropicales, son omniprésence et sa prolifération dans la cote de Kribi seraient liées à d'autres facteurs. D'après (Granéli et Turner, 2007), les facteurs biologiques et/ou physiques qui déclenchent l'initiation de ces proliférations restent mal connus pour la plupart des dinoflagellés.

III.2.2.3. Indices de diversité et fréquence phytoplanctonique dans la zone côtière de Kribi

Les valeurs des indices de diversité spécifique obtenues dans les différents points de prélèvement et saisons apparaissent assez élevées. Pour ce qui est de l'indice de diversités de Shannon et Weaver plus spécifiquement, ces valeurs élevées sont caractéristiques des valeurs de ces indices en milieu marin. Selon Margalef (1969), l'indice de Shannon et Weaver peut atteindre 3, voir être supérieur à 3 dans le milieu marin et côtier. Le pic observé pendant la PSS se justifierait par la floraison très marquée de *Thalassionema frauenfeldii*, *Neocalyptrella robusta*, *Ditylum sol*, *Thalassionema nitzchioides* en plus du début de floraison des espèces dont les pics des densités sont observés pendant la GSP comme *Corethron histrix*, *Chaetoceros perivianus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Bacteriastrum furcatum*, *Bacteriastrum hyalinum*, *Proboscia alata*, *Bacteriastrum delicatum*. L'indice de Menhinick en appuie à l'indice de Shannon et Weaver a montré que les conditions dans les points étudiés et les saisons sont assez proches et très proches de l'état de référence et dont un peuplement phytoplanctonique en équilibre. L'indice de Menhinick ayant conduit à une caractérisation plus optimiste de la composition floristique de la mer Egée, il a été retenu pour caractériser des masses d'eau (Goffart, 2010).

En utilisant la fréquence des taxons comme indice de leurs classifications, l'on a remarqué que le nombre des espèces rares et accessoires est plus important que le nombre des espèces constantes, régulières et ubiquistes. Ce résultat témoignerait de l'influence de la dynamique de l'écosystème à travers la variation des marées, des saisons, des courants marins et des paramètres

physico-chimiques sur la présence de ces taxa rares et accessoires dans la zone étudiée. Quant à l'indice de Pielou, les valeurs obtenues sont toutes supérieures à 0,37, ce qui montre d'après Chiahou et Ramdani (1997), Gallouli *et al* (2014) que le peuplement de cette zone est équilibré.

III.2.2.4. Facteurs de distribution du phytoplancton dans la zone côtière de Kribi

La faible concentration de l'eau en azote durant cette étude fait de cet élément nutritif pour un facteur limitant pour la croissance du phytoplancton. Au plan saisonnier, l'azote a été le facteur limitant durant PSP, PSS et la GSS. En effet, la faible concentration en azote dans le milieu serait due au fait que, les cyanobactéries fixent l'azote au *pro rata* du phosphore qu'elles assimilent, finit par disparaître du milieu ce qui justifie son statut de facteur limitant (Barroin, 2004). Généralement, l'azote a un rôle moins intense dans le contrôle des microalgues (Chikhaoui *et al.*, 2008). Par contre, au cours de cette étude, le phosphore a été plus limitant pour la croissance du phytoplancton pendant la GSP car, d'après McDowell *et al.* (2009), lorsque le rapport N/P > 33 tel qu'enregistré pendant cette saison, c'est le phosphore qui est le facteur limitant. Cette faible concentration de l'eau en orthophosphate a induit la faible diversité et la faible abondance des Dinoflagellés au cours de cette saison. Selon Chikhaoui *et al.* (2008), le développement des Dinoflagellés est fortement lié à la disponibilité du phosphore parce qu'ils sont caractérisés par un contenu cellulaire élevé en ADN et, par suite, ces organismes ont un fort besoin en l'élément phosphore. Tel qu'indiqué par le rapport N/P, l'azote et le phosphore ont été tous deux limitants durant la PSS et la GSS. Lorsque la valeur du rapport N/P se situe entre $15,5 < N/P < 33$, l'azote et le phosphore sont tous deux limitant (Abell *et al.*, 2010). Ce cas pourrait se justifier par le fait que les microalgues se développent tout particulièrement à de fortes températures et salinités et que leur croissance augmente avec la disponibilité de ces éléments mais plus particulièrement la silice qui n'a malheureusement pas été mesurée au cours de cette étude.

L'étude de la distribution du phytoplancton en relation avec les paramètres physico-chimiques, a permis de montrer que les différentes espèces d'algues ne sont pas distribuées au hasard mais se répartissent en fonction de leurs exigences écologiques. En effet, en ce qui concerne les corrélations entre les variables abiotiques et le phytoplancton, la matrice des corrélations de Spearman révèle qu'il existe peu de fortes corrélations positives ces variables et le phytoplancton. Ce résultat a permis de montrer donc que, le développement de la communauté phytoplanctonique recensés dans la zone côtière de Kribi est plus dépendant du brassage vertical de la colonne d'eau

qui favorise le développement des Diatomées en particulier. Selon Smayda et Reynolds (2001), le rapport Diatomées/ Dinoflagellés dépend étroitement du brassage vertical de la colonne d'eau qui favorise le développement des Diatomées. La croissance des Dinoflagellés étant, au contraire, associée à une stratification de la colonne d'eau. Les quelques corrélations positives relevées ont été globalement entre les variables abiotiques de minéralisation de l'eau de l'océan (conductivité, salinité, TDS), les éléments nutritifs (nitrates, nitrites, orthophosphate) et les Diatomées. Ainsi, les Diatomées prolifèrent de préférence dans les milieux fertiles, vu leur grand pouvoir compétitif, vis-à-vis de l'utilisation des nutriments, par rapport aux autres groupes phytoplanctoniques (Margalef, 1968). Seules quelques espèces phytoplanctoniques possèdent leurs propres conditions optimales de croissance et leurs densités sont principalement dues à l'adaptation de certains organismes face aux variables abiotiques du milieu (Schulze et Caldwell, 1995 ; Komoe, 2010).

S'agissant de la distribution saisonnière des densités des taxons, les résultats des Analyses en Composantes Principales des paramètres physico-chimiques et biologiques ont montré que la plupart des taxons phytoplanctoniques tendent à proliférer pendant la GSS lorsque la température élevée induit la forte minéralisation des eaux (TDS, Conductivité et Salinité élevés) et la biodisponibilité des orthophosphates. *Pseudosolenia calcar-avis*, *Protoperidinium pellucidum*, *Protoperidinium divergens*, *Ceratium furca*, *Odontella mobiliensis* sont donc les taxons qui prolifèrent plus pendant la GSS dans la zone côtière de Kribi. D'après Komoe (2010), Les températures relativement élevées des eaux tropicales accélèreraient la décomposition des matières organiques par l'activité microbienne. Cela enrichit le milieu en éléments minéraux et nutritifs, favorisant une prolifération algale. Ce résultat est contraire à celui obtenu par Mama (2019) dans l'estuaire de la Kienké où la forte minéralisation, basicité et l'enrichissement des eaux en ammonium observée sont commandée par le processus d'intrusion des eaux marines et les espèces phytoplanctoniques qui y prolifèrent sont des taxons des eaux douces s'adaptant aux eaux salées. Contrairement à la GSS, il a été observé dans la zone côtière de Kribi et pendant la GSP, le développement des espèces nitrophiles. Il s'agit de *Neocallyptera robusta* ; *Coscinodiscus radiatus* ; *Thalassiosira punctigera* ; *Thalassiosira nobilis* ; *Biddulphia regia* ; *Guinardia flacida* ; *Odontella reticulata* ; *Biddulphia biddulphiana* qui apparaissent dans la zone côtière de Kribi lorsque les eaux sont riches en nitrates et nitrites.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

La présente étude dont l'objectif général était d'étudier quelques facteurs abiotiques de l'eau et la composition taxinomique du phytoplancton a permis d'avoir une vue globale sur la variation spatiale et saisonnière des quelques facteurs abiotiques étudiés, la dynamique spatiale et saisonnière de la richesse spécifique et des abondances phytoplanctoniques et enfin sur les relations entre les facteurs abiotiques et les taxons identifiés.

Cette étude a montré sur le plan abiotique que l'eau de l'océan Atlantique dans la zone côtière de Kribi a une température moyenne proche de 30 °C, un pH basique, une salinité mésohaline et une conductivité élevée. La variation spatiale des paramètres étudiés a montré une influence significative du fleuve Lobé vu son important débit qui modifie par le phénomène de dilution, la qualité physico-chimique de l'océan. Quant à la variation saisonnière, l'étude ressort non seulement une variation saisonnière des facteurs abiotiques entre les différentes saisons. Le Groupe I de l'ACP réalisée à l'aide des facteurs abiotiques a montré que les facteurs abiotiques déterminant de la GSS sont la température, la Conductivité, la Salinité et les orthophosphates.

L'inventaire phytoplanctonique quant à lui a permis de recenser 274 taxons. Cette communauté phytoplanctonique est composée de 08 Phyla dont 02 sont plus représentatives en nombre d'espèces à savoir les Diatomées avec 192 taxons et les Dinophyta avec 60 taxons. Les autres phylla regroupés au sein de « Autres » ont été sous représentés avec notamment 02 taxons pour les Chromophyta, 09 taxons pour les Charophyta, 03 taxons pour les Cyanobacteria, 04 taxons pour les Chlorophyta, 03 taxons pour les Euglenozoa et enfin 01 taxon pour les Ochrophyta. Le rapport Diatomées/Dinoflagellés a montré une forte représentativité des Diatomées en terme de nombre de taxons au profit des Dinoflagellés. Ce résultat indique donc que la zone côtière de Kribi est encore en équilibre et ne connaît pas encore de perturbations ou pollutions qui sont à l'origine des bouleversements dans la distribution des espèces en milieu côtier. Parmi les taxons identifiés figurent des espèces susceptibles d'être nuisibles pour la santé humaine et de l'écosystème. Il s'agit de : *Coscinodiscus wailesi*, *Ceratium furca* et *Dinophysis caudata*, *Bacteriastrum hyalinum*, *Chaetoceros perivianus*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pyrodinium bahamense*, *Prorocentrum micans*, *Thalassiosira hendeyi*, *Odontella sinensis*, *Chaetoceros lorenzianus*.

Du point de vue quantitative, la répartition du phytoplancton laisse apparaître d'importantes variations des abondances au plan spatial et saisonnier. Les Bacillariophyta et Dinophyta sont plus importants à tous les points et toutes les saisons avec des pics de densités enregistrés pendant la

GSP et la GSS. S'agissant des indices de diversité, les valeurs sont importantes dans tous les points de prélèvement et pendant toutes les saisons. La distribution des espèces algales, surtout des Diatomées en relation avec les paramètres physico-chimiques dans la zone côtière de Kribi est beaucoup plus sous l'influence des paramètres de minéralisation (conductivité, TDS, pH, salinité), de la température et des orthophosphates.

RECOMMANDATIONS

Les eaux océaniques de la zone côtière de Kribi sont multiusagers. Elles servent à la baignade, à la navigation, l'approvisionnement en ressources océaniques diverses, à la nidification, alimentation et au repos pour un très grand nombre d'organismes. Le suivi de leur qualité doit donc passer par des actions suivantes :

- La mise sur pieds d'un réseau de suivi permanent de qualité physico-chimique, des espèces phytoplanctoniques toxiques et non indigènes, et des apports en sels nutritifs des fleuves côtiers ;
- L'utilisation du phytoplancton comme indicateur biologique de référence pour le suivi des changements dus aux changements climatiques, aux apports exogènes et à la pollution ;
- un contrôle de composition phytoplanctonique des eaux de ballast du port en eau profonde qui pourrait apporter des espèces toxiques, non indigènes, nocives dans la zone côtières de Kribi ;
- une protection de la zone d'étude des pollutions diverses afin de préserver les conditions assez proches et très proches des conditions de références tel que révélé par l'indice de Menhinick.

PERSPECTIVES

Dans l'optique d'enrichir la liste des taxons phytoplanctoniques de la côte Atlantique camerounaise, il peut être envisagé pour les travaux futurs :

- Employer d'autres techniques de prélèvement du phytoplancton comme celle des lames en verres immergées dans la zone euphotique ;
- étudier la distribution du phytoplancton en fonction de la variation des marées ;
- compléter les identifications morphologiques par les analyses biomoléculaires ;
- mener une recherche plus approfondie sur les espèces phytoplanctoniques bénéfiques (fourrage pour la mariculture, espèces utilisées pour la synthèse des huiles essentielles, etc...) à l'Homme.
- cultiver l'espèce *Odontella aurita*, espèce utile en agroalimentaire et en cosmétique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.P.H.A. (1998).** Standard method for examination of water and wastewater. *American Public Health Association*, 20th edition, Washington, DC, 1150 p.
- Abbott M.R. & Zion P.M. (1985).** Satellite observations of phytoplankton variability during an upwelling event. *Continental Shelf Research* 4 : 661–680.
- Abell J. M., Ozkundakci D., Hamilton D. P. (2010).** Nitrogen and Phosphorus Limitation of Phytoplankton Growth in New Zealand Lakes: Implications for Eutrophication Control. *Ecosystems* 13, 966 - 977.
- AFB (2013).** *Structure et dynamique du compartiment planctonique en mer d'Iroise, caractérisée par un système frontal saisonnier*. Etablissement public de l'Etat, France, 38 p.
- Aleya L. & Devaux J. (1989).** Intérêts et signification écophysiological de l'estimation de la biomasse et de l'activité photosynthétique de diverses fractions de taille phytoplanktonique en milieu lacustre eutrophe. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2 (3): 353-372.
- Al-Kandari M., Al-Yamani F. Y., Al-Rifaie K. (2009).** Marine phytoplankton of kuwait's waters. Kuwait Institute for Scientific Research, 351 p.
- Allain Y-M, Helias A. & Ribiere G. 2006.** La gestion des estuaires dans une approche communautaire. Rapport du Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer. 68 p.
- Al-Yamani F. Y. & Saburova M. A. (2019).** Marine phytoplankton of kuwait's waters. Kuwait Institute for Scientific Research, Volume II, 338 p.
- Al-Yamani F.Y., Bishop J., Ramadhan E., Al-Husaini M. & Al-Ghadban A.N. (2004).** Oceanographic Atlas of Kuwait's Waters. Kuwait Insitute for Scientific Research, Kuwait. 203 p.
- Amara, R. (2011).** Impact de la pollution sur les écosystèmes côtiers: exemple de la Manche orientale. *VertigO-la Revue Electronique en Sciences de l'Environnement*, 11 p.
- Aminot A. & Chaussepied M. (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*, Centre National pour l'Exploitation des Océans, 395 p.
- Amossé A. (1970).** Diatomées marines et saumâtres du Sénégal et de la Côte d'Ivoire.- *Bulletin de l'Institut Français de l'Afrique Noire*, série A 32 (2) : 289-311.

- Anonyme (2013).** *Plan directeur de l'urbanisation de la ville de Kribi. Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain (MINHDU), Cameroun, CUK, 101 p.*
- AquaNis Editorial Board (2015).** Information system on aquatic Non-indigenous and Cryptogenic Species. World wide Web electronic publication. <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis>. Version 2.36+. Accessed 2023-05-17.
- Audineau & Blancheton (1986).** Production d'algues unicellulaires. Rapport IFREMER 20 p.
- Ayissi I., Aksissou, M. Tiwari M. & Fretey J. (2013).** Caractérisation des habitats benthiques et ponte des tortues marines autour du parc national de Campo-Ma'an (Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5), 1820-1828.
- Baillet S. (2013).** Utilisation des groupes morpho-fonctionnels du phytoplancton pour le diagnostic écologique des plans d'eau du bassin Loire Bretagne. Mémoire, école pratique des hautes études sciences de la vie et de la terre, Perpignan, France, 125 p.
- Barroin G. (2004).** Phosphore, azote, carbone du facteur limitant au facteur de maîtrise. Le Courrier de l'environnement de l'Institut National de Recherche pour l'Agronomie n°52, 25 p.
- Bayeba M. C. (2019).** Gestion intégrée des zones côtières en Afrique de l'Ouest : le cas de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat PhD, Université du Littoral Côte d'Opale, France, 639 p.
- Beardsley C., Knittel K., Amann R., Pernthaler J. (2005).** Quantification and distinction of aplastidic and plastidic marine nanoplankton by fluorescence *in situ* hybridization. *Aquatic Microbial Ecology*, 41: 163–169.
- Belin C. & Le Gal D. (2005).** Mission pour l'évaluation du réseau de surveillance sanitaire du milieu marin en Mauritanie et pour l'expertise du système d'analyse des toxines mis en place par l'IMROP. Rapport, IFREMER, 38 p.
- Belin C. & Soudant D. (2018).** Trente années d'observation des microalgues et des toxines d'algues sur le littoral. Éditions Quæ, 261 p.
- Belkhirat B. & Madani F. (2021).** Analyse qualitative et quantitative des microorganismes marins au large de la Baie de Bou Ismail. Mémoire de Master, Université Yahia Fares Médéa, Algérie, 73 p.

- Bennett E. M., Carpenter S. R., & Caraco N. F. (2001).** Human impact on erodable phosphorus and eutrophication: a global perspective: increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience*, 51, 227-234.
- Bird E. (2008).** Coastal Geomorphology: An Introduction, 2nd edition. Chichester, UK: Wiley, 411p.
- Blaber S.J. (2002).** Fish in hot water: the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. *Journal of Fish Biology* 62 : 1-20.
- Bourrelly P. (1985).** Les algues bleues ou Cyanophycées, 5ème partie. *Edition Boubée Paris* 297(303) : 457-458.
- Bowler C. (2018).** Les diatomées marines. Institut Océanographique Albert 1^{er}, Prince de Monaco, France, 5 p.
- Boyoguino B. D. (2017).** Dynamique des zones côtières : effets des activités anthropiques sur la recharge sédimentaire d'un segment de plage de la localité de Kribi. Mémoire d'Ingénieur des Travaux halieutes. Université de Douala, Cameroun, Institut des Sciences Halieutiques (ISH), 35p.
- Brock, T.D. (1978).** Use of Fluorescence Microscopy for Quantifying Phytoplankton, Especially Filamentous Blue Green Algae. *Limnology and Oceanography* 23(1) : 158-160.
- Broutin M., Caffier G., Madi F., Artigas L. F. (2011).** Synthèse bibliographique sur les techniques d'étude de la dynamique et de la diversité du phytoplancton en eaux marines - Convention 2010 - Action 1. Onema, Référence Convention Onema-Ifremer, 30 p.
- Brunel J. (1962).** Le phytoplancton de la baie des chaleurs. Institut Botanique de l'Université de Montréal, 158 p.
- Brzezinski M. A. (1985).** The Si : C : N Ratio of Marine Diatoms : Interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology* 21 :347-357.
- BUCREP (2010).** Etat et structures de la population : indicateurs démographiques. Rapport, 49 p.
- Burkholder J. M., Azanza, R. V. & Sako Y. (2006).** The Ecology of Harmful Dinoflagellates. In *Ecology of Harmful Algae* 189 : 53–66.

- Cadoret J. P. & Bernard O. (2008).** La production de biocarburant lipidique avec des microalgues : promesses et défis. *Journal de la Société de Biologie* 202 (3) : 201-211.
- Canton M. (2009).** Dynamique des éléments biogènes dans le continuum fluvio-estuarien de la zone hydrologique d'influence du bassin d'Arcachon. Thèse de l'Université de Bordeaux 1, Bordeaux, France, 211 p.
- Cardozo K. H. M., Guaratini T., Barros M. P., Falcao V. R., Tonon A. P., Lopes N. P., Campos S., Torres M. A., Souza A. O., Colepicolo P., & Pinto E. (2007).** Metabolites from algae with economical impact. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C : Toxicology and Pharmacology* 146 (1-2) : 60-78.
- Casas-Monroy O., Linley R. D., Adams J. K., Chan F. T., Drake D. A. R. & Bailey S. A. (2014).** National risk assessment for introduction of aquatic nonindigenous species to Canada by ballast water. *Fisheries and Oceans Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document*, 1(28) : 1-73.
- Chiahou B. & Ramdani M. (1997).** Systématique et distribution saisonnière des copépodes pélagiques des côtes atlantiques marocaines (région d'El Jadida) au cours d'un cycle annuel. *Journal de Recherche en Océanographie*, 22 (3) : 75-80.
- Chikhaoui M. A., Hlaili A. S., Mabrouk H. H. (2008).** Réponses saisonnières du phytoplancton aux rapports d'enrichissements N:Si:P dans la lagune de Bizerte (Sud-Ouest de la Méditerranée). *Comptes Rendus Biologies* (331), 389 - 408.
- Chisti Y. (2007).** Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25 (3) : 294-306.
- Chrétiennot-Dinet M.J. (1990).** Atlas du phytoplancton marin-volume 3, Editions du CNRS, France, 260 p.
- Corredor L. (1979).** Identification, distribution et aperçus écologiques des crevettes d'eau douce de Côte d'Ivoire. Mémoire D.E.A. Océanographie Biologie, Université Pierre et Marie Curie Paris 6, France, 46 p.
- Crosnier (1964).** Fonds de pêche le long des côtes de la République Fédérale du Cameroun. Cahier ORSTOM, 133 p.
- Crosnier A. & De Bondy E. (1967).** Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique inter-tropicale. Etat de nos connaissances sur leur biologie et leur pêche. Ostrom, 109 p.

- Cupp E.E., 1943.** Marine plankton Diatoms of the west coast of North America. University of California Press, Berkeley, California, U.S.A., 237 p.
- Dajoz R. (2000).** *Précis d'Ecologie*. 7^{ème} édition, Dunod, Paris, France, 615 p.
- De Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L. C., ten Brink P., & van Beukering P. (2012).** Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1): 50–61.
- De Jonge V.N., Elliott M. & Orive E. (2002).** Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiologia*, 475/476 : 1-19.
- De Reviere B., Leliaert F., Rousseau F. & Coppejans E. (2003).** Phylogeny of the Cladophorophyceae (Chlorophyta) inferred from partial LSU RNA gene sequences : is the recognition of a separate order Siphonocladales justified. *European Journal of Phycology*, 38(3) : 233-246.
- Descy J.P. & Coste M. (1990).** Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Rapport final. UNECD-NAMUR, CEMAGREF, Bordeaux CEEB, Spain, 112 p.
- Dessery S., Lancelot C. & Billen G. (1984).** Primary production and its fate in the storage basin of Mery-sur-Oise. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 22 : 1504-1509.
- Devaux J. (1980).** Structure des populations phytoplanctoniques dans trois lacs du Massif Central : Successions écologiques et diversité. *Oecological Général*, 1 : 11-26.
- Devlin M. (2008).** *Seasonal succession-new approach for assessment of phytoplankton communities*. Bella Earth Environmental Consultancy. Report for Environment Agency, 38 p.
- Devreker D. & Lefebvre A. (2022).** *Résultats de la mise en œuvre des réseaux REPHY et SRN – Zones côtières de la Manche orientale et de la baie sud de la Mer du Nord – Bilan de l'année 2021*. Centre Ifremer Manche Mer du Nord, 197 p.
- Dhib A. (2015).** Contribution à l'étude des successions écologiques du phytoplancton dans la lagune de Ghar El Melh. Thèse de Doctorat Université Franche-Comté, Franche-Comté, Tunisie, 232 p.

- Djogo J., Gibigaye M. Tente B. & Sinsin B. (2012).** Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. *International Journal of Biological Chemistry and Science*, 6 (2) : 705-713.
- Domaizon I., Viboud S. & Fontvieille D. (2003).** Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy—importance of mixotrophy. *FEMS Microbiology Ecology*, 46(3) : 317-329.
- Dorgham M. M. & Muftah A. (1989).** Environmental conditions and phytoplankton stations in the Arabian Gulf and Gulf of Oman, september 1986. *Journal of Marine Biology Association India* 31: 36-53.
- Dorgham, M. M., A. Muftah & K. Z. el-Deeb. (1987).** Plankton studies in the Arabian Gulf: II- The autumn phytoplankton in the northwestern area. *Arab Gulf Journal scientific Research of Agriculture and Biology Science* (2): 215-235.
- Drouet K. (2020).** Impact de la température sur la biogéographie et la phénologie des dinoflagellés benthiques toxiques du genre *Ostreopsis* en Méditerranée et en Atlantique. Thèse de Doctorat, Université de Sorbonne, France, 218 p.
- Duarte C. M. (2002).** The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, 29(2), 192–206.
- Ducotroy J. M., Mazik, K. & Elliott M. (2016).** Bio-sedimentary indicators for estuaries. *Union des Océanographes de France, Paris* 4(1) : 1-16.
- Duflos, M., Wacquet, G., Aubert, A., Rombouts, I., Mialet, B., Devreker, D., Lefebvre, A., Artigas, L.F., (2018).** Évaluation de l'état écologique des habitats pélagiques en France métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation au titre du descripteur 1, 333 p.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997).** Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- Dunne J. P., Sarmiento J. L. & Gnanadesikan A. (2007).** A synthesis of global particle export from the surface ocean and cycling through the ocean interior and on the seafloor. *Global Biogeochemical Cycles*, 21(4), 1-16.

- Edokpa D. A., Evans M. G. & Rothwell J. J. (2015).** High fluvial export of dissolved organic nitrogen from a peatland catchment with elevated inorganic nitrogen deposition. *Science of the Total Environment*, 53(2): 711-722.
- Elber F. & Schanz F. (1989).** The cause of change in the diversity and stability of phytoplankton communities in small lakes. *Freshwater Biology* 21 : 237-251.
- Elghrib H., Somoue L., Elkhiahi N., Berraho A., Makaoui A., Bourhim N., Salah S., Ettahiri O. (2012).** Distribution du phytoplancton dans les zones d'upwelling de la côte atlantique marocaine située entre les latitudes 32°30'N et 24°N. *Comptes Rendus Biologies*, 335 : 541–554.
- ENITA (1998).** Aquaculture. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 5 : 571-583.
- ENVI-REP (2011).** Mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (gizc) pour la région de Kribi-Campo au Cameroun. Rapport final, 221 p.
- Erable (2009).** Le phytoplancton des eaux douces du lac Luis leclercq. Mémoire, Université de Tiège, Station Scientifiques des Hautes - Fagnes, 59 p.
- Essomba biloa E. R., Noah Ewoti O. V., Kayo Tuekam R. P., Sob Nangou P. B., Tchakonté S., Onana Flis M., Nyamsi Tchato N. L. & Zebaze Togouet S. H. (2021).** Zooplankton Dynamics of the Kienke Estuary (Kribi, South Region of Cameroon): Importance of Physico-Chemical Parameters. *Open Journal of Ecology*, 11: 837-869.
- Evagelopoulos A. (2002).** Taxonomic notes on *Protoperidinium* (Peridinales, Dinophyceae) species in the Thermaikos Bay (North Aegean Sea, Greece). *Mediterranean Marine Science*, 3/2 : 41-54.
- Falkowski P. (2000).** Minireview: Rationalizing elemental ratios in unicellular algae. *Journal of Phycology*, 36 : 3 - 6.
- Falkowski P.G. (1994).** The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles. *Photosynthesis Research*, 39 : 235-258.
- Faouzi H. (2014).** Caractérisation chimique des exsudats du dinoflagellé marin toxique *Alexandrium catenella* et de la diatomée marine *Skeletonema costatum* et étude de la réponse protéomique d'*Alexandrium catenella* en conditions de stress métalliques. Thèse de Doctorat, Université de Toulon Tunisie, 320 p.

- FEM. (2018).** From Source to Sea: Protecting Our Oceans through Partnership and Investments (De la source à la mer : protéger nos océans par des partenariats et des investissements) UNEP/GPA/IGR.4/INF/5.
- Field C. B., Behrenfeld M. J., Randerson J. T., and Falkowski P. (1998).** Primary Production of the Biosphere : *Integrating Terrestrial and Oceanic Components, Science*, 281 : 237–240.
- Folack J. & Youmgi C. G. (2009).** Surveillance des eaux cotières de la république du Cameroun. Rapport Final, 22 p.
- Folack J. (2001).** Surveillance des eaux côtières de la république du Cameroun. Projet de World Wildlife Fund, 36 p.
- Folack J. (2010).** Résultats et Perspectives de recherches océanographiques en Afrique dédiées à l'Atlantique tropical et au Golfe de Guinée, Rapport CERECOMA-IRAD, 11 p.
- Folack J., Rasoanarivo R., Champalbert G. & Becker B. (1991).** Relations entre les communautés phytoplanctoniques et l'alimentation des larves de *Sardina pilchardus* dans le golfe de Fos (Méditerranée occidentale): influence de la lumière sur l'activité alimentaire des larves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 151(1) : 83-92.
- Folack, J. (1989).** Etude préliminaire du phytoplancton d'une zone côtière d'exploitation crevetticole (Kribi-Cameroun, Golfe de Guinée, Atlantique Centre Est). *Cameroon Journal of Biology and Biochemistry Sciences*, 2(1) : 51-65.
- Fonge A. B., Chuyong B. G., Tening A. S., Fobid A. C., & Numbisi N. F. (2013).** Seasonal occurrence, distribution and diversity of phytoplankton in the Douala Estuary, Cameroon. *African Journal of Aquatic Science*, 38(2) : 123-133.
- Frehi H., Couté A., Mascarell G., Perrette-Gallet C., Ayada M., Kara M., H. (2007).** Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie). *Comptes Rendus Biologies* 330 : 615–628.
- Fullgrabe L., Richir J., Batigny A., Leduc M., Dauby P., Lejeune P., Grosjean P. & Gobert S. (2016).** *Exploring a Mediterranean mesozooplankton 13 year time-series*. 23rd Congress of Zoology, Antwerp, Belgium. <http://hdl.handle.net/2268/205222>.
- Gailhard I., Durbec J. P., Beliaeff B. & Sabatier R. (2003).** Écologie du phytoplancton sur les côtes françaises: comparaison inter-sites. *Comptes Rendus Biologies*, 326(9) : 853-863.

- Gallouli E., Aziko J., Badsı H., Oulad Ali H., El hafa M., Aamiri A., Regragui A., Saadi A. (2014).** Le peuplement phytoplanctonique de la zone maritime d'Aglou «Sud de la Baie d'Agadir, Maroc». *Journal of Material and Environment Science*, 5 (S2) : 2375-2380.
- Galluzzi L & Penna A. (2010).** Quantitative PCR for detection and enumeration of phytoplankton. In *Edition Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis* 120 p.
- Garnier J., Billen G. & Coste M. (1995).** Seasonal succession of diatoms and Chlorophyceae in the drainage of the Seine River: Observations and modeling. *Limnology and Oceanography*, 40 : 750-765.
- Garrido M., Cecchi P., Collos Y., Agostini S. & Pasqualini V. (2016).** Water flux management and phytoplankton communities in a Mediterranean coastal lagoon. Part I: How to promote dinoflagellate dominance? *Marine Pollution Bulletin*, 104 : 139-152.
- Garrido M., Koeck B., Goffart A., Collignon A., Hecq J.H., Agostini S., Marchand B., Lejeune P. & Pasqualini V. (2014).** Contrasting Patterns of Phytoplankton Assemblages in Two Coastal Ecosystems in Relation to Environmental Factors (Corsica, NW Mediterranean Sea). *Diversity* 6 : 296-322.
- Gastineau R. (2012).** Biodiversité, reproduction et phylogénie des diatomées bleues du genre *Haslea* et valorisation de leurs pigments de type marennine. Sciences agricoles, Université du Maine, France, 329 p.
- Geider R. J., Delucia E. H., Falkowski P. G., Finzi A. C., Grime J. P., Grace J. (2001).** Primary productivity of planet earth: biological determinants and physical constraints in terrestrial and aquatic habitats. *Global Change Biology* 7: 849-882.
- Germain H. (1981).** Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle édition Boubée, Paris, 444 p., 169 planches.
- Gescher C., Metfies K., Medlin L.K. (2010).** Hybridisation and microarray fluorescent detection of phytoplankton. In *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis* 136 p.
- Glibert P.M, Anderson D.M., Gentien P., Graneli E. & Sellner K.G. (2005).** The Global Complex Phenomena of Harmful Algal Blooms. *Oceanography*, 18 : 136 – 147.

- GOBERT S., GARRIDO M., LEJEUNE P. (2018).** *Changement climatique et milieu marin en Corse*. Rapport UICN, 7 p.
- Goffart A. (2010).** Les indices de composition phytoplanctonique en eaux cotières – synthèse bibliographique. Convention ONEMA - IFREMER : Mise au point de l'indice composition dans le cadre de l'indicateur phytoplancton, 36 p.
- Goffart A., Hecq J.H. & Legendre L. (2002).** Changes in the development of the winter-spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean) over the last two decades: a response to the changing climate. *Marine Ecology Progress Series*, 236: 45-60.
- Goffart A., Hecq J.H., Legendre L. (2002).** Changes in the development of the winter- spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (NW Mediterranean) over the last two decades: a response to changing climate? *Marine Ecology Programm Service* 236 : 45-60.
- Gómez F. (2012).** A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *CICIMARI Océánides*, 27: 65–140.
- Gordon, R., Losic, D., Tiffany, M. A., Nagy, S. S., Sterrenburg, F. A. S. (2008).** The Glass Menagerie: diatoms for novel applications in nanotechnology. *Biotechnology*, 27 : 116-127.
- Graham J.E., Wilcox L.W. & Graham L.E. (2008).** *Algae* (second edition). Publisher Benjamin Cummings, 720 p.
- Granéli E. & Turner J.T. (2007).** *Ecology of harmful algae*. Springer
- Granéli E., Carlsson P., Legrand C. (1999).** The role of C, N and P in dissolved and particulate organic matter as a nutrient source for phytoplankton growth, including toxic species. *Aquatic Ecology*., 33: 17-27.
- GT DCE Réunion "Physico-Chimie et Phytoplancton" (2015).** Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi "Physico-chimique et Phytoplancton : le RHLR " du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion. Projet Bon Etat II, réactualisation de l'état des lieux du SDAGE Réunion et Assistance technique au Bassin La Réunion. RST-DOI/2015-02, 61p.
- Guiry M. D. & Guiry G. M. (2025).** *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, University of Galway. <https://www.algaebase.org>

- Guiselin N. (2010).** Etude de la dynamique des communautés phytoplanctoniques par microscopie et cytométrie en flux, en eaux côtières de la Manche orientale. Thèse de Doctorat, Université du Littoral Côte D'Opale, France, 237 p.
- Guiselin N., Artigas L.F. & Brylinski J.M. (2010)** Etude de la dynamique des communautés phytoplanctoniques par microscopie et cytométrie en flux, en eaux côtières de la Manche orientale. *Contrat Agence de l'Eau Artois Picardie n° 5306500 (2005-2009)*, 33 p.
- Guiselin N., Courcot L., Artigas L.F., Le Jéloux A., Brylinski J.M. (2009).** An optimised protocol to prepare *Phaeocystis globosa* morphotypes for scanning electron microscopy observation. *Journal of Microbiological Methods* 77 : 119-123.
- Gusev E., Martynenko N., Shkurina N., Huan P. T., Dien T. D., & Thanh N. T. H. (2023).** An annotated checklist of algae from the order Synurales (Chrysophyceae) of Vietnam. *Diversity*, 15(2) : 1 - 83.
- Guyomarc'h J. P., & Le Foll F. (2011).** Milieux côtiers, ressources marines et société. Ceser Bretagne, www.ceser-bretagne. fr. 294 p.
- Hallegraeff G.M. (1993).** Review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32 : 79-99.
- Hamilton R. D. & Holm-Hansen O. (1967).** Adenosine triphosphate content of marine bacteria. *Limnological Oceanography*, 12(12) : 319-324.
- Hamza A. (2016).** La microalgue *Odontella aurita* prévient l'insulino-résistance et l'inflammation hépatiques induites par un régime hyper-lipidique : mise en évidence des mécanismes insulinosensibilisateurs des acides gras polyinsaturés omega-3 au niveau neuronal. Biologie cellulaire. Université Paris Saclay ; Faculté des Sciences, Université Hassan II, Casablanca, Maroc, 292 p.
- Hardisty J., 1994.** Beach and nearshore sediment transport. Sediment transport and depositionnal processes. *Blackwell Scientific*, 219-255.
- Hasle G. R., Syversten E. E., Steidinger K.A., Tangen K., Throndsen J. & Heimdahl B. R. (1997).** Marine Diatoms. *In* : Tomas C.R. (éd.). Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc., San Diego, 858 p.

- Havskum H., Hansen P. J., Berdalet E. (2005).** Effect of turbulence on sedimentation and net population growth of the dinoflagellate *Ceratium tripos* and interactions with its predator, *Fragilidium subglobosum*. *Limnology & Oceanography*, 50, 1543-1551.
- Henery M. & Beaudry J. (1992).** Chimie des eaux, Edition le Griffon dargibe in Canada, 537 p
- Hermann D. (2011).** Caractérisation d'éléments transposables de type marinier chez les microalgues marines. Thèse de Doctorat, Université du Maine, France, 269 p.
- Hernández-Fariñas T., Soudant D., Barillé L., Belin C., Lefebvre A. & Bacher C. (2014).** Temporal changes in the phytoplankton community along the French coast of the eastern English Channel and the southern Bight of the North Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 71 (4), 821-833.
- Herndl G. J. & Reinthaler T. (2013).** Microbial control of the dark end of the biological pump. *Nature Geoscience*, 6 : 718-724.
- Herzi F., Jean N., Sakka Hlaili A. & Mounier S. (2014).** Three-dimensional (3-D) fluorescence spectroscopy analysis of the fluorescent dissolved organic matter released by the marine toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* exposed to metal stress by zinc or lead. *Journal of phycology*, 50(4) : 665-674.
- Holm-Hansen O. & Riemann B. (1978).** Chlorophyll a determination: improvements in methodology. *Oikos*, 30(3): 438-447.
- Howarth R., Chan F., Conley D. J., Garnier J., Doney S. C., Marino R., & Billen G. (2011).** Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(1), 18-26.
- Howarth R.W. & Marino R. (2006).** Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades. *Limnology and Oceanography*, 5(1), 364–376.
- Hung Nguyen D. (2014).** Caractérisation et expression de nouveaux éléments génétiques transposables de la superfamille Tc1-Marinier chez la microalgue marine *Amphora acutiuscula*. Thèse de Doctorat en Biologie Végétale. Université du Maine, France, 272 p.
- Jacob P. G. & Al-Muzaini S. (1990).** Marine plants of the Arabian Gulf: A literature review. Kuwait Institute of Scientific Research, Report No. KISR 3426, Kuwait.

- Jehl E. (2004).** La recherche des diatomées en médecine légale. *Revue Française d'Histotechnologie*, 17 : 66-71.
- Jeong H., Yoo Y., Kim J., Seong K., Kang N., & Kim T. (2010).** Growth, feeding and ecological roles of the mixotrophic and heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. *Ocean Science Journal*, 45(2), 65-91.
- Jin X., Wang S., Pang Y., Zhao H. & Zhou X. (2005).** The adsorption of phosphate on different trophic lake sediments. *Physicochemical and Engineering Aspects*, 254(1-3), 241-248.
- John J. (2000).** *A Guide to Diatoms as Indicators of Urban Stream Health*. School of Environmental Biology Curtin University of Technology: LWRRDC Occasional Paper 14/99 (Urban Sub Program, Report No.7).
- Karlson B., Cusack C. & Bresnan E. (2010).** Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. *Paris, UNESCO. IOC Manuals and Guides, no. 55*. 113 p.
- Karr J.R. (1991).** Biological integrity : a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1 (1) : 66-84.
- Kebe M., Njock J.C., Gallene J. (1993).** Revue xx sectorielle de la pêche artisanale maritime au Cameroun. Programme de Développement Intégré des Pêches Artisanales en Afrique de l'Ouest (DIPA) 30 p.
- Khattabi H. (2002).** Intérêts de l'études des paramètres hydrogéologiques et hydobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle 256 p.
- Klug M. J. & Tiedje J. M. (1993).** Response of microbial communities to changing environmental conditions : chemical and physiological approaches. *Microbial Ecology, Spanish Society for Microbiology*, 371-374.
- Komoé K. (2010).** Diversité du phytoplancton du complexe lagunaire de Grand-Lahou, en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 305 p.
- Krakstad J., Isebor C. & Oddgeir A. (2006).** Surveys of the Fish resources of the Eastern Gulf of Guinea (Nigeria, Cameroon, Sao Tome & principe, Gabon, Congo). Cruise Report, 165 p.

- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1988).** Bacillariophyceae 2 : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer Verlag Stuttgart, 2/2: 596 p.
- Kuété M. & Assongmo T. (2002).** Développement contre Environnement sous les Tropiques : l'exemple du littoral de la région de Kribi, (Cameroun). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 219 : 279-306.
- Labry C., Erard Le Denn E., Chapelle A. (2008).** Competition for phosphorus between two dinoflagellates : A toxic *Alexandrium minutum* and a non-toxic *Heterocapsa triquetra*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 358 : 124 - 135.
- Laget F. (2017).** Transport d'espèces de dinoflagellés potentiellement non-indigènes dans l'arctique canadien, suite au déversement des eaux de ballast par un navire domestique. Mémoire de master, Université du Québec à Rimouski, Canada, 138 p.
- Lakkis S. (2018).** Le phytoplancton des eaux marines libanaises et du bassin Levantin : Biologie, Biodiversité, Biogéographie, Université Beyrouth, Liban, 304 p.
- Le Bescot N. (2014).** Patrons de la biodiversité à l'échelle globale chez les dinoflagellés planctoniques marins. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie, France, 256 p.
- Le Guen J. C. & Crosnier A. (1968).** Contribution à l'étude du rythme quotidien d'activité de la crevette *Penaeus duorarum burkenroad* (Crustacea decapoda natantia). *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle*, 40(2) : 342-350.
- Lefebvre (2011).** La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM – 2008/56/EU) Caractéristiques du Bon État Écologique (BEE) pour le descripteur 5 lié à l'eutrophisation. Ifremer/RST.LER.BL/11.10, 189 p.
- Legendre L. & Le Fèvre J. (1991).** From Individual Plankton Cells To Pelagic Marine Ecosystems And To Global Biogeochemical Cycles. In: Edition Particle Analysis in Oceanography. Demers, S. (ed). Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, pp 261-300.
- Lemlih M. (2019).** Effets du réchauffement et de l'acidification sur les organismes de microzooplancton dans l'estuaire maritime du Saint- Laurent. Mémoire de maîtrise en océanographie, Université du Québec à Rimouski, Québec, 188 p.

- Lévêque C. & Balian E. V. (2005).** Conservation of freshwater Biodiversity: does the real world meet scientific dream. *Hydrobiologia*, 542 : 25-26.
- Little C. (2008).** Nitrogen exports at multiple-scales in a southern Chilean watershed (Patagonian Lakes district). *Biogeochemistry*, 87(3) : 297 - 309.
- Lokman S. (1990).** Diatom marin, di perairan Malaysia. - Kuala Lumpur. Scientific repport 260 p.
- Lokman S. (1991).** Diatom Air Tawar : Morphology dan taksonomi-Kuala Lumpur. Scientific repport 299 p.
- Lorenzen C. J. (1967).** *Determination of chlorophyll and pheopigments : Spectrophotometric equations.* *Limnology Oceanogaphy*, 12 : 343-346.
- Lundholm N., Churro C., Escalera L., Fraga S., Hoppenrath M., Iwataki M., Laesen J., Mertens K., Moestrup O., Tillmann U., Zingone A. (2009).** IOC-UNESCO taxinomic reference list of harmful micro algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/> on 2023-05-17.
- Malviya S., Scalco E., Audic S., Vincent F., Veluchamy A., Poulain J., Wincker P., Iudicone D., de Vargas C., Bittner L., Zingone A. & Bowler C. (2016).** Insights into global diatom distribution and diversity in the world's ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 113(11) : 1516-1525.
- Mama A. C. (2019).** Etude du fonctionnement hydrobiogéochimique des estuaires du Nyong et de la Kienké en relation avec les activités anthropiques présentes, les variations des climats (saison sèche et saison de pluies) et les influences fluviale et océanique (marées haute et basse). Thèse de Doctorat PhD, Université de Douala, Douala, Cameroun, 215 p.
- Mama A. C., Ghepdeu G. F. Y., Ndam J. R. N., Bonga M. D., Onana F. M. & Onguene R. (2018).** Assessment of water quality in the lower Nyong estuary (Cameroon, Atlantic Coast) from environmental variables and phytoplankton communities composition. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 12(6) : 198-208.
- Mama A. C., Ghepdeu G. F. Y., Tankoua O. F., Bonga M. D., Bodo W. K. A., Mandeng T. I., Owona Edoa F. D., Tangko N. C. & Ndam J. R. N. (2023).** Effects of the tide on the temporal and spatial physicochemical structure of the Kienké river estuary (South Atlantic Coast of

Cameroon, Kribi) and its phytoplankton. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 52(1) : 20-40.

Mann D. G. & Droop S. J. M. (1996). Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia*, 336 : 19-32.

Mann D.G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia*, 38(6) : 437-495.

Manon C. (2023). Les algues dans les compléments alimentaires : intérêts et dangers. Sciences pharmaceutiques. Thèse de Doctorat, Université Grenoble Alpes, Grenoble Alpes France, 116 p.

Mantoura R.F.C., Martin J.M. et Wollast R. (1991). Ocean margin processes in global change. Dahlem Workshop Report, Wiley, Chichester, West Sussex, England, 469 p.

Marchand M. (2013). L'océan sous haute surveillance : Qualité environnementale et sanitaire, Editions Quae, pp 1-224.

Margalef R. (1968). Perspectives in ecological theory, University of Chicago Press, Chicago, 111 p.

Margalef R. (1978). Life-Forms of Phytoplankton As Survival Alternatives in An Unstable Environment. *Oceanology Acta*, 1(4) : 493-509.

Marie D., Partensky F., Jacquet S. & Vaulot D. (1997). Enumeration and cell cycle analysis of natural populations of marine picoplankton by flow cytometry using the nucleic acid stain SYBR Green I. *Applied and Environmental Microbiology*, 63: 186-193.

Marin R. & Scholin C.A. (2010). Toxic algal detection using rRNA-targeted probes in a semi-automated sandwich hybridization format. In: *Edition Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*, 120 p.

Maso M. & Garcés E. (2006). Harmful microalgae blooms (HAB) ; problematic and conditions that induce them. *Marine Pollution Bulletin*, 53 : 620-630.

Mbaha J. P. & Ba'ana Etoundi M. L. (2021). Et demain Kribi : Construire une ville portuaire stratégique et émergente à l'horizon 2035. *Revue espace géographique et société marocaine* (43/44) : 137 – 156.

- Mbevo Fendoung P. (2019).** Gestion des risques naturels sur le littoral camerounais : Cas de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi. Master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes, Université de Liège, Belgique, 148 p.
- Mbevo Fendoung, P., Voundi, E., & Tsopbeng, C. (2018).** Dynamique paysagère du littoral kribien face aux pressions de l'agro industrielle et de l'urbanisation. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 18(3) : 1 - 29.
- McClain C.R. (2009).** A Decade of Satellite Ocean Color Observations. *Annual Review Marine Sciences*, 1: 19-42.
- McDowell R. W., Larned S. T. & Houlbrooke D. J. (2009).** Nitrogen and phosphorus in New Zealand streams and rivers: control and impact of eutrophication and the influence of land management. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43: 985-995.
- Mena M. S., Tchawa P., Amougou J. A. & Tchotsoua M. (2016).** « Les changements climatiques à travers les modifications du régime pluviométrique dans la région de Kribi (1935-2006) », *Review Ivoirienne de Sciences Technologiques*, 28 : 389 – 407.
- Meng J., Yu, Z., Yao Q., Bianchi T. S., Paytan A., Zhao B. & Yao P. (2015).** Distribution, mixing behavior, and transformation of dissolved inorganic phosphorus and suspended particulate phosphorus along a salinity gradient in the Changjiang Estuary. *Marine Chemistry*, 168 : 124-134.
- Menhinick E.P. (1964).** A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45 : 859-861.
- Mfombam Nsangou G.C. (2016).** Contribution de la modélisation à l'évaluation du trait de côte. Mémoire de Master professionnel en cartographie, télédétection et SIG appliqués à la gestion durable des territoires, Université de Yaoundé 1, Yaoundé, 147 p.
- Michel P., Bossé L. & Berard-Therault L. (1999).** Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, incluant également certains protozoaires. Publication spéciale canadienne des Sciences halieutiques et aquatiques, 387 p +128 planches.
- MINEP (2011).** Mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (gizc) pour la région de Kribi-Campo au Cameroun. Rapport final, 221 p.

- MINEPDED (2018).** Stratégie Nationale de Gestion Durable des Mangroves et Autres écosystèmes côtiers au Cameroun, 2^e Edition, 104 p.
- Mongruel R., Kermagoret C., Carlier A., Scemama P., Le Mao P., Levain A., Ballé-Béganton Vaschalde D. J. & Bailly D. (2018).** Milieux marins et littoraux : évaluation des écosystèmes et des services rendus. Rapport de l'étude réalisée pour le compte du programme EFESE, IFREMER – UBO – AFB, 354 p + Annexes.
- Moon-van der Staay, S. Y., De Wachter, R. & Vaultot, D. (2001).** Oceanic 18S rDNA sequences from picoplankton reveal unsuspected eukaryotic diversity. *Nature* 409 : 607-10.
- Mouhoub R. (1986).** Contribution à l'étude de la dynamique de la population exploitée de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) des côtes algéroises. USTHB, Thèse de Magister, Alger, 163 p.
- Mouliom N. A. (2012).** « Dynamique du rivage kribien de 1973 à nos jours ». Mémoire de master en géographie, Université Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun, 168 p.
- Muller-Feuga A. (1997).** *Microalgues marines : les enjeux de la recherche*. Ifremer (Edition), 245 p.
- Njifonjou O. (1998).** Dynamique de l'exploitation dans la pêche artisanale maritime des régions de Limbe et de Krimbi au Cameroun. Thèse de Doctorat, Université de Brest, France, 228 p.
- Not F., Siano R., Kooistra W. H., Simon N., Vaultot D. & Probert I. (2012).** Diversity and ecology of eukaryotic marine phytoplankton. *Advances in botanical research*, 64 : 1-53.
- Okolodkov Y.B. (2010).** Ceratium Schrank (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a Key for Identification. *Acta Botanica Mexicana*, 93 : 41-101.
- Olivry J. C. (1986).** Fleuves et rivières du Cameroun. Paris (France) ; Yaoundé : *Monographies Hydrologiques* (9), 745 p.
- Olson R. J., Zettler E.R. & Durand M.D. (1993).** Phytoplankton analysis using flow cytometry. 1st Edition in Aquatic Microbial Ecology, *Lewis Publishers*, 11(4) : 175-186.
- ONU (2017).** Les effets que les changements climatiques et les modifications qu'ils entraînent dans l'atmosphère ont sur l'océan. Résumé technique de la première évaluation mondiale intégrée du milieu marin, 29 p.

- OSPAR (2008).** Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. Second OSPAR Integrated Report, 108 p.
- OSPAR (2016).** Lignes directrices CEMP de la surveillance du phytoplancton. Agreement - lignes - directrices - phytoplancton, 12 p.
- OSPAR (2017).** Décision (UE) 2017/848 de la commission du 17 mai 2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la directive 2010/477/UE, 32 p.
- OSPAR. (2005).** Agreement on the Eutrophication Monitoring Programme. OSPAR, London. EN-15972 Water quality – Guidance on quantitative and qualitative investigations of marine phytoplankton, 19 p.
- Ouabo R. E. Tchoffo, R. S. & Ngatcha B. R. (2018).** Utilisation de la géomatique pour l'analyse des risques liés à la dynamique du trait de côte à Kribi. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, 14(2) : 121-136.
- Ouattara A. (2000).** Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Faculteit Wetenschappen, Instituut voor Plantkunde, Katholieke Universiteit Leuven, Belgique, 207 p., 19 planches.
- Pagès J. M. (1991).** Biomasse et production phytoplanctoniques dans deux systèmes paraliques d'Afrique de l'Ouest : contrôle par les conditions du milieu. *Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II*, France, 231 p.
- Parsons T.R. & Strickland J.D.H. (1963).** Discussion of spectrophotometric determination of marine pigments with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *Journal of Marine Research*, 21: 1231-1386.
- Paskoff R. (2010).** *Les littoraux: impact des aménagements sur leur évolution*. Armand Colin/Masson edition, Paris, 260 p.
- Phan-Tan L., Nguyen-Ngoc L., Doan-Nhu H., Raine R. & Larsen J. (2017).** Species diversity of *Protoperidinium* sect. *Oceanica* (Dinophyceae, Peridinales) in Vietnamese waters, with description of the new species *Protoperidinium larsenii* sp. *Nordic Journal of Botany*, 35 : 129-146.

- Philippeau G. (1992).** Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. *Service des Etudes Statistiques – ITCF*, 63 p.
- Piélou E. C. (1969).** The measurement of diversity in different type of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Pilson, M.E.Q. (1998).** Chapter 4 : Introduction to Chemistry of the Sea. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 67 p.
- Polikarpov I., Al-Yamani F. & Saburova M. (2009).** Space-time variability of phytoplankton structure and diversity in the north-western part of the Arabian Gulf (Kuwait's waters). *BioRisk*, 3 : 83-96.
- Polsenaere P. (2011).** Echanges de CO₂ atmospherique dans la lagune d'Arcachon et relations avec le metabolisme intertidal. *Thèse de l'Université de Bordeaux I*, 260 p.
- Pridmore R. D. & Hewitt J. E. (1984).** Chlorophyll 'a' as an indicator of phytoplankton cell volume in 12 lakes, North Island, New-Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 22(2) : 295-301.
- Quéguiner B. (2013).** Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Pélagiques Marins. *Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOBUMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille*, 93 p.
- Raji K. & Padmavati G. (2014).** Dinoflagellate Bloom Produced by *Protoperdinium divergens* Response to Ecological Parameters and Anthropogenic Influences in the Jungligh at Bay of South Andaman Islands. *Application Environment Research*, 36 (4) : 19-27.
- Redfield A. C., Ketchum B. H. & Richards F. A. (1963).** The influence of organisms on the composition of seawater. *The sea*, 2(2) : 26-77.
- Reimann B., Sondergaard M., Scheirup H. H., Christensen G., Hansen J. & Nielsen B. (1982).** Carbon metabolism during a spring diatom bloom in the eutrophic Lake Mossoe. *International Review Gesamten Hydrobiology*, 67(2): 145-185.
- Remili A. & Kerfouf A. (2013).** Evaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest algérien). *Géographie Physique et Environnement*, 12 : 165-182.

- Resh V. H., Norris R. H. & Barbour M. T. (1995).** Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates, *Australian Journal of Ecology*, 20: 108-121.
- Reynolds C.S. (2006).** The Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge, 57 p.
- Ricard M. (1987).** Atlas du phytoplancton marin, Diatomophycées, Éditions du C.N.R.S, Paris, 297 p.
- Righetti D., Vogt M., Gruber N., Psomas A., & Zimmermann N.E. (2019).** Global pattern of phytoplankton diversity driven by temperature and environmental variability. *Science Advice*, 5 : 62-53.
- Rochon A., Simard N., Weise A. M., McKindsey C. W., Roy S., & Faubert É. (2012).** *A decade of sediment and dinocyst accumulation in the ballast tanks of a bulk carrier.* Paper presented at the Green Tech Annual Conference 2012, Quebec City, Canada, 111 p.
- Rodier J., Legube B., Marlet N. & Brunet R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9^e édition, Dunod, Paris, France, 1579 p.
- Roland A. (2009).** *Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir marne (bassin versant de la Seine).* Thèse de doctorat Université de Savoie, France, 226 p.
- Rossi N (2008).** Ecologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France). These de doctorat de l'université du Sud Toulon-Var, 287 p.
- Round F. E., Crawford R. M. & Mann D. G. (1990).** *Diatoms: biology and morphology of the genera.* Cambridge University press, 304 p.
- Ruck E. C. & Theriot E. C. (2011).** Origin and evolution of the canal raphe system in diatoms. *Protist*, 162 : 723-737.
- Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., Bailly N., Bourgoin T., Brusca R.C., Cavalier-Smith T., Guiry M.D., Kirk P.M. (2015).** A higher level classification of all living organisms. *PloS ONE*, 10 (4), 0119-248.

- Ryther J. H., Menzel D. W., Hulburt E. M., Lorenzen C. J. & Corwin N. (1971).** The production and utilization of organic matter in the Peru coastal current. *Investigacion Pesquera*, 35: 43-60.
- Saez A. G., Zaldivar-Riveron A. & Medlin L. K. (2008).** Molecular systematics of the Pleurochrysidaceae, a family of coastal Coccolithophores (Haptophyta). *Journal of Plankton Research*, 30 : 559-566.
- Saha F. & Tchindjang M. (2019).** Dynamique spatiale de la ville de Kribi : facteurs et conséquences. Collection Afrique Atlantique, 29 p.
- Sathishkumar R.S., Sahu G. & Mohanty A.K. (2021).** First report of *Protoperidinium steinii* (Dinophyceae) bloom from the coastal marine ecosystem - an observation from tropical Indian waters, *Oceanologia*, <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2021.04.003>
- Sathishkumar R.S., Sahu G., Mohanty A.K., (2021).** First report of *Protoperidinium steinii* (Dinophyceae) bloom from the coastal marine ecosystem-an observation from tropical Indian waters, *Oceanologia* <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2021.04.003>
- Sauriau, P. G., Robin, J. P., & Marchand, J. (1994).** Laboratoire de Biologie Marine, Université de Nantes, 2 rue de la Houssinière, F-44072 Nantes Cedex 03, France* Present address: CREMA, BP 5, F-17137 L'Houmeau, France. *Changes in Fluxes in Estuaries: Implications from Science to Management*, 349 p.
- Sazhin A.F., Artigas L.F., Nejstgaard J.C. & Frischer M.E. (2007).** The colonization of two *Phaeocystis* species (*Prymnesiophyceae*) by pennate diatoms and other protists: a significant contribution to colony biomass. *Biogeochemistry*, 83:137–145.
- Schmidt T. & Schaechter M. (2012).** Topics in Ecological and Environmental Microbiology. Boston, MA : Elsevier/Academic Press.
- Schulze E.D. & Caldwell M.M. (1995).** Ecophysiology of Photosynthesis. Springer Verlag, Berlin, 576 p.
- Seip K. L. & Reynolds C. S. (1995).** Phytoplankton functional attributes along trophic gradient season. *Limnology and Oceanography*, 40 : 589-597.
- Sellner K.G., Doucette G.J. & Kirkpatrick G.J. (2003).** Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *Journal Indiane of Microbiology and Biotechnology*, 30 : 383 - 406.

- Shannon C. E. & Weaver W. W. (1963).** The mathematical theory of communications. *University of Illinois Press*, Urbana, 117 p.
- Shi X. L., Marie D., Jardillier L., Scanlan D. J. & Vaultot D. (2009).** Groups without cultured representatives dominate eukaryotic picophytoplankton in the oligotrophic South East Pacific Ocean. *PloS one*, 4(10) : e7657.
- Siefert R. & Plattner G.-K. (2004).** The Role of Coastal Zones in Global Biogeochemical Cycles
Future Applications of Thorium-234 in Aquatic Ecosystems. *Eos*, 85(45), 470 - 471
- Simon N., Cras A.-L., Foulon E., & Lemée R. (2009).** Diversity and evolution of marine phytoplankton. *Comptes Rendus Biologies*, 33(2) : 159 – 170.
- Simpson E. H. (1949).** Measurement of diversity. *Nature*, 163 : 41- 48.
- Smayda T. (1997a).** What is a bloom. A commentary. *Limnology Oceanography*, 42 : 1132-1136.
- Smayda T. (1997b).** Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology Oceanography*, 42 : 1137-1153.
- Smayda T.J. & Reynolds C.S. (2001).** Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms, *Journal of Plankton Research* 23 (5): 447 - 461.
- Smetacek V. (2012).** Making sense of ocean biota: how evolution and biodiversity of land organisms differ from that of the plankton. *Journal of Biosciences*, 37(4) : 589-607.
- Sophia M. G., Dias I. C. A. & Aruijo A. M. (2005).** Chlorophyceae and Zygnematophyceae from the turvo state forest Park, state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Serie Botonique Porto Alegre*, 60 (1) : 25 - 47.
- Souchu P. (2016).** Cycle de l'azote dans les écosystèmes côtiers. Forçages anthropiques aux interfaces et conséquences sur les réseaux trophiques. Habilitation à diriger les recherches (HDR), 123 p.
- Sournia A. (1968).** Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'île Maurice. Mémoire O.R.S.T.O.M., Paris, 120 p.
- Sournia A. (1986).** Atlas du phytoplancton marin. Volume I : Cyanophycées, Dictyophycées, Dinophycées, Raphidophycées. *Edition CNRS, Paris* : 219 p.

- Spatharis S. & Tsirtsis G. (2010).** Ecological quality scales based on phytoplankton for the implementation of Water Framework Directive in the Eastern Mediterranean. *Ecological Indicators*, 10(4) : 840 – 847.
- Spearman C. (1961).** The Proof and Measurement of Association between Two Things. in J. J. Jenkins & D. G. Paterson (Eds.), *Studies in individual differences: The search for intelligence*. Appleton-Century-Crofts, 45-58.
- Speybroeck (2006).** Beach nourishment: An ecologically sound coastal defence alternative. A review. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(4) : 419 - 435.
- Stachowski-Haberkorn S., Quiniou, F., Nedelec M., Robert R., Limon G. & De La Broise D. (2008).** In-situ microcosms, a tool for assessment of pesticide impacts on oyster spat (*Crassostrea gigas*). *Ecotoxicology*, 17 : 235-245.
- Stachowski-Haberkorn, S. (2008).** *Méthodes d'évaluation de l'impact de pesticides sur le phytoplancton marin et le naissain d'huître creuse*. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France, 187 p.
- Statham P. J. (2012).** Nutrients in estuaries - An overview and the potential impacts of climate change. *Science of the Total Environment*, 434 : 213–227.
- Strathmann R. R. (1967).** Estimating the organic Carbon content of phytoplankton from cell volume of plasma volume. *Limnological Oceanography*, 12(3) : 411-418.
- Subba Rao D. V. & Al-Yamani F. (1998).** Phytoplankton ecology in the waters between shatt Al-Arab and straits of Hormuz, Arabian Gulf: A review *Plankton Biology ecology*, 45 (2): 101-116.
- Tang Y., Chen W., & Zhang Y. (2021).** International cooperation and coordination in the Global Legislation of High Seas ABMTs including MPAs: Taking OSPAR practice as reference. *Marine Policy*, 133 : 104 - 767.
- Taylor F., Hoppenrath M. & Saldarriaga J. (2008).** Dinoflagellate diversity and distribution. *Biodiversity and Conservation*, 17(2) : 407-418.
- Tiafack O., Chrétien N., & Emmanuel N. N. (2014).** Development Polarisation in Limbe and Kribi (Littoral Cameroon): Growth Challenges, Lessons from Douala and Options. *Current Urban Studies*, 2(04) : 3 - 61.

- Tonkin J. D., Death R. G. & Collier K. J. (2013).** Do productivity and disturbance interact to modulate macroinvertebrate diversity in streams. *Hydrobiologia*, 701 : 159-172.
- Touahria T. (1999).** Etude de la biomasse, de la composition et de la structure des peuplements phytoplanktonique de la mer d'Alboran Est. Thèse de Doctorat, Faculté de Sciences Biologiques, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie, 200 p.
- Tréguer P., Bowler C., Moriceau B., Dutkiewicz S., Gehlen M., Aumont O. & Pondaven P. (2018).** Influence of diatom diversity on the ocean biological carbon pump. *Nature Geoscience*, 11(1) : 27-37.
- Tréguer P.J. & De La Rocha C.L. (2013).** The world ocean silica cycle. *Annual Review of Marine Science*, 5 : 477 - 501.
- Tsirilaza B., Andriamirado R.G.A., Rasoloariniaina J.R., Jean-Michel Y.M. & Felecite R.F. (2024).** Diversité et Distribution du Peuplement Ichtyofaune dans l'Estuaire de Betsiboka, Nord-Ouest de Madagascar. *European Scientific Journal*, 20 (9) : 162 – 179.
- Utermöhl H. (1931).** Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (Mit besondere Berücksichtigung des Ultraplanktons). *Limnology*, 5 : 567–595.
- Uthermôl H. (1958).** Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. International. Verein Limnology*, 9 : 1-38.
- Vives-Rego J., Lebaron P. & Nebe-von Caron, G. (2000).** Current and future applications of flow cytometry in aquatic microbiology. *FEMS Microbiology Reviews*, 24 : 429-448.
- Voundi E. & Meupiapyie Tchassem J. F. (2017).** Construction du Port de Kribi, dynamique territoriale et risques. Colloque Afrique atlantique : « Construire la ville portuaire de demain en Afrique Atlantique », Kribi (Cameroun), 22 p.
- Wagne M. M., Brahim H. O., Dartige A., Séfrioui S. (2020).** Contribution à l'étude du phytoplankton potentiellement nuisible de la baie du Lévrier (Mauritanie). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 33(2) : 31-41.
- Walker L. M. (1984).** Life histories, dispersal, and survival in marine, planktonic dinoflagellates. *Marine plankton life cycle strategies*, 14 : 19-34.

- Wang Q. & Li Y. (2010).** Phosphorus adsorption and desorption behavior on sediments of different origins. *Journal of Soils and Sediments*, 10(6) : 1159-1173.
- Ward J. H. (1963).** Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistical Association*, 58: 1 - 236.
- Wetzel R. G. (2001).** *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd edition. Academic Press, London, England, 1006 p.
- Wilhelm C., Büchel C., Fisahn J., Goss R., Jakob T., La Roche J, Lavaud J, Lohr M, Riebesell U, Stehfest K., Valentin K., Kroth P.G. (2006).** The regulation of carbon and nutrient assimilation in diatoms is significantly different from algae. *Protist*, 157 : 91 - 124.
- Wollast R. (1998).** Evaluation and comparison of the global carbon cycle in the coastal zone and in the open ocean. *The sea*, 10 : 213 - 252.
- World Register of Marine Species (2025).** *World Register of Marine Species*. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ
- Wright S.W. (2005).** Analysis of phytoplankton populations using pigment markers. Course notes for a workshop « Pigment analysis of Antarctic microorganisms », *Course notes for a workshop "Pigment Analysis of Antarctic Microorganisms"*, University of Malay.
- Yentsch C.S. & Menzel D.W. (1966).** A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Research.*, 10 : 221-231.
- Zambo G. B., Essomba Biloa R., Nanfack Dongmo R., Owona Edoa F. D., Kouedeum Kueppo E., Sob Nangou P. B., Piscart C. & Zébazé Togouet S. H. (2023).** Spatiotemporal distribution of zooplankton in relation to some abiotic variables in the waters of the Kribian Atlantic coast (South Cameroon). *World Journal of Advanced Research and Review*, 29 : 581-615.
- Zeller D., Cashion T., Palomares M., Pauly D. (2018).** Global marine fisheries discards : A synthesis of reconstructed data. *Fish and Fisheries*, 19(1) : 30-39.
- Zurzolo C & Bowler C. (2001).** Exploring bioinorganic pattern formation in diatoms. Story of polarized trafficking. *Plant Physiology*, 127 : 1339 – 1345.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste et fréquences d'occurrence des différents taxons phytoplanctoniques recensés dans la zone côtière de Kribi étudié

Classes	Ordres	Familles	Genres et espèces	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	FOG			
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthes	<i>Achnanthes</i> sp.	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis contermina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*		
			<i>Cocconeis</i> sp.	-	-	*	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
	Ardissoneales	Ardissoneaceae	<i>Ardissonia formosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*		
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i> sp.	***	****	*****	***	*****	*****	*****	***	*****	*****	*****	*****	***	***	*****		
			<i>Nitzschia closterium</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**	*	****	
			<i>Nitzschia fluminensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Nitzschia longissima</i>	*	*	*	-	-	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	***
			<i>Nitzschia lorenziana</i>	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	**
			<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	-	-	*
			<i>Nitzschia sigmoidea</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	-	-	**
			<i>Nitzschia vermicularis</i>	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Nitzschia</i> spp.	*	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	*	***	*	*	****	*****
			<i>Pseudonitzschia</i> spp.	*	*	*	-	*	*	*	**	*	*	*	**	*	*	*	*	****
			<i>Psammodictyon roridum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora abbreviata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*		
			<i>Licmophora ehrenbergii</i>	*	*	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	**	**	**	****	
			<i>Licmophora flabellata</i>	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*	
			<i>Licmophora</i> sp.	-	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
	Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella lyra</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	**	*	-	*	***		
			<i>Lyrella</i> sp.	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Petroneis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia perfecta</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora gigantea</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	*		
			<i>Amphiprora paludosa</i>	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
		Pinnulariaceae	<i>Caloneis elongata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Caloneis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*
		Berkeleyaceae	<i>Climaconeis lorenzi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*	
			<i>Climaconeis</i> sp.	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
		Diploneidaceae	<i>Diploneis bombus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	

			<i>Diploneis smithii</i>	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Diploneis vacillans</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	*	
			<i>Diploneis</i> sp.	*	-	*	-	*	*	*	-	*	**	-	-	*	***	
		Naviculaceae	<i>Haslea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	
			<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	*	
			<i>Navicula cruciculoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
			<i>Navicula pavillardii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
			<i>Navicula</i> spp.	*	*	*	*	*	*	*	**	**	*	*	*	**	**	****
			<i>Trachyneis antillarum</i>	-	-	-	-	*	*	*	*	*	*	*	-	*	**	***
			<i>Trachyneis aspera</i>	-	*	-	-	*	-	-	*	-	-	-	*	-	*	
			<i>Trachyneis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	*		
			Scoliotropidaceae	<i>Scoliotropis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	
		Plagiotropidaceae	<i>Ephemera planamembranacea</i>	-	-	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*		
			<i>Ephemera</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*		
			<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	*	*	-	-	**		
		Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma elongatum</i>	**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	**	**	*	****	
			<i>Pleurosigma formosum</i>	-	-	-	*	-	*	-	*	-	-	-	-	*		
			<i>Pleurosigma intermedium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	*		
			<i>Pleurosigma normanii</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*		
			<i>Pleurosigma rigidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*		
			<i>Pleurosigma strigosum</i>	*	*	*	*	**	*	***	*	-	*	*	*	-	****	
			<i>Pleurosigma</i> spp.	**	-	**	*	**	*	**	*	**	*	*	*	**	*****	
		<i>Gyrosigma</i> sp.	-	*	*	*	-	*	*	-	*	*	*	-	-	**		
	Rhabdonematales	Rhabdonemataceae	<i>Rhabdonema adriaticum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-	*	*	**		
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*		
	Striatellales	Striatellaceae	<i>Grammatophora marina</i>	*	-	-	*	-	-	-	-	*	-	-	-	**		
			<i>Grammatophora oceanica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*	
			<i>Grammatophora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	**	*	-	-	-	*	-	**	
			<i>Striatella</i> sp.	-	-	*	-	*	*	-	*	-	*	*	*	*	*	*
	Suriellales	Entomoneidaceae	<i>Entomonois paludosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*		
		Suriellaceae	<i>Campylodiscus ecclesianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*		
			<i>Campylodiscus iyengarii</i>	-	-	-	*	-	-	-	*	-	-	-	-	*		
			<i>Campylodiscus parvulus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	

			<i>Campylodiscus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	**		
			<i>Surirella fastuosa</i>	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*	**	
			<i>Surirella robusta</i>	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
			<i>Surirella rorata</i>	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
			<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*
			<i>Petrodictyon gemma</i>	-	-	-	-	-	*	*	-	-	*	-	-	-	-	*	*	*
	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	*	*	**	**	*	*	**	*	**	**	*	**	*	**	*	**	
			<i>Thalassionema nitzchioides</i>	**	**	*	**	**	**	*	**	**	*	**	*	**	**	**	**	**
			<i>Thalassiothrix</i> sp.	*	*	*	*	*	-	*	-	-	*	-	*	*	*	*	*	**
	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora commutata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	*	*		
			<i>Amphora laevis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	*	
			<i>Amphora marina</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
			<i>Amphora ovalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	
			<i>Amphora proboscidea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
			<i>Amphora proteus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	*		
			<i>Amphora rhombica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*		
	<i>Amphora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	*	*	*				
	Coscinodiscophyceae	Asterolamprales	Asterolampraceae	<i>Asteromphalus cleveanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*		
				<i>Asteromphalus flabellatus</i>	-	-	-	*	-	*	-	-	-	*	-	-	-	*		
				<i>Asteromphalus</i> sp.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*		
		Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Biddulphia altetrans</i>	-	*	-	*	-	*	-	-	*	-	-	-	*	*		
<i>Biddulphia biddulphiana</i>				-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	**	*	**			
<i>Biddulphia pulchella</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*			
<i>Biddulphia regia</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	-	**			
<i>Biddulphia regina</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**			
<i>Bidduphiopsis titiana</i>				-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	*			
<i>Biddulphia vesiculosa</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	**	**	**	**			
<i>Biddulphia</i> sp.				-	-	-	*	-	-	*	-	-	-	-	*	**	**			
<i>Hydrosera triquetra</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*			
<i>Terpsinoe musica</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*			
<i>Terpsinoe</i> sp.				-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
<i>Trigonium formosum</i>	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*	-	-	-	*						
<i>Trigonium shadboltianum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*						

	Coccinodiscales	Aulacodiscaceae	<i>Aulacodiscus argus</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	-	-	*	
			<i>Aulacodiscus</i> sp.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*
		Coccinodiscaceae	<i>Coccinodiscus asteromphalus</i>	**	**	*	***	**	**	**	**	***	**	***	***	**	*	***
			<i>Coccinodiscus radiatus</i>	*	**	**	**	*	**	**	**	**	**	*	***	**	**	***
			<i>Coccinodiscus oculus-iridis</i>	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***
			<i>Coccinodiscus jonesiana</i>	*	*	*	**	*	*	-	**	*	**	**	*	-	***	
			<i>Coccinodiscus wailesi</i>	**	-	**	**	**	**	*	**	***	***	**	**	**	**	***
			<i>Coccinodiscus</i> spp.	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***
			<i>Palmeria hardmaniana</i>	-	-	*	-	-	*	**	*	-	-	-	-	-	-	***
		<i>Palmerina</i> sp.	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	*	
		Hemidiscaceae	<i>Actynopticus boliviensis</i>	**	***	***	***	***	**	*	**	**	**	***	**	**	***	
			<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-	-	*	
	<i>Grossienela tropica</i>		-	*	-	*	*	**	*	*	-	*	*	-	*	***		
	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus indicus</i>	-	*	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	-	*	
			<i>Hemiaulus haucky</i>	**	**	**	**	**	*	**	**	*	*	**	**	***	***	
			<i>Hemiaulus sinensis</i>	**	**	**	***	**	**	**	**	**	*	***	**	**	***	
			<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	-	*	*	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	*	
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira distans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	*	
			<i>Melosira moniliformis</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Melosira</i> sp.	*	*	-	-	-	-	**	*	-	-	-	-	*	***	
		Stephanopyxidaceae	<i>Stephanopyxis nipponica</i>	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
	Paraliales	Paraliaceae	<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	*	**	*	*	*	**	
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella striata</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Cyclotella stylorum</i>	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Cyclotella</i> spp.	***	***	**	***	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	***
		Skeletonemataceae	<i>Detonula moseleyana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
			<i>Detonula pumila</i>	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
Lauderiaceae		<i>Lauderia annulata</i>	-	*	*	*	*	-	*	*	*	**	*	-	*	***		
Thalassiosiraceae		<i>Thalassiosira excentrica</i>	**	***	**	**	**	**	-	***	***	**	**	***	***	***	***	
		<i>Thalassiosira ferelineata</i>	-	-	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	
		<i>Thalassiosira hendeyi</i>	*	-	**	*	-	*	*	-	*	*	*	*	-	-	***	
		<i>Thalassiosira leptopus</i>	-	*	**	*	-	*	***	-	-	*	*	*	*	*	***	
	<i>Thalassiosira oestrupii</i>	*	**	*	*	***	*	**	*	*	**	*	*	*	*	**		

			<i>Thalassiosira punctigera</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	-	-	-	****		
			<i>Thalassiosira</i> spp.	**	**	***	*	**	*	**	**	**	**	**	**	*	**	**	*****
			<i>Thalassiosira nobilis</i>	***	***	*	***	**	*****	**	***	***	**	*****	*****	***	***	***	***
	Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Cerataulina dentata</i>	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Cerataulus radiatus</i>	-	-	-	*	*	*	-	-	-	*	*	-	*	*	***	
			<i>Cerataulus turgidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Cerataulus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	*	
			<i>Odontella aurita</i>	***	****	***	**	***	***	*	***	****	**	***	***	**	**	***	*****
			<i>Odontella longicuris</i>	-	*	**	*	*	**	***	*	*	***	*	*	-	*	***	
			<i>Odontella mobiliensis</i>	****	****	****	****	****	****	**	****	****	**	****	****	****	****	****	
			<i>Odontella obtusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
			<i>Odontella sinensis</i>	**	**	**	**	*	*	*	**	*	*	**	*	*	*	***	
			<i>Odontella regia</i>	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*	*	*	-	***	
			<i>Odontella reticulata</i>	-	-	*	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	**	***	
			<i>Odontella rhombus</i>	*	*	*	*	-	-	-	-	*	*	*	-	**	**	***	
			<i>Odontella</i> sp.	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	*	-	*		
			<i>Pleurosira laevis</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Triceratium antediluvianum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*		
			<i>Triceratium favus</i>	*	-	*	*	*	*	-	*	*	*	*	-	*	***		
<i>Triceratium pentacrinus</i>	-	-	-	-	-	-	***	-	-	-	-	-	*	***					
<i>Triceratium spinosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*					
Fragilariophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum delicatum</i>	*	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	-	**		
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	***	**	***	**	**	***	***	**	***	***	**	**	***	***		
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	**	*	**	**	**	*	**	***	**	**	**	*	*	***		
			<i>Bacteriastrum minus</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
			<i>Chaetoceros affinis</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
			<i>Chaetoceros armatus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	*	**		
			<i>Chaetoceros coarctatus</i>	-	-	*	*	-	-	*	*	*	*	-	*	-	**		
			<i>Chaetoceros danicus</i>	*	-	-	*	-	*	*	*	-	***	*	-	*	**		
			<i>Chaetoceros decipiens</i>	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
			<i>Chaetoceros didymus</i>	*	-	*	*	-	-	*	*	*	*	-	-	-	*		
			<i>Chaetoceros distans</i>	-	-	*	-	-	-	-	*	*	-	*	*	-	*		
<i>Chaetoceros diversus</i>	*	-	*	-	-	*	*	*	-	*	*	*	*	*					

			<i>Chaetoceros lacinosus</i>	*	**	**	*	*	*	*	**	*	**	**	**	**	***	
			<i>Chaetoceros laevis</i>	*	*	*	*	-	*	*	*	-	-	*	*	*	*	*
			<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	*	**	**	**	**	*	*	**	**	*	***	*	**	**	***
			<i>Chaetoceros paradoxus</i>	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	**
			<i>Chaetoceros perivianus</i>	***	***	**	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***
			<i>Chaetoceros socialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	*
			<i>Chaetoceros</i> spp.	**	**	**	**	***	***	**	**	**	**	**	**	**	***	***
	Climacospheniales	Climacospheniaceae	<i>Climacosphaenia moniligera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	*		
			<i>Climacosphaenia</i> sp.	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
	Corethrales	Corethraceae	<i>Corethron histrix</i>	*	*	**	*	**	*	*	*	*	***	*	-	*	***	
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria crotenensis</i>	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Fragilaria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	
			<i>Podocystis adriatica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
	Lithodesmiales	Bellerocheaceae	<i>Bellerochea horologicallis</i>	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Bellerocera malleus</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	*	
		Streptothecaceae	<i>Helicotheca tamenis</i>	-	-	*	*	*	-	-	*	-	-	-	-	-	*	
			<i>Helicotheca</i> sp.	-	*	-	-	-	-	*	-	*	*	-	-	-	**	
	Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*		
	Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	**	*	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	***	
			<i>Ditylum sol</i>	*	**	**	**	*	*	**	**	**	*	**	*	*	***	
			<i>Lithodesmium undulatum</i>	**	**	***	**	**	**	**	**	***	**	**	*	*	***	
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia flacida</i>	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	*	*	***	
			<i>Guinardia striata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*	*	**	
			<i>Neocalyptrella robusta</i>	**	**	**	*	**	*	*	*	**	*	*	**	**	***	
			<i>Dactyliosolen</i> sp.	*	*	*	-	-	*	*	-	-	-	-	-	*	**	
			<i>Proboscia alata</i>	***	***	***	**	***	***	*	***	***	*	***	**	***	***	
			<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	**	**	**	**	*	**	*	**	**	*	**	**	**	***	
<i>Rhizosolenia</i> spp.			**	*	**	**	*	*	*	**	**	**	**	**	**	***		
/	/	/	<i>Tetramphora lineolata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***	-	-	-	***	
			<i>Tetramphora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*	
Desmophyc eae	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*		
			<i>Dinophysis caudata</i>	***	**	*	***	**	***	**	***	**	**	***	**	**	***	
			<i>Dinophysis</i> sp.	-	-	-	*	*	*	*	**	*	*	-	*	*	***	

Dinophyta Dinophyceae			<i>Ornithocercus magnificus</i>	-	*	*	*	-	*	**	*	*	-	-	*	*	***		
	Gonyaulales	Ceratiaceae	<i>Ceratium azoricum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	
			<i>Ceratium bigelowii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	*
			<i>Ceratium breve</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	
			<i>Ceratium contortum</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Ceratium delicatum</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	*	
			<i>Ceratium dens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	*
			<i>Ceratium furca</i>	****	****	****	****	**	**	**	****	****	*	****	****	****	****	****	
			<i>Ceratium fusus</i>	**	**	*	*	*	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	****
			<i>Ceratium horridum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	
			<i>Ceratium macroceros</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	**	
			<i>Ceratium massiliens</i>	*	*	**	*	*	*	*	**	*	**	*	*	*	*	****	
			<i>Ceratium symmetricum</i>	**	*	*	**	**	*	*	**	**	*	*	**	**	**	****	
			<i>Ceratium trichoceros</i>	*	-	-	*	-	-	-	*	-	**	*	-	*	**		
			<i>Ceratium tripos</i>	-	*	****	**	*	**	*	-	**	****	**	*	*	****		
			<i>Ceratium vultur</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	
	<i>Ceratium spp.</i>	-	*	*	*	*	*	****	*	*	-	*	*	-	****				
	Gonyaulales	Cladopyxidaceae	<i>Cladopyxis hemibrachiata</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
			<i>Cladopyxis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	*	*		
		Goniodomataceae	<i>Alexandrium tamarense</i>	-	-	*	-	****	-	-	-	-	-	-	-	-	-	****	
			<i>Goniodoma polyedricum</i>	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Pyrodinium bahamense</i>	**	*	****	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	*	****	
		Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax sp.</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Proceratium reticulatum</i>	-	-	**	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	****	
			<i>Protoceratium sp.</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
		Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus horologicum</i>	****	**	*	**	-	**	*	****	****	*	****	****	****	****		
			<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	*	*	-	-	-	*	-	*	*	-	*	**		
Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium catenatum</i>	-	*	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	*			
		<i>Gyrodinium impudicum</i>	-	-	-	-	-	-	*	-	-	**	*	-	-	**			
		<i>Gymnodinium sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*			
Noctilucales	Noctilucaeae	<i>Nocticula sp.</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
Prorocentrales	Prorocentraeeae	<i>Prorocentrum compressum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*			
		<i>Prorocentrum gracile</i>	-	-	-	*	-	*	-	-	-	**	-	-	*	**			

			<i>Prorocentrum micans</i>	*	**	**	**	-	**	-	***	**	*	***	***	**	****		
			<i>Prorocentrum sigmoides</i>	-	-	-	*	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***
			<i>Prorocentrum sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*
	Peridinales	Kolkwitziellaceae		<i>Diplopsalis lenticula</i>	**	*	*	**	*	**	*	*	*	*	*	*	**	***	
				<i>Diplopelta parva</i>	-	-	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Ostreopsidaceae		<i>Ostreopsis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*
				Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium biconicum</i>	**	**	***	***	**	**	*	*	**	*	**	*	**	*
		<i>Protopteridinium cerasus</i>	-		*	-	*	-	*	**	*	*	*	*	*	*	*	-	***
		<i>Protopteridinium curtipes</i>	-		-	-	-	-	*	-	-	*	-	*	-	*	-	-	*
		<i>Protopteridinium conicum</i>	*		**	-	*	*	**	*	**	**	**	**	**	*	*	*	*****
		<i>Protopteridinium crassipes</i>	-		-	*	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
		<i>Protopteridinium depressum</i>	-		-	-	*	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	**
		<i>Protopteridinium divergens</i>	*		**	*	**	*	*	*	*	**	*	*	*	**	*	*	****
		<i>Protopteridinium leonis</i>	**		**	*	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*	*	****
		<i>Protopteridinium oblongum</i>	-		*	-	-	-	-	*	*	-	*	-	*	-	*	-	**
		<i>Protopteridinium pellucidum</i>	*		-	**	*	-	*	-	-	*	-	-	*	-	*	-	***
		<i>Protopteridinium pentagonum</i>	**		*	*	-	-	-	*	*	*	***	*	-	*	-	*	*****
		<i>Protopteridinium punctulatum</i>	-		-	**	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
		<i>Protopteridinium spp.</i>	**		*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	**	***	**	**	*****
		Peridiniaceae		<i>Peridinium pentagonum</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
Podolampadaceae		<i>Podolampas elegans</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	*			
Protopteridiniaceae		<i>Preperidinium meunieri</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
Peridinideae		<i>Spiraulax sp.</i>	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
Dictyochophyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyocha speculum</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
			<i>Dityocha sp.</i>	-	*	-	*	*****	*	**	-	*	-	*	*	*	*	*****	
Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium nematodes</i>	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
			<i>Closterium quadrum</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Closterium sp.</i>	-	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	
		Desmidiaceae	<i>Cosmarium binum</i>	-	-	-	-	-	-	***	-	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Cosmarium quadrum</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Cosmarium sp.</i>	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
<i>Micrasterias truncata</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*			
<i>Staurastrum sp.</i>	-	-	-	*	-	-	*	-	*	-	-	-	-	-	-	*			

	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*	
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	
			<i>Oscillatoria</i> sp.	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*
		Phormidiaceae	<i>Tychonema bornetii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	*
Chlorophyceae	Chaetophorales	Schizomeridaceae	<i>Schizomeris</i> sp.	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	
	Sphaerpleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus calptratus</i>	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	
Prasinophyceae	Halosphaerales	Pterospermataceae	<i>Pterosperma undulatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	*	
			<i>Plectonema gracillimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*
Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Euglene</i> sp.	-	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	*	
		Phacaceae	<i>Phacus orbicularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*
			<i>Phacus</i> sp.	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon divergens</i>	-	*	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	*	

* : Taxon rare

** : Taxon accessoire

*** : Taxon régulier

**** : Taxon ubiquiste

Annexe 2 : Matrice des corrélations de Spearman entre paramètres physico-chimiques et les Diatomées.

Temp : Température, **Cond** : Conductivité ; **Sal** : Salinité ; **Coul** : Couleur ; **Alcal** : Alcalinité ; **Transp** : Transparence

	Temp	O ₂	pH	Cond	Sal	TDS	MES	Coul	CO ₂	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Alcal	Transp	Ca ²⁺	Mg ²⁺
<i>Bacillaria sp.</i>	,20**	- 0,071	0,028	,33**	,32**	,32**	0,112	- 0,049	0,133	- 0,074	- 0,108	,21**	,33**	,21**	-,29**	0,134	-,158*
<i>Nitzschia closterium</i>	,170*	- 0,053	0,031	,23**	,22**	,22**	,177*	0,012	0,041	0,103	0,08	- 0,129	,170*	,156*	-0,001	0,018	0,006
<i>Nitzschia longissima</i>	,41**	- ,170*	0,022	,31**	,31**	,31**	0,097	0,008	0,064	- 0,012	- 0,088	0,112	,23**	,31**	-0,008	0,071	-0,049
<i>Nitzschia spp.</i>	,29**	- 0,048	0,107	,23**	,23**	,23**	0,109	0,059	0,064	0,015	0,075	0,086	,21**	,22**	-0,061	- 0,088	-,168*
<i>Pseudonitzschia spp.</i>	- ,21**	0,124	0,093	- ,26**	- ,23**	- ,23**	- 0,019	0,017	- 0,086	,26**	,22**	- ,21**	- ,24**	- 0,144	-0,051	- 0,046	,158*
<i>Licmophora ehrenbergii</i>	,21**	- 0,094	0,087	,183*	,21**	,21**	,21**	0,024	- 0,064	- 0,131	- 0,055	0,088	,158*	,25**	0,001	0,122	-0,017
<i>Lyrella lyra</i>	- 0,081	0,047	0,094	-0,05	- 0,006	- 0,005	- 0,031	0,013	0,042	0,043	- 0,002	- ,159*	0,056	0,063	0,041	- 0,091	,152*
<i>Diploneis sp.</i>	0,047	- 0,071	0,031	0,059	0,097	0,085	0,072	- 0,008	0,051	0,099	0,084	- 0,068	,24**	0,047	-0,037	- 0,105	0,006
<i>Navicula spp.</i>	,36**	- 0,141	0,033	,26**	,27**	,27**	0,127	0,025	- 0,038	- 0,042	- 0,063	,24**	,23**	,21**	-0,088	0,056	-,159*
<i>Pleurosigma elongatum</i>	- 0,047	,173*	0,001	- 0,001	- 0,008	- 0,007	0,019	- 0,091	- 0,039	0,113	,184*	- 0,106	0,115	-0,02	-0,105	0,116	-0,068
<i>Pleurosigma strigosum</i>	0,136	- 0,077	0,029	,159*	,162*	,158*	- 0,035	0,024	0,02	0,057	0,017	0,078	0,136	0,089	0,016	,21**	-0,073
<i>Pleurosigma spp.</i>	0,062	0,036	0,061	0,079	0,074	0,073	0,112	0,035	- 0,056	0,128	0,018	0,035	0,058	- 0,017	-0,11	- 0,003	0,058
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	- ,39**	,179*	0,117	- ,21**	- ,12**	- ,187*	- 0,021	,23**	- 0,123	,37**	,31**	- ,36**	- ,21**	- ,181*	-,24**	- ,31**	0,079
<i>Thalassionema nitzchioides</i>	- ,33**	,12**	-0,09	- ,38**	- ,39**	- ,39**	- ,22**	- 0,033	- 0,005	,26**	,27**	- ,33**	- ,33**	- ,25**	0,013	- ,36**	,31**
<i>Thalassiothrix sp.</i>	0,101	- ,180*	0,109	,178*	,184*	,174*	0,15	0,047	,195*	0,144	0,009	0,081	0,097	0,075	0,013	0,121	-0,086
<i>Biddulphia biddulphiana</i>	,158*	- 0,009	- 0,015	- 0,016	- 0,012	- 0,014	- 0,089	- ,25**	- 0,005	- ,157*	- 0,105	- 0,016	- 0,104	0,002	0,121	- 0,001	0,071
<i>Biddulphia vesiculosa</i>	,182*	- 0,143	- 0,016	,193*	,22**	,21**	0,124	- 0,117	- 0,034	- ,166*	- 0,111	0,089	0,072	,185*	0,058	0,104	0,114
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	,23**	- 0,126	0,138	,46**	,44**	,45**	,23**	0,006	0,061	- ,35**	- ,35**	,36**	,29**	,19**	-,24**	,36**	-,35**
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	- 0,086	,21**	0,115	- 0,075	- 0,074	- 0,076	- 0,078	0,147	- 0,142	0,075	- 0,024	- ,20**	- ,23**	-0,15	0,123	- 0,125	,181*
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	0,035	- 0,072	0,044	- 0,037	- 0,043	- 0,037	- 0,077	- 0,033	- 0,029	0,105	,27**	- 0,111	- 0,131	- 0,018	0,013	- 0,051	0,034
<i>Coscinodiscus jonesiana</i>	- 0,085	- 0,052	- 0,048	- 0,189	- ,193*	- ,196*	- ,22**	- ,21**	- 0,029	0,123	0,009	- ,188*	- 0,147	- 0,056	,169*	- ,31**	0,13
<i>Coscinodiscus wailesi</i>	0,081	- 0,066	- 0,007	-0,04	- 0,021	- 0,033	- ,157*	- ,162*	- 0,135	- 0,025	0,042	- 0,003	- 0,013	0,086	0,026	- 0,148	0,028
<i>Coscinodiscus spp.</i>	,22**	- ,23**	,19*	,39**	,34**	,35**	0,03	- 0,118	0,06	- 0,116	- ,172*	,23**	,27**	,23**	-,21**	0,132	-,22**
<i>Actynopticus boliviensis</i>	- 0,066	0,15	- 0,135	- 0,095	- 0,102	- 0,105	- 0,127	- 0,085	- 0,043	- ,152*	- 0,113	0,002	- 0,052	- 0,069	-,153*	- 0,037	0,051
<i>Grossienela tropica</i>	- 0,119	,165*	- 0,123	- ,25**	- ,25**	- ,25**	- 0,142	0,056	- 0,091	0,04	- 0,015	0,092	- 0,128	- 0,144	0,086	- 0,073	0,022
<i>Hemiaulus haucky</i>	0,009	- 0,031	,28**	,164*	,159*	,165*	- 0,007	0,002	- 0,069	,31**	0,094	- 0,056	0,031	- 0,051	-0,07	0,042	-0,003
<i>Hemiaulus sinensis</i>	- 0,014	- 0,034	,23**	0,116	0,108	0,109	-0,05	- 0,024	- 0,009	,31**	,177*	- 0,091	- 0,004	- 0,057	-0,013	- 0,046	0,012
<i>Melosira sp.</i>	0,051	-0,05	0,141	0,114	0,122	0,116	0,12	0,112	- 0,038	0,039	- 0,025	- 0,026	- 0,064	0,096	-0,038	0,113	-0,081
<i>Cyclotella spp.</i>	- ,22**	0,113	- 0,067	- 0,126	- 0,132	- 0,138	- 0,046	- 0,102	0,101	- 0,007	0,118	- ,189*	- 0,148	- 0,144	-0,145	- 0,113	,22**
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	,26**	- 0,082	0,095	,189*	,190*	,188*	- 0,009	- 0,124	- 0,004	- ,152*	0,004	,168*	,182*	,27**	-0,037	0,108	0,032

<i>Thalassiosira hendeyi</i>	-0,085	0,013	-0,171*	-0,049	-0,049	-0,055	-0,031	-0,046	-0,036	0,016	0,014	0,051	-0,024	-0,051	-0,133	-0,052	-0,096
<i>Thalassiosira leptopus</i>	-0,021	-0,022	-0,062	-0,25**	-0,26**	-0,26**	-0,25**	0,125	0,063	0,064	,189*	0,026	-0,23**	0,036	-0,015	-0,131	0,141
<i>Thalassiosira punctigera</i>	-0,45**	,31**	-0,113	-0,32**	-0,32**	-0,33**	-0,033	0,133	0,011	0,07	,22**	-0,26**	-0,31**	-0,36**	-0,159*	-0,092	,33**
<i>Thalassiosira</i> spp.	-0,025	0,065	-0,124	0,085	0,081	0,073	-0,048	-0,102	0,023	-0,033	-0,133	,153*	0,093	-0,021	-0,32**	-0,053	-0,074
<i>Thalassiosira nobilis</i>	-0,28**	,21**	-0,046	-0,27**	-0,27**	-0,27**	-0,21**	-0,064	-0,183*	0,1	0,021	-0,094	-0,26**	-0,31**	-0,135	-0,21**	,26**
<i>Cerataulus radiatus</i>	0,112	-0,054	0,075	-0,098	-0,093	-0,093	-0,076	-0,192*	0,101	0,108	-0,146	0,045	-0,12	0,007	-0,056	-0,081	,158*
<i>Odontella aurita</i>	0,009	0,051	-0,071	-0,009	-0,009	-0,001	-0,13	-0,149	-0,034	0,004	-0,115	0,092	0,006	-0,094	-0,182*	0,008	0,1
<i>Odontella longicruris</i>	-0,21**	,186*	-0,089	-0,33**	-0,31**	-0,31**	-0,061	0,101	-0,032	,24**	,23**	-0,24**	-0,12**	-0,172*	-0,042	-0,26**	0,102
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,086	-0,154*	0,024	0,062	0,056	0,063	-0,132	-0,161*	0,016	0,148	0,042	0,037	0,078	0,053	-0,148	-0,098	0,024
<i>Odontella sinensis</i>	-0,22**	0,116	0,06	-0,29**	-0,28**	-0,28**	-0,31**	-0,190*	0,06	,25**	,26**	-0,32**	0,142	-0,170*	-0,002	-0,35**	,23**
<i>Odontella regia</i>	-0,183*	,154*	0,126	-0,051	-0,066	-0,055	-0,096	0,015	0,026	0,066	0,055	-0,170*	-0,02	-0,086	-0,160*	-0,092	0,054
<i>Odontella reticulata</i>	0,011	-0,061	-0,003	0,013	0,031	0,026	-0,006	0,047	0,032	0,002	-0,115	0,074	0,097	0,088	-0,032	-0,151	0,077
<i>Triceratium favus</i>	-0,039	,26**	-0,147	-0,05	-0,047	-0,05	0,011	0,038	-0,175*	-0,037	-0,025	0,039	-0,049	0,054	-0,133	0,036	-0,154
<i>Triceratium pentacrinus</i>	-0,046	0,072	0,015	-0,1	-0,103	-0,103	0,005	0,115	-0,105	0,053	0,011	-0,114	,21**	0,101	0,019	0,089	0,004
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	-0,138	-0,012	0,121	-0,158*	-0,15	-0,144	0,068	0,073	-0,126	,28**	,24**	-0,23**	-0,22**	0,113	0,024	-0,125	,24**
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-0,29**	0,082	0,146	-0,109	-0,112	-0,104	0,009	,22**	-0,089	,179*	,155*	-0,34**	-0,24**	0,132	-0,112	-0,22**	0,106
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	-0,054	0,019	0,149	,163*	,179*	,183*	0,145	,26**	-0,048	0,063	-0,064	0,112	0,085	0,06	-0,139	0,035	-0,059
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	-0,139	0,062	,30**	0,053	0,04	0,047	-0,028	0,142	-0,098	,25**	,152*	-0,195*	-0,024	0,041	-0,157*	-0,091	0,051
<i>Chaetoceros perivianus</i>	-0,019	0,147	,21**	0,103	0,115	0,115	0,032	0,032	-0,141	,24**	0,094	-0,195*	0,021	-0,131	0,044	0,023	-0,018
<i>Chaetoceros</i> spp.	0,017	0,024	0,098	0,123	0,118	0,113	,155*	0,145	-0,088	0,151	0,092	-0,009	0,028	-0,031	-0,092	0,085	-0,056
<i>Corethron histrix</i>	-0,42**	,20**	0,099	-0,23**	-0,22**	-0,22**	0,149	0,052	-0,112	,34**	,21**	-0,37**	0,095	-0,23**	-0,22**	-0,31**	,172*
<i>Ditylum brightwellii</i>	-0,143	-0,22**	0,03	0,012	0,012	0,023	-0,078	-0,018	0,083	0,104	0,08	-0,127	0,066	0,043	-0,061	-0,29**	-0,039
<i>Ditylum sol</i>	-0,35**	0,112	0,096	-0,165*	-0,179*	-0,172*	0,014	,21**	-0,027	,34**	,169*	-0,39**	-0,187*	-0,152*	-0,087	-0,23**	0,116
<i>Lithodesmium undulatum</i>	-0,005	-0,115	0,049	-0,077	-0,084	-0,082	0,145	0,054	0,015	,39**	,24**	-0,156*	0,008	-0,003	-0,097	-0,162*	0,089
<i>Guinardia flacida</i>	-0,151	,23**	,178*	-0,035	-0,027	-0,015	-0,187*	0,001	-0,178*	0,108	0,132	-0,086	0,018	0,048	-0,132	-0,015	-0,045
<i>Neocalyptrella robusta</i>	-0,48**	,26**	0,058	-0,29**	-0,29**	-0,29**	0,075	0,142	0,101	,28**	,28**	-0,58**	-0,24**	-0,23**	-0,032	-0,31**	,32**
<i>Proboscia alata</i>	-0,175*	0,137	,29**	-0,041	-0,049	-0,046	0,019	0,078	-0,078	,25**	,27**	-0,34**	0,076	0,124	-0,052	0,021	,24**
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	-0,043	,158*	0,074	-0,171*	-0,171*	-0,176*	-0,195*	0,124	0,058	0,098	,28**	-0,22**	0,053	0,027	0,121	-0,179*	0,084
<i>Rhizosolenia</i> spp.	0,074	0,028	,26**	,27**	,26**	,26**	0,145	0,111	-0,098	0,137	-0,007	-0,125	0,104	0,069	-0,076	0,006	-0,083

* La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).

** La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral).

Annexe 3 : Matrice des corrélations de Spearman entre paramètres physico-chimiques et les Dinoflagellés.

Temp : Température, **Cond** : Conductivité ; **Sal** : Salinité ; **Coul** : Couleur ; **Alcal** : Alcalinité ; **Transp** : Transparence

	Temp	O ₂	pH	Cond	Sal	TDS	MES	Coul	CO ₂	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Alcal	Transp	Ca ²⁺	Mg ²⁺
<i>Dinophysis acuminata</i>	0,092	-0,04	0,073	0,008	0,012	0,017	-	-	0,036	-0,106	0,037	-	0,061	0,135	-0,078	-	0,133
<i>Ornithocercus magnificus</i>	0,073	-	-0,051	0,004	-	-	-	0,102	0,011	-0,034	-	0,06	0,004	,213**	0,137	0,098	-,182*
<i>Ceratium azoricum</i>	0,106	0,058	0,069	0,059	0,06	0,059	-	-	-0,036	0,125	-	-	0,085	0,079	-0,037	0,01	-0,019
<i>Ceratium bigelowii</i>	0,027	-	0,017	0,035	0,031	0,031	-	0,103	0,036	0,085	0,061	-	0,021	0,079	-0,093	-	0,005
<i>Ceratium horridum</i>	-0,012	0,017	-0,036	0,072	0,069	0,072	0,093	-	0,098	-0,123	-	0,017	0,056	0,003	0,055	-	-0,126
<i>Ceratium macroceros</i>	,194*	-	0,062	-	-	-	0,031	-	0,016	-0,009	-	-	0,024	0,102	,220**	0,005	-0,0189
<i>Ceratium trichoceros</i>	0,074	0,039	,156*	0,056	0,056	0,055	0,109	0,015	-0,036	0,061	-	-	0,143	0,122	-0,014	0,054	0,075
<i>Ceratium tripos</i>	0,103	0,102	0,129	0,011	0,031	0,034	-	-	-	0,057	0,016	0,001	,217**	0,088	-0,053	-	-0,005
<i>Ceratium spp.</i>	-0,063	0,074	-0,025	-	-	-	-	0,119	0,002	0,013	-	0,029	-0,124	-0,022	0,082	0,095	-0,087
<i>Cladopyxis sp.</i>	-0,048	-	-0,077	0,139	0,135	0,118	0,118	-	,189*	-,196*	-	0,083	0,133	0,095	-,173*	-	-0,076
<i>Pyrodinium bahamense</i>	0,003	0,013	0,06	-	-	-	-	-	-0,021	-0,032	-	-	,156*	0,035	-0,034	-	0,029
<i>Proceratium reticulatum</i>	-0,075	-	0,0148	-	-	-	-	0,029	-0,063	0,025	0,054	-	0,075	0,045	-0,093	-	0,048
<i>Pyrophacus horologicum</i>	-0,084	0,065	0,097	0,049	0,041	0,048	-	-	-0,045	-0,089	-	-	-0,032	-0,004	0,027	-	0,017
<i>Gymnodinium catenatum</i>	-,22**	,184*	,208**	-	-	-	-	-	-0,037	-0,057	0,085	-	-0,119	-0,127	-0,069	-	,217**
<i>Diplopsalis lenticula</i>	,220**	-	0,083	0,052	0,051	0,052	-	-	0,135	0,031	0,07	-	0,029	,287**	,238**	-	-0,076
<i>Ostreopsis sp.</i>	0,124	-	0,086	0,133	0,133	0,133	-	-	-0,111	0	-	0,131	0,097	0,079	0,055	0,12	0,015
<i>Protoperidinium curtipes</i>	-0,007	0,064	-0,019	0,018	0,019	0,017	-0,01	-	0,028	-0,061	0,005	-	0,083	-0,011	0,069	0,04	0,048
<i>Protoperidinium conicum</i>	0,006	-	0,137	0,027	0,041	0,046	-	-0,07	-0,109	,206**	0,053	-	0,023	-0,065	-0,148	-	-0,019
<i>Protoperidinium oblongum</i>	-0,017	0,015	-0,038	0,022	0,058	0,064	0,086	-	0,072	0,014	-	0,049	0,088	0,075	-0,038	-	-0,121
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-0,003	-	-0,131	0,035	0,031	0,027	-	-	-0,038	-0,039	-	0,095	0,049	-0,045	-0,067	-	-0,045
<i>Protoperidinium spp.</i>	0,032	0,052	0,147	,187*	,185*	,178*	0,008	-	0,044	-,159*	-	0,018	0,118	0,054	-0,046	0,032	-0,033

* La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).

** La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral)

Annexe 4 : Dynamique spatiale des densités phytoplanctoniques (ind./L) enregistrées dans les 13 points de prélèvement pendant la période d'étude.

Classes	Ordres	Familles	Genres et espèces	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	200	150	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis contermina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
			<i>Cocconeis</i> sp.	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ardissoneales	Ardissoneaceae	<i>Ardissonia formosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	100	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i> sp.	20800	11000	17200	9700	14450	10050	11750	13000	14350	30950	30200	12800	9600	
			<i>Nitzschia closterium</i>	350	200	850	500	450	750	300	750	100	5750	9700	2650	2700	
			<i>Nitzschia fluminensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	
			<i>Nitzschia longissima</i>	50	0	550	0	0	300	3500	0	250	2100	1350	1350	1950	
			<i>Nitzschia lorenziana</i>	0	3750	600	1800	0	0	0	0	0	3400	0	0	0	
			<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	0	0	0	3850	0	0	0	850	0	0	
			<i>Nitzschia sigmoidea</i>	250	0	0	0	0	0	0	0	1550	0	1550	350	0	
			<i>Nitzschia vermicularis</i>	0	0	0	0	0	1650	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Nitzschia</i> spp.	500	1150	1200	1800	51750	3550	800	4500	51700	3900	900	6100	25300	
			<i>Pseudonitzschia</i> spp.	300	400	250	0	1500	1250	11600	1900	9650	4900	300	100	300	
			<i>Psammodyctyon roridum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora abbreviata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	250	
			<i>Licmophora ehrenbergii</i>	100	100	0	0	0	0	0	150	450	900	250	1350	3250	
			<i>Licmophora flabellata</i>	0	100	50	0	0	0	0	0	0	50	0	200	100	
			<i>Licmophora</i> sp.	0	200	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
	Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella lyra</i>	0	0	0	400	0	0	0	0	0	3650	750	0	250	
			<i>Lyrella</i> sp.	0	0	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Petroneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	
	Mastogloiales	Mastogloieaceae	<i>Mastogloia perfecta</i>	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Bacillariophyceae	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora gigantea</i>	0	0	0	200	0	0	0	0	0	100	0	100	0	
			<i>Amphiprora paludosa</i>	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Pinnulariaceae	<i>Caloneis elongata</i>	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	
			<i>Caloneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	250	
		Berkeleyaceae	<i>Climaconeis lorenzi</i>	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	
			<i>Climaconeis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	
		Diploneidaceae	<i>Diploneis bombus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
			<i>Diploneis smithii</i>	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Diploneis vacillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	
			<i>Diploneis</i> sp.	700	0	200	0	50	50	100	0	700	1800	0	0	50	
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Haslea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
				<i>Meuniera membranacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	1000	0	0
				<i>Navicula cruciculoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
				<i>Navicula pavillardii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800
				<i>Navicula</i> spp.	1100	1750	9650	10500	5000	1300	4500	3600	3400	2700	4950	4600	9950
				<i>Trachyneis antillarum</i>	0	0	0	0	50	1000	150	600	500	300	0	300	300
				<i>Trachyneis aspera</i>	0	300	0	0	50	0	0	100	0	0	0	800	0
				<i>Trachyneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	50	0	0
		Scoliotropidaceae	<i>Scoliotropis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	
Plagiotropidaceae		<i>Ephemera planamembranacea</i>	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	300	0	0	0	
		<i>Ephemera</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	550		
		<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	0	0	0	50	0	0	0	0	0	2050	100	0	0		
Pleurosigmataceae		<i>Pleurosigma elongatum</i>	1600	950	2950	3400	1050	3050	300	1300	3250	1900	1700	900	500		
		<i>Pleurosigma formosum</i>	0	0	0	1050	0	300	0	400	0	0	0	0	0		
		<i>Pleurosigma intermedium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2050	0	100	0		
		<i>Pleurosigma normanii</i>	0	0	0	0	0	1100	0	0	0	0	0	0	0		
		<i>Pleurosigma rigidum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700		
		<i>Pleurosigma strigosum</i>	700	200	200	1100	950	500	2250	700	0	200	300	300	0		
		<i>Pleurosigma</i> spp.	650	0	1000	350	10400	550	66400	650	9000	650	1850	50	1400		
<i>Gyrosigma</i> sp.		0	100	150	50	0	50	100	0	100	1000	100	0	0			
Rhabdonematales		Rhabdonemataceae	<i>Rhabdonema adriaticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1450	0	350	250	
Rhopalodiales		Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0		
Striatellales		Striatellaceae	<i>Grammatophora marina</i>	250	0	0	100	0	0	0	0	100	5800	0	0	0	
	<i>Grammatophora oceanica</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600		
	<i>Grammatophora</i> sp.		0	0	0	0	0	0	1250	100	0	0	0	100	0		
	<i>Striatella</i> sp.		0	0	50	0	100	1000	0	50	0	300	150	200	100		

	Surirellales	Entomoneidacea	<i>Entomonois paludosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		Surirellacea	<i>Campylodiscus ecclesianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	350	0
			<i>Campylodiscus iyengarii</i>	0	0	0	100	0	0	0	50	0	0	0	0	0
			<i>Campylodiscus parvulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
			<i>Campylodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	150	350	0	0	0
			<i>Surirella fastuosa</i>	0	0	0	100	650	0	0	0	0	150	0	3450	750
			<i>Surirella robusta</i>	0	0	0	0	0	50	100	0	0	0	0	0	0
			<i>Surirella rorata</i>	0	0	0	0	0	0	1850	0	0	0	0	0	0
			<i>Surirella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	850
			<i>Petrodictyon gemma</i>	0	0	0	0	0	450	200	0	0	7900	0	0	0
	Thalassionematales	Thalassionematacea	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	7200	8400	13800	12200	3200	5250	9050	4400	7750	14600	2300	4150	1850
			<i>Thalassionema nitzchioides</i>	11100	14800	900	9100	2200	7500	1150	10250	20700	750	8600	9050	1950
			<i>Thalassiothrix</i> sp.	2100	3250	1700	600	50	0	350	0	0	200	0	1400	1500
	Thalassiophysales	Catenulacea	<i>Amphora commutata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	2300	0	0
			<i>Amphora laevis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350	0	0	0
			<i>Amphora marina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
			<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	50	0
			<i>Amphora proboscidea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
			<i>Amphora proteus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
			<i>Amphora rhombica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	150	0	50	
Asterolamprales	Asterolampracea	<i>Asteromphalus cleveanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	
		<i>Asteromphalus flabellatus</i>	0	0	0	150	0	200	0	0	0	150	0	0	0	
		<i>Asteromphalus</i> sp.	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	
Biddulphiales	Biddulphiacea	<i>Biddulphia alatrans</i>	0	600	0	600	0	500	0	0	0	50	0	0	150	
		<i>Biddulphia biddulphiana</i>	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	750	4000	40100	
		<i>Biddulphia pulchella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
		<i>Biddulphia regia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	300	1650	0	
		<i>Biddulphia regina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43650	
		<i>Biddulphiopsis titiana</i>	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	50	
		<i>Biddulphia vesiculosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	100	400	650	11050	32900		
		<i>Biddulphia</i> sp.	0	0	0	0	450	0	100	0	0	0	0	400	4800	
		<i>Hydrosera triquetra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	550	4500	200	
		<i>Terpsinoe musica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3350	
		<i>Terpsinoe</i> sp.	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Trigonium formosum</i>	0	0	0	0	0	100	0	900	850	100	0	0	0	
		<i>Trigonium shadbolianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	0	0	
Coscinodiscophyceae	Aulacodiscacea	<i>Aulacodiscus argus</i>	0	0	0	0	0	700	0	0	0	0	300	0	0	
		<i>Aulacodiscus</i> sp.	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1050	0	
	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	1800	3000	2300	3400	3950	3500	1450	4150	5350	5250	3900	1800	1800	
		<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1050	2800	11500	10400	1450	1200	1850	3200	4200	2700	12200	3900	3600	
		<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	8000	10900	30250	28500	30850	17450	6100	10300	17650	38450	49050	18250	6850	
		<i>Coscinodiscus jonesiana</i>	650	1700	2200	1650	150	200	0	1400	100	1600	1800	300	0	
		<i>Coscinodiscus wailesi</i>	2900	0	2050	2000	1350	1150	350	1050	3200	16050	2900	1800	1500	
		<i>Coscinodiscus</i> spp.	8650	2300	10500	3950	5650	4550	3250	8950	12000	4450	14900	3100	2200	
		<i>Palmeria hardmaniana</i>	0	0	450	0	0	100	1550	200	0	0	0	0	0	
		<i>Palmerina</i> sp.	0	250	0	0	0	0	0	0	0	450	0	0	100	
		<i>Actynopticus boliviensis</i>	2400	1450	6350	2700	2600	1950	600	1450	1800	1750	3550	1550	2250	
		<i>Actinoptychus senarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	700	150	250	0	0	
	<i>Grossienela tropica</i>	0	300	0	150	200	1400	950	1000	0	50	150	0	100		
	Hemiaulales	Hemiaulacea	<i>Hemiaulus indicus</i>	0	350	0	0	0	0	0	100	0	1350	0	0	0
			<i>Hemiaulus haucky</i>	1650	1600	3150	4050	2750	950	1500	3650	1100	100	2200	900	1900
<i>Hemiaulus sinensis</i>			3250	1800	4700	2800	2100	1850	2050	3600	1550	600	2450	850	2050	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>			0	150	1350	0	0	0	100	150	0	0	0	0	0	
Melosirales	Melosiracea	<i>Melosira distans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	250	200	0	0		
		<i>Melosira moniliformis</i>	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Melosira</i> sp.	600	600	0	0	0	0	2900	100	0	0	0	0	1150	
	Stephanopyxidacea	<i>Stephanopyxis nipponica</i>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Paraliales	Paraliacea	<i>Paralia sulcata</i>	0	0	0	0	0	0	750	50	16000	4150	600	50		
Thalassiosirales	Stephanodiscacea	<i>Cyclotella striata</i>	0	0	0	0	0	300	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Cyclotella stylorum</i>	0	0	0	1050	900	0	0	0	0	0	0	0	0	

			<i>Cyclotella</i> spp.	5000	4500	3500	13100	4900	2700	3250	2850	4050	1050	5350	5350	1700			
			Skeletonematacea	<i>Detonula moseleyana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
				<i>Detonula pumila</i>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Lauderiacea	<i>Lauderia annulata</i>	0	200	1000	1050	400	0	150	600	150	1650	550	0	0	650	
			Thalassiosiracea	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	9950	6850	11650	2450	2850	1150	0	4750	5500	4250	16900	7550	6350		
				<i>Thalassiosira ferelineata</i>	0	0	100	0	0	0	350	0	0	0	0	0	0		
				<i>Thalassiosira hendeyi</i>	500	0	29150	1050	0	900	500	0	400	1100	600	0	0		
				<i>Thalassiosira leptopus</i>	0	650	4850	2300	0	1200	2950	0	0	9750	9900	800	300		
				<i>Thalassiosira ostrupii</i>	0	0	0	0	1100	0	0	0	0	200	0	0	0		
				<i>Thalassiosira punctigera</i>	1650	3600	20450	25750	1950	1450	1300	2570	1350	2350	2400	2100	450		
	<i>Thalassiosira spp.</i>	8850		6600	10550	12600	1700	6650	1600	11300	10400	6650	12950	4300	5250				
	<i>Thalassiosira nobilis</i>	950	2200	13450	9850	6400	550	1450	3000	850	6250	1050	950	500					
	Triceratales	Triceratiacea	<i>Cerataulina dentata</i>	0	0	250	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			<i>Cerataulus radiatus</i>	0	0	0	100	150	150	0	0	0	750	750	0	400			
			<i>Cerataulus turgidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0			
			<i>Cerataulus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0			
			<i>Odontella aurita</i>	2100	4300	6400	1900	3050	2800	250	1950	2900	1950	1800	1300	700			
			<i>Odontella longicruris</i>	0	1150	850	1100	400	650	6400	500	250	5350	150	200	0			
			<i>Odontella mobiliensis</i>	8750	9150	18050	22900	21950	16300	850	7600	8900	2800	10150	6300	2900			
			<i>Odontella obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4200			
			<i>Odontella sinensis</i>	850	1650	3250	3450	300	1550	100	1050	450	350	1500	450	250			
			<i>Odontella regia</i>	300	150	50	750	100	50	0	650	500	250	50	350	0			
			<i>Odontella reticulata</i>	0	0	100	100	250	0	350	100	650	500	1350	500	49250			
			<i>Odontella rhombus</i>	100	50	200	350	0	0	0	0	300	250	100	0	4750			
			<i>Odontella</i> sp.	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0	100	200	0			
			<i>Pleurosira laevis</i>	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0			
			<i>Triceratium antediluvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0			
			<i>Triceratium favus</i>	300	0	50	150	200	350	0	100	50	150	500	0	450			
			<i>Triceratium pentacrinus</i>	0	0	0	0	0	0	5200	0	0	0	0	0	2200			
<i>Triceratium spinosum</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0				
Fragilariophyceae			Chaetocerotales	Chaetocerotacea	<i>Bacteriastrum delicatum</i>	1000	900	6300	7800	800	1900	1800	350	6150	900	3200	150	0	
	<i>Bacteriastrum furcatum</i>	8200			4200	32500	18050	5400	6950	4850	5100	4650	2700	11100	3350	7100			
	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	10100			3200	10600	12800	8650	7600	8900	8950	8200	6150	8150	1400	3600			
	<i>Bacteriastrum minus</i>	200			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	<i>Chaetoceros affinis</i>	50			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	<i>Chaetoceros armatus</i>	300			300	3300	1150	200	150	200	100	600	600	0	0	1100			
	<i>Chaetoceros coarctatus</i>	0			0	150	1000	0	0	50	400	1400	50	0	400	0			
	<i>Chaetoceros danicus</i>	400			0	0	550	0	1500	900	500	0	800	3250	0	50			
	<i>Chaetoceros decipiens</i>	1650			0	6450	3000	450	1100	500	900	1000	0	1650	900	2000			
	<i>Chaetoceros didymus</i>	500			0	1200	1000	0	0	100	100	400	100	0	0	0			
	<i>Chaetoceros distans</i>	0			0	350	0	0	0	0	650	1550	4400	50	250	0			
	<i>Chaetoceros diversus</i>	550			0	2000	0	0	250	150	1750	0	950	500	200	150			
	<i>Chaetoceros laciniosus</i>	1000			1700	6650	1400	350	650	2050	3700	1400	2600	2250	4650	3100			
	<i>Chaetoceros laevis</i>	150			500	200	100	0	100	500	500	0	0	600	1050	1200			
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	17550			5450	8850	19700	5000	950	450	6550	5450	4550	11150	1050	1750			
	<i>Chaetoceros paradoxus</i>	1850			1500	6900	1350	250	0	50	1550	850	150	300	100	250			
	<i>Chaetoceros perivianus</i>	3250			4050	8350	17750	5350	3050	2950	9500	10500	3450	11150	8650	8050			
	<i>Chaetoceros socialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	350	0	0	0	0					
	<i>Chaetoceros</i> spp.	9600	10650	15900	15450	5200	11150	1750	1750	2100	1500	24800	9800	7550					
	Climacospheniales	Climacospheniaceae	<i>Climacosphaenia monilifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	750	500			
<i>Climacosphaenia</i> sp.			0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Corethrales	Corethraceae	<i>Corethron histrix</i>	800	1300	8500	6700	1150	50	950	1550	3450	6850	450	0	800				
Fragilariales	Fragilariacea	<i>Fragilaria crottenensis</i>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
		<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0				
		<i>Podocystis adriatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500				
Lithodesmiales	Bellerocheacea	<i>Bellerochea horologicallis</i>	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0				
		<i>Bellerochea malleus</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	50				
	Streptothecacea	<i>Helicotheca tamenis</i>	0	0	10150	850	0	0	0	1000	0	0	0	0	0				
		<i>Helicotheca</i> sp.	0	2350	0	0	1150	0	50	0	50	1550	0	0	0				
Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	300	0	0	0	0	50				

	Lithodesmiales	Lithodesmiacea	<i>Ditylum brightwellii</i>	4850	1200	6250	9850	3050	12850	11000	3900	3450	850	7200	1350	800	
			<i>Ditylum sol</i>	50	3900	4200	1050	850	2150	1150	850	1150	250	1550	150	350	
			<i>Lithodesmium undulatum</i>	1450	3650	2800	3400	1450	5450	1350	1600	1750	400	4200	100	1150	
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniacea	<i>Guinardia flacida</i>	5750	3000	11350	8950	13100	5300	3300	11700	16300	1250	8250	2750	3750	
			<i>Guinardia striata</i>	400	1350	1800	950	7650	4750	1250	3800	5650	1450	2600	2950	250	
			<i>Neocalyptrella robusta</i>	1450	2400	2900	3050	2050	2500	100	1800	2850	600	1850	2350	2900	
			<i>Dactyliosolen</i> sp.	150	450	650	0	0	50	200	0	0	0	0	0	50	
			<i>Proboscia alata</i>	18250	21400	19600	19300	6900	13550	1750	34050	10900	1650	72500	35850	12650	
			<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	70050	41700	38350	15400	450	8300	800	50450	13000	1250	21950	16050	12550	
			<i>Rhizosolenia</i> spp.	1100	1850	4550	4200	300	1450	100	2750	3600	2750	3850	2650	1900	
/	/	<i>Tetramphora lineolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7050	0	0	0	0		
		<i>Tetramphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0		
Desmophyceae	Dinophysiales	Dinophysiacea	<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	
			<i>Dinophysis caudata</i>	23850	18700	2000	90050	2850	31400	2000	26550	22350	450	7700	39450	62600	
			<i>Dinophysis</i> sp.	0	0	0	2150	7400	1100	8750	11150	50	600	0	150	150	
			<i>Ornithocercus magnificus</i>	0	150	250	600	0	650	850	150	150	0	0	150	50	
	Gonyaulacales	Ceratiacea	<i>Ceratium azoricum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	
			<i>Ceratium bigelowii</i>	0	0	0	0	0	0	0	150	150	0	0	0	0	
			<i>Ceratium breve</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	
			<i>Ceratium contortum</i>	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Ceratium delicatum</i>	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	150	0	
			<i>Ceratium dens</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	100	3750	0	0	0	
			<i>Ceratium furca</i>	2300	3700	4700	7850	500	2200	1850	6500	11500	100	10650	19000	5500	
			<i>Ceratium fusus</i>	2450	2400	14450	9550	7200	2600	150	1950	2150	750	1600	1400	2700	
			<i>Ceratium horridum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	
			<i>Ceratium macroceros</i>	4100	4900	250	12500	150	4800	200	3100	1350	500	9150	6750	4150	
			<i>Ceratium massiliens</i>	100	250	550	100	350	50	3350	1200	400	1300	550	950	250	
			<i>Ceratium symmetricum</i>	750	150	300	950	650	550	550	1600	850	600	1250	1350	1800	
			<i>Ceratium trichoceros</i>	1000	0	0	100	0	0	0	150	0	300	800	0	150	
			<i>Ceratium tripos</i>	0	50	40300	900	50	550	100	0	800	13500	500	550	50	
		<i>Ceratium vultur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0		
		<i>Ceratium</i> spp.	0	100	150	50	300	150	13300	150	50	0	400	50	0		
		Cladopyxidacea	<i>Cladopyxis hemibrachiata</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Cladopyxis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	200	0	500	
		Goniodomatacea	<i>Alexandrium tamarense</i>	0	0	0	0	1850	0	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Goniodoma polyedricum</i>	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Pyrodinium bahamense</i>	850	150	3000	550	2700	1100	400	2050	1450	1600	2300	550	750	
		Gonyaulacacea	<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Proceratium reticulatum</i>	0	0	3600	150	0	0	0	750	0	0	0	0	0	
			<i>Protoceratium</i> sp.	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	
		Pyrophacacea	<i>Pyrophacus horologicum</i>	1700	950	250	2200	0	1700	50	2150	3750	200	3600	1350	1600	
			<i>Pyrophacus steinii</i>	0	0	150	100	0	0	0	750	0	350	100	0	50	
	Gymnodiniales	Gymnodiniacea	<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	150	0	0	0	0	150	300	150	0	0	0	0	
			<i>Gyrodinium impudicum</i>	0	0	0	0	0	0	200	0	0	5150	900	0	0	
			<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	
	Noctilucales	Noctiluacea	<i>Nocticula</i> sp.	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Dinophysaceae	Prorocentrales	Prorocentracea	<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	
				<i>Prorocentrum gracile</i>	0	0	0	50	0	150	0	0	0	900	0	250	
				<i>Prorocentrum micans</i>	750	2400	2100	2150	0	1550	0	3450	4300	150	4450	6300	3450
				<i>Prorocentrum sigmoides</i>	0	0	0	150	5500	0	750	0	0	0	0	0	100
				<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	950	0
		Peridinales	Kolkwitzziellacea	<i>Diplopsalis lenticula</i>	6450	1300	150	15850	300	9250	150	3950	2300	50	2300	3300	1450
				<i>Diplopelta parva</i>	0	0	19350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Ostreopsidacea	<i>Ostreopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
			Protopteridiniacea	<i>Protopteridinium biconicum</i>	4650	1750	5500	10000	2000	3000	150	3900	1150	700	500	900	650
				<i>Protopteridinium cerasus</i>	0	900	0	50	0	150	300	100	100	100	150	50	0
				<i>Protopteridinium curtipes</i>	0	0	0	0	0	150	0	0	200	0	50	0	0
				<i>Protopteridinium conicum</i>	1550	1650	0	5700	50	1750	1500	1600	1550	2100	1200	650	500
				<i>Protopteridinium crassipes</i>	0	0	850	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protopteridinium depressum</i>				0	0	0	250	1550	0	0	0	0	1550	0	0	0	
<i>Protopteridinium divergens</i>				800	2250	750	400	150	1550	350	1750	1100	350	2650	2800	500	

			<i>Protoperidinium leonis</i>	400	2850	150	1000	150	150	250	450	250	1700	100	50	150	
			<i>Protoperidinium oblongum</i>	0	100	0	0	0	0	150	100	0	50	0	100	0	0
			<i>Protoperidinium pellucidum</i>	150	0	8900	50	0	50	0	0	350	0	0	50	0	0
			<i>Protoperidinium pentagonum</i>	2250	200	300	0	0	0	950	50	1500	3600	1050	0	650	0
			<i>Protoperidinium punctulatum</i>	0	0	950	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Protoperidinium spp.</i>	500	1350	200	100	450	150	600	500	0	150	550	450	250	0
		Peridiniacea	<i>Peridinium pentagonum</i>	0	0	0	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Podolampadacea	<i>Podolampas elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0
		Protoperidiniacea	<i>Preperidinium meunieri</i>	0	0	0	0	1700	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Peridinidea	<i>Spiraulax sp.</i>	0	0	2900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dictyochophyceae	Dictyochales	Dictyochacea	<i>Dictyocha speculum</i>	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0		
			<i>Dityocha sp.</i>	0	650	0	350	22150	50	2650	0	250	0	100	100	500	
Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium nematodes</i>	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
			<i>Closterium quadrum</i>	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Closterium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	
		Desmidiaceae	<i>Cosmarium binum</i>	0	0	0	0	0	0	5300	0	0	0	0	0	0	
			<i>Cosmarium quadrum</i>	0	0	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Cosmarium sp.</i>	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	
			<i>Micrasterias truncata</i>	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Staurastrum sp.</i>	0	0	100	0	0	0	50	0	350	0	0	0	0		
		Zygnematales	Zygnematacea	<i>Spirogyra sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
		Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	
<i>Oscillatoria sp.</i>	0				12550	1000	0	0	0	0	0	0	2750	0	0		
Phormidiaceae	<i>Tychonema bornetii</i>			0	0	0	0	0	0	0	100	0	650	0	0		
Chlorophyceae	Chaetophorales	Schizomeridacea	<i>Schizomeris sp.</i>	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0			
	Sphaerpleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus calptratus</i>	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0			
Prasinophyceae	Halosphaerales	Pterospermatocaeae	<i>Pterosperma undulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1100	450	0			
			<i>Plectonema gracillimum</i>	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0		
Euglenoidea	Euglenida	Euglenacea	<i>Euglene sp.</i>	0	0	0	0	6850	400	5000	0	0	0	0			
			<i>Phacus orbicularis</i>	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0			
		Phacaceae	<i>Phacus sp.</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0			
Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryacea	<i>Dinobryon divergens</i>	0	50	0	0	0	50	500	0	0	0				
Totaux	45	73	273	333800	292750	582100	543950	317250	272000	261150	357150	374450	333810	495850	322600	458650	

Annexe 5 : Dynamique saisonnière des densités phytoplanctoniques (ind./L) enregistrées dans les 13 points de prélèvement pendant la période d'étude.

Classes	Ordres	Familles	Genres et espèces	PSP	PSS	GSP	GSS
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	350	0
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis contermina</i>	100	0	200	0
			<i>Cocconeis</i> sp.	0	0	50	50
	Ardissoneales	Ardissoneaceae	<i>Ardissonia formosa</i>	0	0	0	250
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i> sp.	61500	16900	16800	110620
			<i>Nitzschia closterium</i>	300	1700	1950	21100
			<i>Nitzschia fluminensis</i>	0	150	0	0
			<i>Nitzschia longissima</i>	100	50	0	11250
			<i>Nitzschia lorenziana</i>	0	250	1700	7600
			<i>Nitzschia sigma</i>	50	0	0	4650
			<i>Nitzschia sigmoidea</i>	50	300	0	3350
			<i>Nitzschia vermicularis</i>	0	0	0	1650
			<i>Nitzschia</i> spp.	3850	1600	3450	144250
			<i>Pseudonitzschia</i> spp.	500	2550	14000	15400
			<i>Psammodictyon roridum</i>	100	0	0	0
	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora abbreviata</i>	0	0	250	200
			<i>Licmophora ehrenbergii</i>	2150	350	850	3200
			<i>Licmophora flabellata</i>	150	0	0	350
			<i>Licmophora</i> sp.	50	150	0	0
	Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella lyra</i>	150	2600	1150	1150
			<i>Lyrella</i> sp.	0	0	300	0
			<i>Petroneis</i> sp.	100	0	50	100
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia perfecta</i>	0	0	0	150
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora gigantea</i>	0	0	400	0
			<i>Amphiprora paludosa</i>	200	0	0	0
		Pinnulariaceae	<i>Caloneis elongata</i>	0	100	0	0
			<i>Caloneis</i> sp.	50	200	200	0
		Berkeleyaceae	<i>Climaconeis lorenzi</i>	200	0	0	1250
			<i>Climaconeis</i> sp.	0	400	0	0
		Diploneidaceae	<i>Diploneis bombus</i>	0	0	0	50
			<i>Diploneis smithii</i>	100	0	0	0
			<i>Diploneis vacillans</i>	50	0	0	0
			<i>Diploneis</i> sp.	800	750	700	1400
		Naviculaceae	<i>Haslea</i> sp.	0	0	100	0
			<i>Meuniera membranacea</i>	950	100	0	0
			<i>Navicula cruciculoides</i>	0	0	150	0
			<i>Navicula pavillardii</i>	0	0	0	800
			<i>Navicula</i> spp.	2200	200	650	59950
			<i>Trachyneis antillarum</i>	400	100	50	2650
			<i>Trachyneis aspera</i>	100	50	0	1100
		<i>Trachyneis</i> sp.	650	0	0	0	
		Scoliotropidaceae	<i>Scoliotropis</i> sp.	400	0	0	0
		Plagiotropidaceae	<i>Ephemera planamembranacea</i>	50	0	300	0
			<i>Ephemera</i> sp.	100	450	0	0
			<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	0	0	1250	950
		Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma elongatum</i>	3150	650	7850	8200
			<i>Pleurosigma formosum</i>	0	0	0	1750
<i>Pleurosigma intermedium</i>			500	50	0	1600	
<i>Pleurosigma normanii</i>			0	0	0	1100	
<i>Pleurosigma rigidum</i>			0	0	700	0	
<i>Pleurosigma strigosum</i>	400		350	1550	5100		
<i>Pleurosigma</i> spp.	1450		7450	8100	69200		
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	200	1250			
Rhabdonematales	Rhabdonemataceae	<i>Rhabdonema adriaticum</i>	0	700	1200	150	
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	50	0	0	0	
Striatellales	Striatellaceae	<i>Grammatophora marina</i>	0	200	4900	1050	
		<i>Grammatophora oceanica</i>	100	0	0	600	
		<i>Grammatophora</i> sp.	1000	200	100	150	
		<i>Striatella</i> sp.	0	0	0	1950	
Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Entomonis paludosa</i>	50	0	0	0	
	Surirellaceae	<i>Campylodiscus ecclesianus</i>	0	0	100	350	
		<i>Campylodiscus iyengarii</i>	50	0	100	0	
		<i>Campylodiscus parvulus</i>	0	0	0	150	

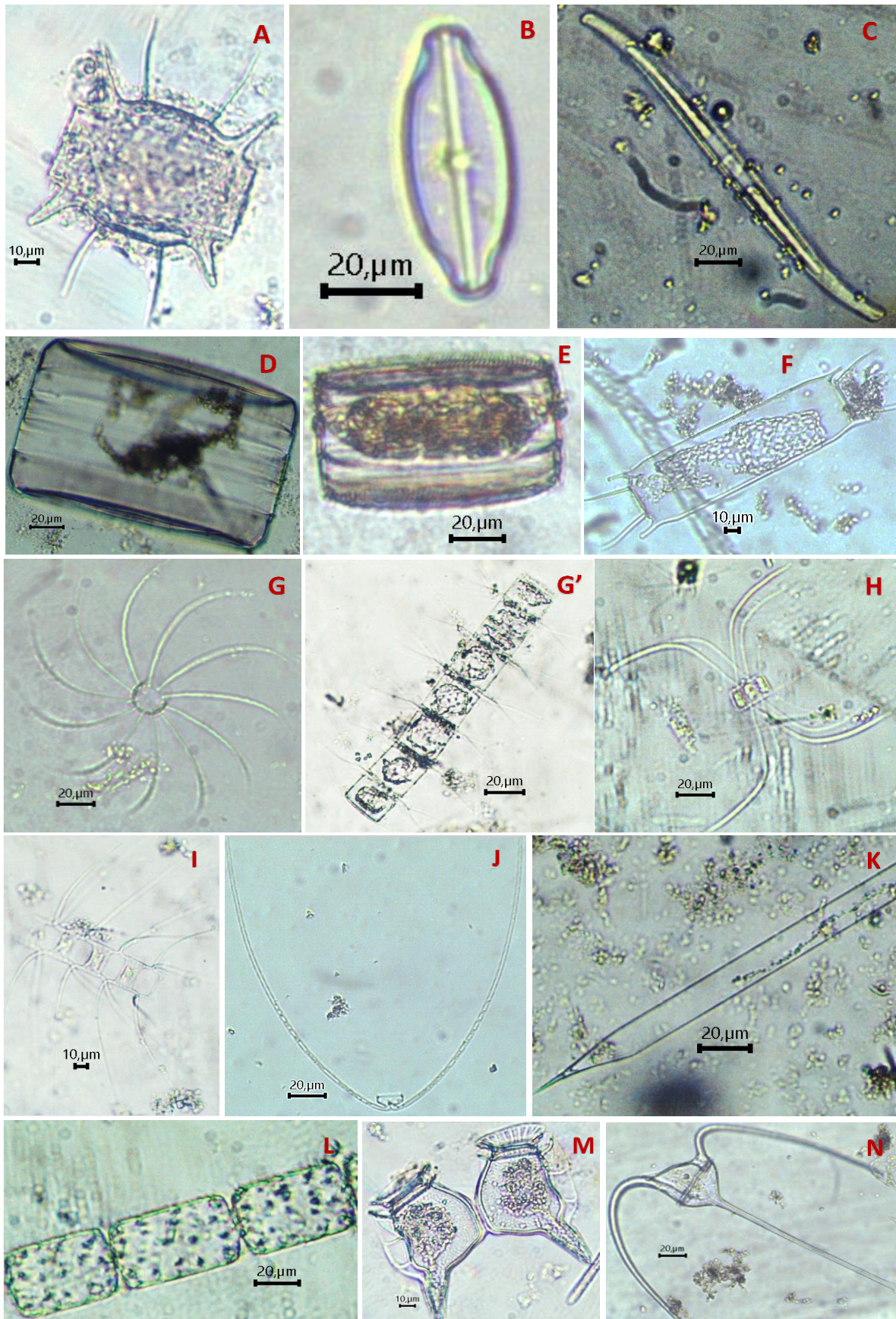
			<i>Campylodiscus</i> sp.	150	200	100	50
			<i>Surirella fastuosa</i>	250	250	3300	1300
			<i>Surirella robusta</i>	50	0	0	100
			<i>Surirella rotata</i>	0	1850	0	0
			<i>Surirella</i> sp.	0	0	0	850
			<i>Petrodictyon gemma</i>	0	0	500	150
	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	100	65850	20700	7500
			<i>Thalassionema nitzchioides</i>	100	45000	40100	12850
			<i>Thalassiothrix</i> sp.	50	1200	0	9900
	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora commutata</i>	0	0	0	2600
			<i>Amphora laevis</i>	0	0	0	350
			<i>Amphora marina</i>	0	0	0	50
			<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	200
			<i>Amphora proboscidea</i>	50	0	0	0
			<i>Amphora proteus</i>	0	0	100	0
			<i>Amphora rhombica</i>	0	50	0	0
			<i>Amphora</i> sp.	0	0	100	150
Coscinodiscophyceae	Asterolamprales	Asterolampraceae	<i>Asteromphalus cleveanus</i>	0	150	0	0
			<i>Asteromphalus flabellatus</i>	200	0	150	150
			<i>Asteromphalus</i> sp.	0	0	100	0
	Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Biddulphia altetrans</i>	50	0	0	1850
			<i>Biddulphia biddulphiana</i>	50	300	42000	2550
			<i>Biddulphia pulchella</i>	0	150	0	0
			<i>Biddulphia regia</i>	100	450	42000	4400
			<i>Biddulphia regina</i>	250	0	43400	0
			<i>Biddulphiopsis titiana</i>	50	0	0	0
			<i>Biddulphia vesiculosa</i>	2400	500	38200	4000
			<i>Biddulphia</i> sp.	250	0	2650	2850
			<i>Hydrosera triquetra</i>	0	0	4500	750
			<i>Terpsinoe musica</i>	0	0	3150	200
			<i>Terpsinoe</i> sp.	0	0	0	100
			<i>Trigonium formosum</i>	200	0	0	1750
			<i>Trigonium shadboltianum</i>	400	100	0	0
	Coscinodisciales	Aulacodiscaceae	<i>Aulacodiscus argus</i>	0	0	300	700
			<i>Aulacodiscus</i> sp.	50	0	0	1150
		Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	21950	2790	5850	11050
			<i>Coscinodiscus radiatus</i>	2400	5970	40600	11050
			<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	9700	23800	94150	144950
			<i>Coscinodiscus jonesiana</i>	300	980	5900	4550
			<i>Coscinodiscus waillesi</i>	4050	800	12550	18900
			<i>Coscinodiscus</i> spp.	26900	10160	9700	37150
			<i>Palmeria hardmaniana</i>	250	400	300	1350
			<i>Palmerina</i> sp.	0	250	450	100
		Hemidiscaceae	<i>Actynopticus boliviensis</i>	11250	2950	8050	8150
			<i>Actinoptychus senarius</i>	0	350	0	750
			<i>Grossienela tropica</i>	950	150	1200	2000
	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Hemiaulus indicus</i>	50	700	1050	0
			<i>Hemiaulus haucky</i>	300	5850	6950	12400
			<i>Hemiaulus sinensis</i>	1200	6800	9600	12050
			<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	50	200	1500	0
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira distans</i>	200	50	0	200
			<i>Melosira monliformis</i>	0	0	0	50
			<i>Melosira</i> sp.	50	2050	550	2700
		Stephanopyxidaceae	<i>Stephanopyxis nipponica</i>	50	0	0	0
	Paraliales	Paraliaceae	<i>Paralia sulcata</i>	0	6250	9750	4850
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella striata</i>	0	0	0	300
			<i>Cyclotella stylorum</i>	0	0	0	1950
			<i>Cyclotella</i> spp.	6750	13800	24800	11950
		Skeletonemataceae	<i>Detonula moseleyana</i>	0	0	0	300
			<i>Detonula pumila</i>	0	0	50	0
		Lauderiaceae	<i>Lauderia annulata</i>	750	2750	2350	550
		Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	25950	5250	10850	38150
			<i>Thalassiosira ferelineata</i>	50	0	100	300
			<i>Thalassiosira hendeyi</i>	5400	12300	10650	5850
			<i>Thalassiosira leptopus</i>	1000	400	6550	24750
			<i>Thalassiosira oestrupii</i>	300	100	350	550
			<i>Thalassiosira punctigera</i>	2300	8520	52700	3850

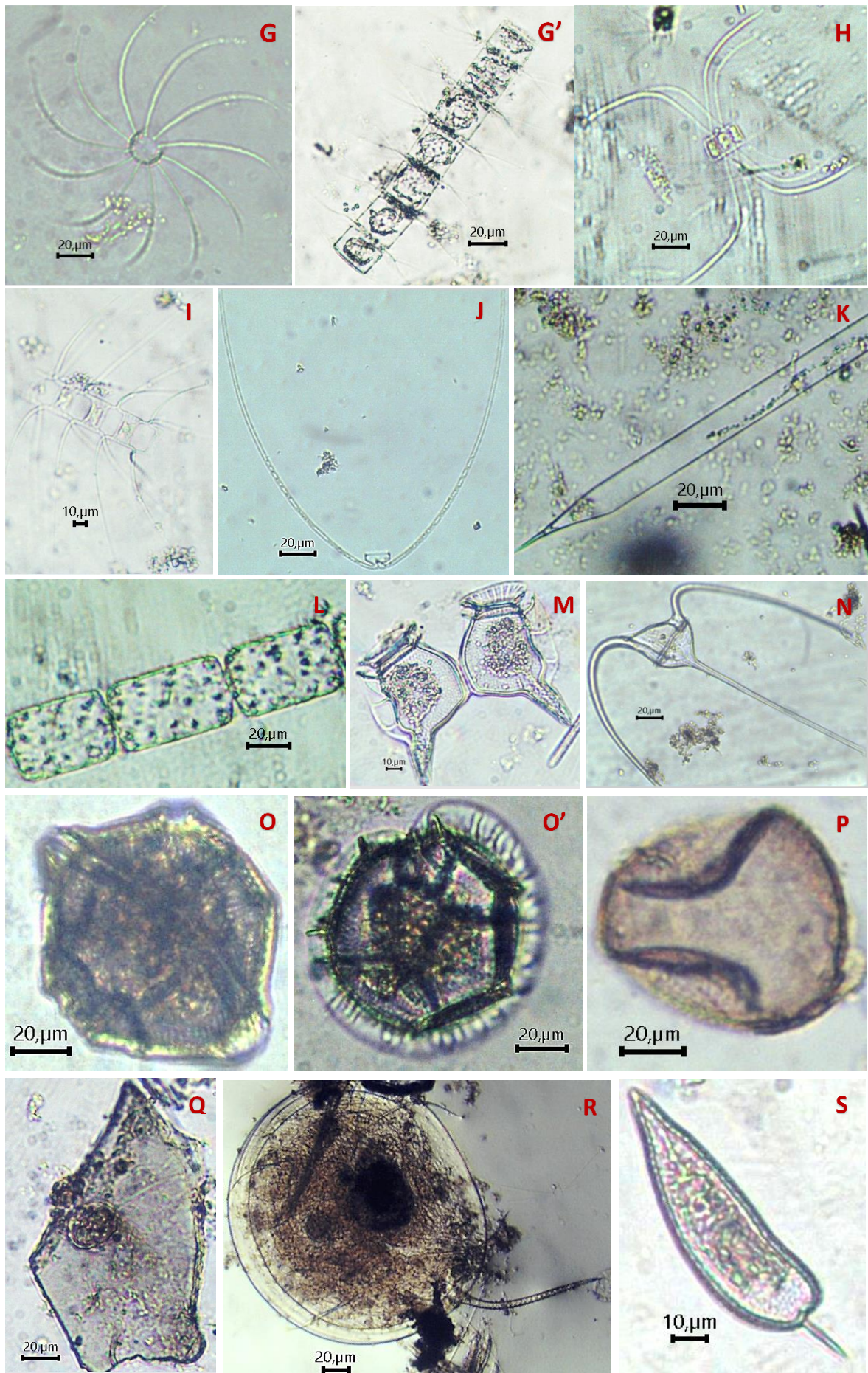
			<i>Thalassiosira</i> spp.	39600	10350	26400	23050
			<i>Thalassiosira nobilis</i>	2750	3500	32600	5700
	Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Cerataulina dentata</i>	0	0	700	0
			<i>Cerataulus radiatus</i>	0	100	600	1600
			<i>Cerataulus turgidus</i>	50	0	0	0
			<i>Cerataulus</i> sp.	0	0	0	250
			<i>Odontella aurita</i>	7200	4720	7800	11650
			<i>Odontella longicruris</i>	350	4400	7150	5100
			<i>Odontella mobiliensis</i>	21550	20400	38750	55900
			<i>Odontella obtusa</i>	0	0	4200	0
			<i>Odontella sinensis</i>	0	3050	7050	5100
			<i>Odontella regia</i>	850	1150	950	250
			<i>Odontella reticulata</i>	750	1150	47250	4000
			<i>Odontella rhombus</i>	600	100	4700	700
			<i>Odontella</i> sp.	200	0	0	200
			<i>Pleurosira laevis</i>	0	0	0	50
			<i>Triceratium antediluvianum</i>	0	0	0	100
			<i>Triceratium favus</i>	550	150	1000	600
			<i>Triceratium pentacrinus</i>	250	1100	2100	3950
			<i>Triceratium spinosum</i>	0	0	0	50
Fragilariophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum delicatum</i>	0	13450	13650	4150
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	800	18950	41800	52600
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	300	20700	41650	35650
			<i>Bacteriastrum minus</i>	0	0	200	0
			<i>Chaetoceros affinis</i>	0	50	0	0
			<i>Chaetoceros armatus</i>	0	4650	850	2200
			<i>Chaetoceros coarctatus</i>	0	2050	500	900
			<i>Chaetoceros danicus</i>	0	1000	4100	6450
			<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	0	300	19650
			<i>Chaetoceros didymus</i>	0	1300	0	1600
			<i>Chaetoceros distans</i>	0	2200	0	0
			<i>Chaetoceros diversus</i>	0	4250	2100	150
			<i>Chaetoceros lacinosus</i>	2950	7800	8650	12100
			<i>Chaetoceros laevis</i>	0	0	500	4400
			<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	700	21600	39800	26350
			<i>Chaetoceros paradoxus</i>	0	6300	10500	150
			<i>Chaetoceros perivianus</i>	4450	19150	42800	29650
			<i>Chaetoceros socialis</i>	0	350	0	0
			<i>Chaetoceros</i> spp.	2150	34900	14550	65600
	Climacospheniales	Climacospheniaceae	<i>Climacosphaenia moniligera</i>	200	0	0	1250
			<i>Climacosphaenia</i> sp.	0	400	0	0
	Corethrales	Corethraceae	<i>Corethron histrix</i>	150	10300	22000	100
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria crottenensis</i>	0	0	0	50
			<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	0	100
			<i>Podocystis adriatica</i>	0	0	0	500
	Lithodesmiales	Bellerocheaceae	<i>Bellerochea horologicallis</i>	0	0	0	100
			<i>Bellerocera malleus</i>	0	0	0	100
		Streptothecaceae	<i>Helicotheca tamenis</i>	0	0	12000	0
			<i>Helicotheca</i> sp.	0	1150	1650	2350
	Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	300	0
	Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	1600	21700	4650	38650
			<i>Ditylum sol</i>	350	12200	3100	2000
			<i>Lithodesmium undulatum</i>	650	9800	5200	13100
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia flacida</i>	2100	2400	77400	12850
			<i>Guinardia striata</i>	0	32350	2350	150
			<i>Neocalyptrella robusta</i>	0	16250	9900	650
			<i>Dactyliosolen</i> sp.	600	150	100	700
			<i>Proboscia alata</i>	2450	39550	174150	52200
			<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	4550	4300	46050	235400
			<i>Rhizosolenia</i> spp.	7300	3350	13900	6500
/	/		<i>Tetramphora lineolata</i>	1750	600	3550	1150
			<i>Tetramphora</i> sp.	50	0	0	0
Desmophyceae	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	0	50
			<i>Dinophysis caudata</i>	102800	4100	138750	84350
			<i>Dinophysis</i> sp.	11550	650	250	19050
			<i>Ornithocercus magnificus</i>	850	100	0	2050
	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium azoricum</i>	0	0	0	150

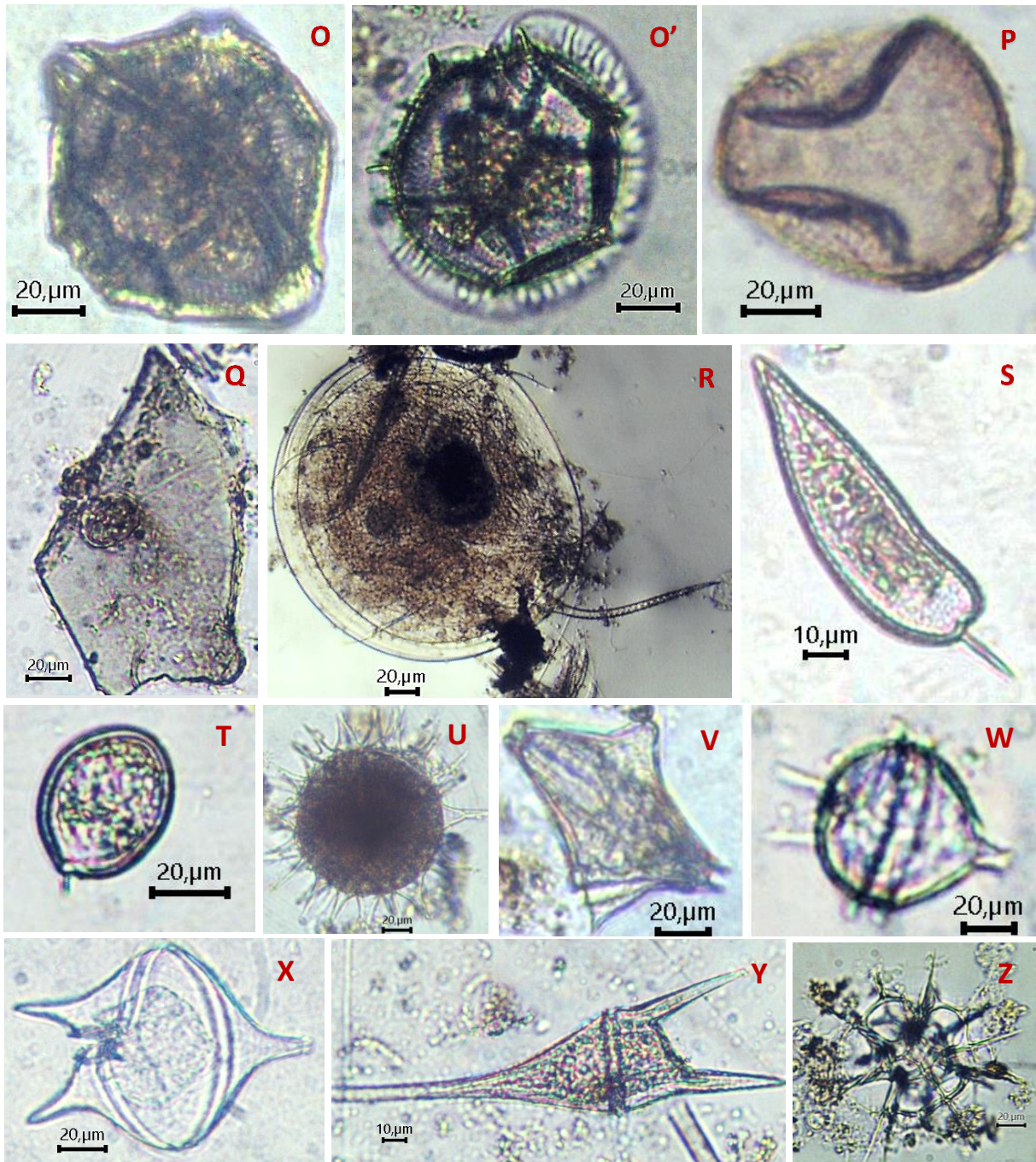
			<i>Ceratium bigelowii</i>	0	0	0	300	
			<i>Ceratium breve</i>	0	100	0	100	
			<i>Ceratium contortum</i>	0	0	0	100	
			<i>Ceratium delicatum</i>	0	50	0	150	
			<i>Ceratium dens</i>	0	0	150	3750	
			<i>Ceratium furca</i>	13650	8500	35100	19200	
			<i>Ceratium fusus</i>	6900	250	5150	37100	
			<i>Ceratium horridum</i>	50	0	0	0	
			<i>Ceratium macroceros</i>	700	100	350	50750	
			<i>Ceratium massiliens</i>	2000	550	1000	5850	
			<i>Ceratium symmetricum</i>	5000	2450	500	3400	
			<i>Ceratium trichoceros</i>	1150	100	200	1050	
			<i>Ceratium tripos</i>	7800	2000	30250	17300	
			<i>Ceratium vultur</i>	0	0	0	250	
			<i>Ceratium spp.</i>	1700	1650	800	10550	
	Gonyaulacales	Cladopyxidaceae	<i>Cladopyxis hemibrachiata</i>	600	0	0	0	
			<i>Cladopyxis sp.</i>	0	0	100	0	
		Goniodomataceae	<i>Alexandrium tamarense</i>	200	850	350	450	
			<i>Goniodoma polyedricum</i>	50	0	0	100	
			<i>Pyrodinium bahamense</i>	3950	1900	3850	7750	
		Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax sp.</i>	0	0	50	0	
			<i>Proceratium reticulatum</i>	550	900	1350	1700	
			<i>Protoceratium sp.</i>	0	100	0	0	
		Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus horologicum</i>	5500	3250	5550	5200	
			<i>Pyrophacus steinii</i>	100	320	200	850	
	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	400	350	0	
			<i>Gyrodinium impudicum</i>	3200	0	550	2500	
			<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	50	0	
	Noctilucales	Noctilucaceae	<i>Nocticula sp.</i>	0	100	0	0	
Dinophysaceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	100	0	
			<i>Prorocentrum gracile</i>	600	50	700	0	
			<i>Prorocentrum micans</i>	13850	2200	9950	5050	
			<i>Prorocentrum sigmoides</i>	50	800	550	5000	
			<i>Prorocentrum sp.</i>	0	100	0	0	
		Peridinales	Kolkwitzziellaceae	<i>Diplopsalis lenticula</i>	0	840	550	45400
				<i>Diplopelta parva</i>	0	0	500	18850
			Ostreopsidaceae	<i>Ostreopsis sp.</i>	0	0	0	50
			Proto-peridiniaceae	<i>Proto-peridinium biconicum</i>	12350	2300	1400	19500
				<i>Proto-peridinium cerasus</i>	1150	400	0	350
				<i>Proto-peridinium curtipes</i>	50	0	200	150
				<i>Proto-peridinium conicum</i>	3900	1950	8600	5350
				<i>Proto-peridinium crassipes</i>	0	150	100	750
				<i>Proto-peridinium depressum</i>	400	0	0	2950
				<i>Proto-peridinium divergens</i>	550	1650	3850	9350
				<i>Proto-peridinium leonis</i>	600	1000	1700	4350
				<i>Proto-peridinium oblongum</i>	200	150	0	150
				<i>Proto-peridinium pellucidum</i>	1000	0	2100	6450
				<i>Proto-peridinium pentagonum</i>	1950	2500	2450	3650
				<i>Proto-peridinium punctulatum</i>	0	150	700	200
			<i>Proto-peridinium spp.</i>	1350	1100	1650	1250	
			Peridiniaceae	<i>Peridinium pentagonum</i>	0	0	0	300
		Podolampadaceae	<i>Podolampas elegans</i>	0	200	0	0	
		Proto-peridiniaceae	<i>Preperidinium meunieri</i>	150	50	1500	0	
		Peridinideae	<i>Spiraulax sp.</i>	0	0	450	2450	
	Dictyochophyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyocha speculum</i>	50	0	0	0
				<i>Dityocha sp.</i>	9900	2150	5600	9150
Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium nematodes</i>	50	0	350	0	
			<i>Closterium quadrum</i>	0	0	0	50	
			<i>Closterium sp.</i>	50	0	50	50	
		Desmidiaceae	<i>Cosmarium binum</i>	250	0	450	4600	
			<i>Cosmarium quadrum</i>	0	0	0	50	
			<i>Cosmarium sp.</i>	150	0	0	100	
	<i>Micrasterias truncata</i>		0	0	50	0		
		<i>Staurastrum sp.</i>	100	350	50	0		
	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra sp.</i>	0	100	0	0	
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>	0	0	0	1000	
			<i>Oscillatoria sp.</i>	3100	0	0	13200	

		Phormidiaceae	<i>Tychonema bornetii</i>	0	0	100	650
Chlorophyceae	Chaetophorales	Schizomeridaceae	<i>Schizomeris</i> sp.	50	0	0	0
	Sphaerpleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus calptratus</i>	0	0	0	50
Prasinophyceae	Halosphaerales	Pterospermataceae	<i>Pterosperma undulatum</i>	0	0	1100	450
			<i>Plectonema gracillimum</i>	0	0	100	0
Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Euglene</i> sp.	5000	7250	0	0
		Phacaceae	<i>Phacus orbicularis</i>	0	0	100	0
			<i>Phacus</i> sp.	0	0	100	0
Chrysophyceae	Chromulinales	Dinobryaceae	<i>Dinobryon divergens</i>	50	0	500	50
13	45	73	273	542050	685450	1677600	2086070

Annexe 6 : Taxons phytoplanctoniques utiles et taxons phytoplanctoniques susceptibles d'être nuisibles

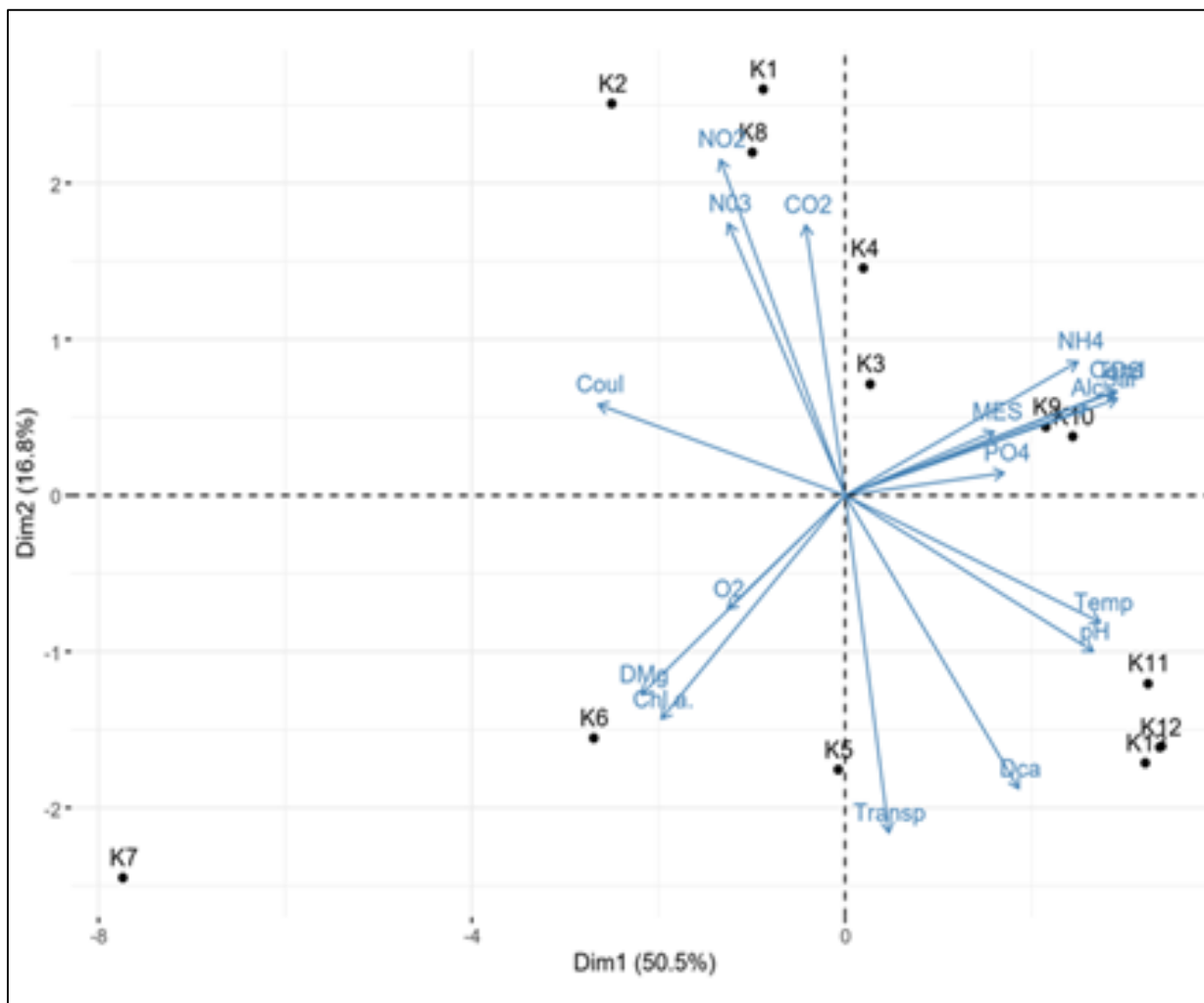




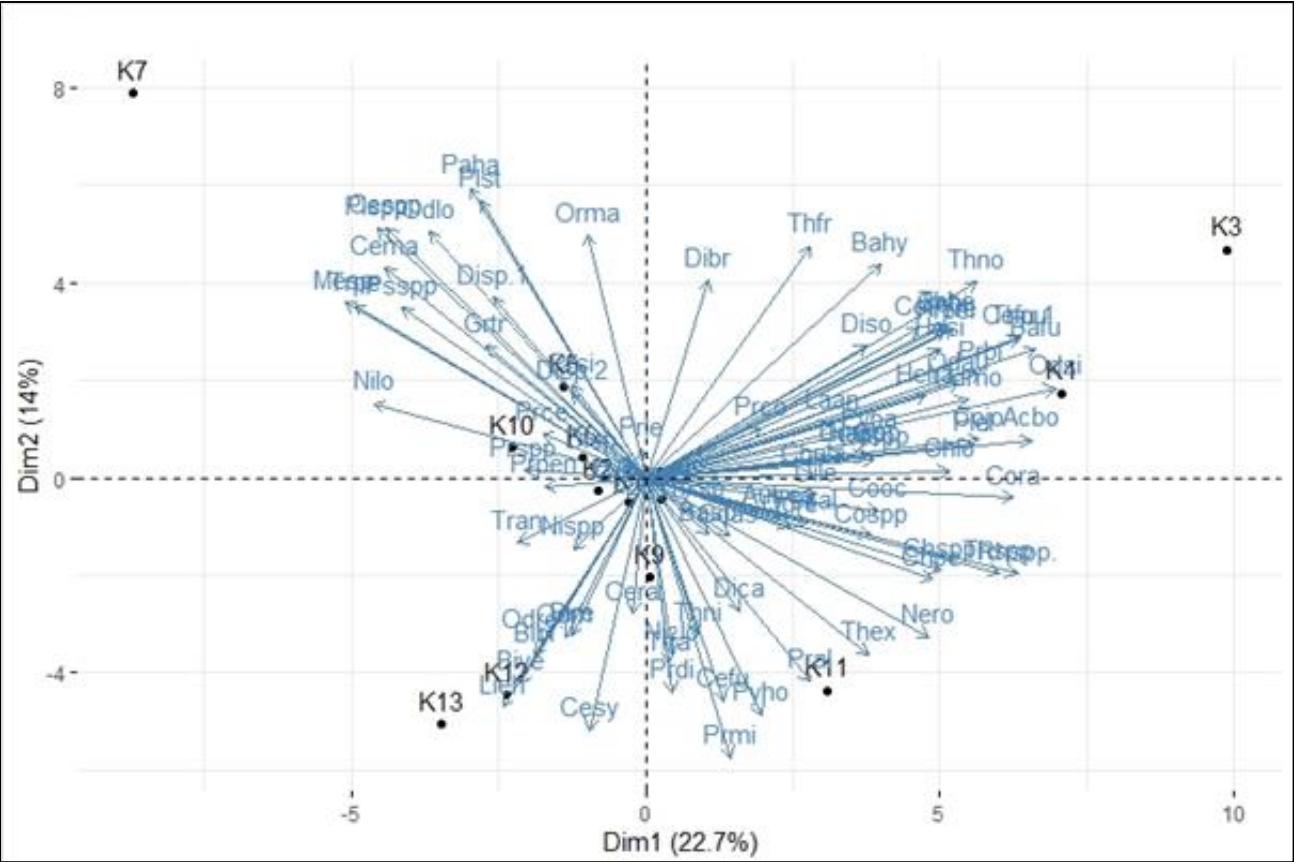


Légende : *Achnanthes* sp. (B); *Nitzschia sigmoidea* (C); *Coscinodiscus wailesi* (D); *Thalassiosira hendeyi* (E); *Odontella sinensis* (F); *Bacteriastrum hyalinum* (G et G'); *Chaetoceros diversus* (H); *Chaetoceros lorenzianus* (I); *Chaetoceros perivianus* (J); *Pseudosolenia calcar-avis* (K); *Detonula pumila* (L) ; *Dinophysis caudata* (M) ; *Ceratium macroceros* (N); *Alexandrium tamarensis* (O et O'); *Gymnodinium catenatum* (P); *Gyrodinium impudicum* (Q); *Nocticula* sp. (R); *Prorocentrum gracile* (S) ; *Prorocentrum micans* (T); *Pyrodinium bahamense* (U); *Protoperidinium crassipes* (V); *Protoperidinium steinii* (W); *Protoperidinium divergens* (X); *Ceratium furca* (Y); *Dictyocha speculum* (Z).

Annexe 7 : ACP réalisé à partir des données physico-chimiques enregistrées dans les différents points de prélèvement



Annexe 8 : ACP réalisé à partir des données biologiques enregistrées dans les différents points de prélèvement



Annexe 9 : Publication issue de la thèse

Spatio-Temporal Variation of Dinoflagellates of the Genera *Ceratium* (Schrank 1793) and *Protoberidinium* (Bergh 1881) in Relationship with Some Abiotic Variables in the Atlantic Coast of Kribi (South Region - Cameroon). Open Journal of Marine Science, 2022, 12, 161-184

Annexe 10 : Liste des communications scientifiques issues de la thèse

2020 : Online 2nd Electronic Symposium of Protistology (ESOP OA2020) ;

2021 : 28th Annual Conference of Cameroon Biosciences Committee ;

2022 : Kribi Marine and Coastal Symposium of Kribi ;

2022 : Scientific day on Research and innovation in Fisheries, University of Douala ;

2022 : 11th edition of Analytical Chemistry day, University of Yaoundé 1 ;

2024 : Online ODATIS/PNDB Bioinformatics Data Workshop 11-13 march in Roscoff.

2024 : 12th Analytical Chemistry Day, 28/30 august 2024, Dschang-Cameroon

2024 : Online Symposium OP'2024

Juin 2025 : Conférence des Nations Unies sur les Océans

Spatio-Temporal Variation of Dinoflagellates of the Genera *Ceratium* (Schränk 1793) and *Protoberidinium* (Bergh 1881) in Relationship with Some Abiotic Variables in the Atlantic Coast of Kribi (South Region—Cameroon)

François Désiré Owona Edoa¹, Gloria Eneke Takem², Pascale Banga Medjo¹, Anselm Crépin Mama³, Gabriel Bertrand Zambo¹, Joselly Éric Kouedeum Kueppo¹, Tahir Safia Mahamat¹, Serge Hubert Zebaze Togouet^{1*}

¹Laboratory of Hydrobiology and Environment, Faculty of Science, University of Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroon

²Hydrological Research Center, Institute of Geological and Mining Research of Cameroon, Yaoundé, Cameroon

³Ecosystem and Aquatic Resources Laboratory, Institute of Fisheries and Aquatic Sciences of Yabassi, University of Douala, Douala, Cameroon

Email: *ztsh2004@yahoo.fr, *zebasehu@yahoo.fr

How to cite this paper: Owona Edoa, F.D., Eneke Takem, G., Banga Medjo, P., Mama, A.C., Zambo, G.B., Kouedeum Kueppo, J.É., Safia Mahamat, T. and Zebaze Togouet, S.H. (2022) Spatio-Temporal Variation of Dinoflagellates of the Genera *Ceratium* (Schränk 1793) and *Protoberidinium* (Bergh 1881) in Relationship with Some Abiotic Variables in the Atlantic Coast of Kribi (South Region—Cameroon). *Open Journal of Marine Science*, 12, 161-184.

<https://doi.org/10.4236/ojms.2022.124010>

Received: July 7, 2022

Accepted: October 22, 2022

Published: October 25, 2022

Copyright © 2022 by author(s) and Scientific Research Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

A study to list Dinoflagellates species belonging to the genera *Ceratium* and *Protoberidinium* and some abiotic factors associated with them was carried out in the Kribi coast from February 2020 to February 2021 following a monthly sampling frequency. For the inventory, 60 L of water including 20 L on the surface, 20 L in the trophogen layer and 20 L in the tropholytic layer were filtered through a sieve of 20 µm and the retentate obtained was fixed with lugol for identification and counting operations using an Olympus microscope. The morphotypes of the taxa were filmed using an Omax Toupvix eye camera. Physico-chemical results showed very good water oxygenation (89.35%), low Suspended Solid concentration (6.36 ± 4.71 mg/L), basic pH (8.53 ± 0.4 U.C), average salinity of 15.87 ± 3.1 g/L and conductivity around 26.73 ± 4.96 mS/cm. The average water temperature hovered around $29.51^\circ\text{C} \pm 1.28^\circ\text{C}$. The average values of nitrates and orthophosphates showed a progressive enrichment of the waters of the studied section with nitrate (1.52 ± 0.87 mg/L) and orthophosphate (1.84 ± 3.98 mg/L). This work allowed to identify 17 species of the genera *Ceratium* and 22 of *Protoberidinium*. The genera *Protoberidinium* was the most diverse while it was the taxa belonging to the genera *Ceratium* that had the highest densities. *Ceratium furca* was the only spatially and seasonally regular species with occurrence frequencies of

75.31% and 79.16% respectively. According to similar studies, 06 species recognized harmful were inventoried during this study. These are *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium tripos*, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium steinii*, *Protoperidinium crassipes*. Temperature and oxygen are the abiotic factors that showed more affinities with the taxa inventoried in view of the significant correlations obtained. With a view to preventing blooms on the Cameroonian Atlantic coast, regular monitoring of the harmful species identified is desirable.

Keywords

Ceratium, *Protoperidinium*, Abiotic Factors, Atlantic Coast, Kribi

1. Introduction

The coast of Kribi, being a geostrategic area, the State of Cameroon in its structuring plan has located on its facade many development and industrial projects (the deep-water port of Kribi, the gas Power Plant of Kribi several cement plants, agro-industries, fisheries) [1]. In favour of its industrialisation, the demography of Kribi is and will be constantly galloping and statistical models indicate forecasts of about 140,049 inhabitants in 2025 and 194,306 inhabitants by 2050 [2]. This rapid industrialisation and population growth creates significant pressure on the marine coastal environments, marked by high water pollution and considerable changes in biological compartments [3] [4]. One of the most visible changes within biological compartments among many others could be the appearance of algae bloom.

In recent years, an increase in algal bloom events has been noticed in marine and estuarine waters, posing a serious threat to environmental health [5] [6]. The root cause is attributed to the eutrophication of water bodies by the bioavailability of nutrients, mainly phosphorus and some forms of nitrogen in excess concentrations from agricultural, industrial and domestic sources [7] [8]. These blooms are caused either by dinoflagellates, diatoms or cyanobacteria that have long been considered the main drivers of biodiversity changes [9] [10].

Indeed, the genera *Ceratium* is one of the most common and widespread phytoplankton in the marine environment, along with the genera *Protoperidinium* [11]. Due to the larger cell size of species belonging to the genera *Ceratium* and their relatively well-known latitudinal geographical distributions, they have been used as biological indicators of water masses and currents in many rather well-known cases [12]. It has therefore been suggested as an excellent, if not the best kind of dinoflagellates to use for biogeographical study and as a tool for defining ocean currents, temperature ranges and also be used in studies of global change [11] [13]. It consists of species capable of flowering and forming red tides [14]. The genera *Protoperidinium* is one of the most diverse and widespread groups among marine phytoplankton [15] [16]. Its species are distributed

around the world and often dominate coastal ecosystems [17]. Some reports indicate the flowering of species belonging to this genera in Indian waters namely; *Protoperidinium divergens* [18], *Protoperidinium biconicum* [19], *Protoperidinium pallidum* [20], *Protoperidinium quinquecorne* [21]. Studies carried out to determine these harmful species are rare in Cameroon, yet knowledge of these groups is essential for the preservation of biodiversity and the prevention of blooms.

In particular, this work will make it possible to identify species belonging to the genera *Ceratium* and *Protoperidinium* along the stretch of the coast studied and to measure some abiotic factors that can influence their biodiversity, a first step towards the monitoring of blooms and their prevention.

2. Materials and Methods

2.1. Physical Environment

The coastal of Kribi is located on the edge of the Gulf of Guinea, in the South Cameroon Region and in the Ocean Department [22].

In the region experiences an equatorial climate of Guinean type characterized by the existence of four seasons, 02 dry seasons (from December to March for the long season and from July to August for the short season) and 02 rainy seasons (from September to November for the long season and from April to June for the short season) [23]. The average daily duration of sunstroke varies from 8 to 10 hours all year round [23]. Average daily maximum temperatures range from 25°C to 33°C while average daily minimum temperatures range from 15°C to 22°C [23]. As for rainfall, it reaches monthly values of 504 mm in September.

The vegetation is made of marsh forests, mangrove forests and evergreen forests creating a specific environment at the beach levels, making them attractive to tourists [24]. The hydrology is dominated by the Atlantic Ocean whose tidal range is low with small waves. The presence of the Lobé and Kiénké rivers is remarkable, as are the Ngoyè, Abondé, Wamié, Nzami, Bidou rivers, which receive household waste and wastes from agroindustrial companies [24].

2.2. Choice and Description of Sampling Points

The sampling points were chosen based on their economic, tourist and industrial importance (Table 1). Thus, 08 sampling points (Figure 1) were selected, including 04 in urban areas and 04 in peri-urban areas. In the urban environment, the points chosen consist of two beaches, a hotel site and an artisanal net fishing site (Figures 2(A)-(C)). In the peri-urban area, on the other hand, the points selected consist of a fish market, an artisanal fishing site, a beach (Figure 2(D)) and the northern limit of the deep-water port.

2.3. Water Sampling and Measurement of Abiotic Variables

After determination of the euphotic layer using a Secchi disc, 03 sampling levels were retained, the first on the surface (surface-0.5 m) and the other two deep in

the trophogenous and tropholytic layers. Sampling in the deep layers was made possible by a 6 L bottle of van dorn.

Table 1. Geographic coordinates and description of each sampling point.

Sampling points	GPS coordinates	Description
P1	N02°57'50.6" E009°24'36.9"	The busiest beach in Kribi especially on weekends. holidays and holidays.
P2	N02°55'06.1" E009°23'50.2"	Presence of a hotel. It's effluent that discharges its wastewater into the ocean and its private beach
P3	N02°54'15.0" E009°23'57.8"	Artisanal net fishing site
P4	N02°53'31.0" E009°23'49.9"	Presence of a hotel. a beach very close to the Lobe and influenced by its waters
P5	N02°52'04.2" E009°23'26.2"	Ikwise village fish market and canoe boat of local fishermen
P6	N02°52'04.2" E009°23'26.23"	Collecting shellfish from the rocks and artisanal net fishing. Presence of an offshore visible from the coast.
P7	N02°52'04.2" E009°23'12.0"	Tourist beach very clean and less crowded. Presence of an offshore visible from the coast.
P8	N02°49'34.2"; E009°23'10.0"	Northern boundary of the deep-water port of Kribi

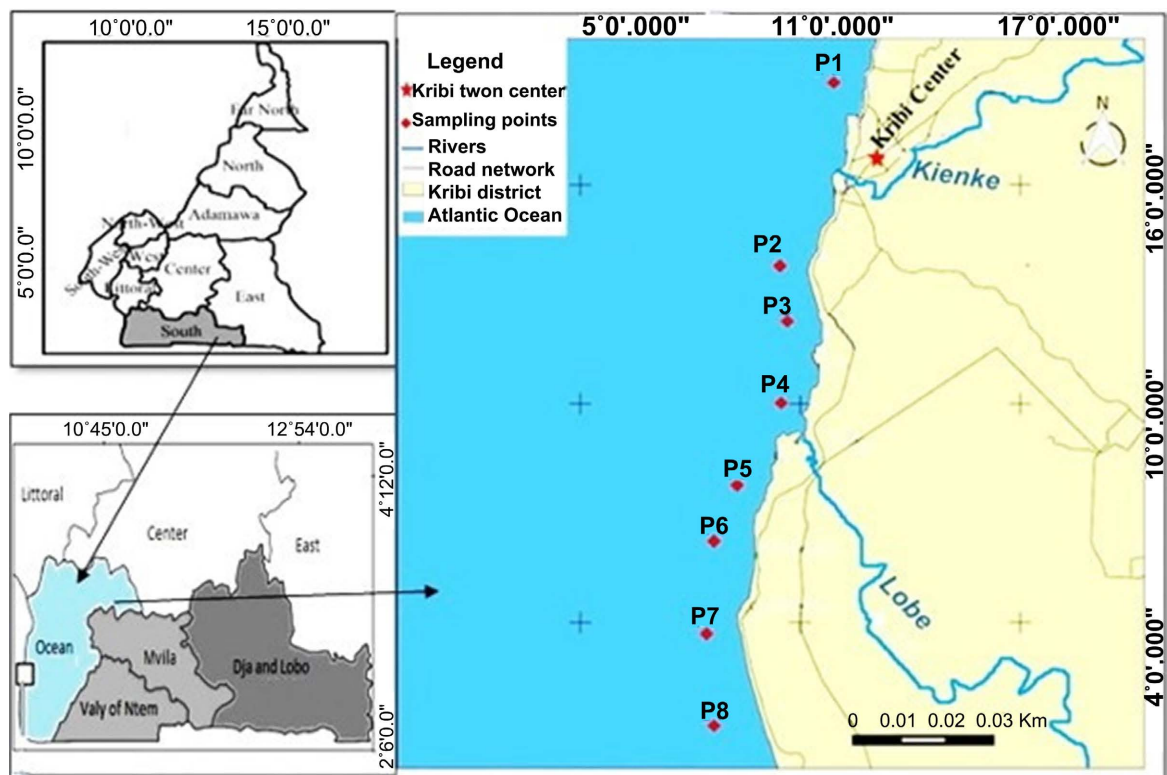


Figure 1. Geographic location of sampling points.



Figure 2. Representation of selected sampling points: Busy range (A); Artisanal fishing (B); Hotel site (C); Less crowded beach (D).

Water sampling for measurements of abiotic variables was carried out at the 03 predefined levels. The water taken made it possible to make a composite in a seal of 20 L previously washed and rinsed with water from the sample. In the composite, abiotic factors such as temperature, pH, conductivity, salinity, TDS, were directly measured using a Waterproof TESTER multiparameter and dissolved oxygen using a HACH HQ30d oxymeter. For water samples for laboratory analysis, 1000 cc of the composite was taken from a 1000 cc polyethylene vial and stored in a refrigerated chamber until the laboratory. In the laboratory, parameters such as color, Suspended Solids, nitrites, nitrates, orthophosphates were measured using the HACH DR 3900 spectrophotometer following standard analytical protocols and recommendations of Rodier *et al.* [25]. Alkalinity was measured by titration.

2.4. Sampling and Identification of Dinoflagellates of the Genera *Ceratium* and *Protoberidinium*

A total of 90 L of water, 30 L per level, were also carried out at the 03 predefined levels and then filtered using a plankton sieve with a 20 μm mesh opening. The retentât obtained, was directly fixed adding lugol. In the laboratory, the sample was left to settle for 48 hours and then the supernatant was siphoned off and the resulting cap was sedimented in a 25 mL sedimentation tank. After homogenization of the sediment, 1 mL was pipetted and then observed under the Olympus CK2 microscope at 200 \times magnification using the Sedgewick-Rafter counting cell with left-right scans alternating transects of the counting cell. Taxa have been identified using specialized literature by Okolodkov [11]; Evagelopoulos [26]; Phan-Tan *et al.* [27]; Al-Kandari *et al.* [28]; Komoé [29]; Lakkis [30]. The different morphotypes were photographed using an OMAX ToupView eye camera

and those of the taxa of the genera *Ceratium* in particular were processed using Photoshop 2020 image processing software. The densities of the different taxa identified were calculated from the following formula:

$$D = N_i \times S \times 1000 / (v \times s)$$

with D = density (ind./L); S = area of the counting cell (1000 mm²); N_i = number of individuals counted; 1000 = conversion factor in litres; s = field area of the cell counted and v = volume of sediment (25 mL).

The frequency of occurrence (F) expressed as a percentage, which provides information on the constancy of a species or taxon in a given habitat, was calculated using the formula of Dufrêne & Legendre [31]. A distinction is made between ubiquitous (100%), regular (75% to < 100%), constant (50% to < 75%), accessory (25% to < 50%) and rare (< 25%) [32]. This index is based on the presence/absence matrix and is calculated by the relationship:

$$F = \frac{P_i \times 100}{P_t}$$

with: P_t = the total number of samples taken

The influence of abiotic variables on the organisms studied was tested using SPSS 20.0 software. Nonparametric tests made it possible to establish the distribution of the data and the Spearman correlations made it possible to show the links between the abiotic factors and the different taxa identified. To test the effect of the space represented by the stations and the seasons, the ANOVA test was used for each of the parameters.

In order to give a synthetic image of all the affinities between the different populations of the genera *Ceratium* and *Protoberidinium* on the one hand, then to highlight the so-called correspondence relationships between taxa and sampling points on the other hand, Factor Analyses of Correspondences (AFC) were carried out with the R software version 4.1. The least frequent and least dominant taxa were excluded since their share of information is very small since the AFC requires the simplification of the table of basic data especially when it comes to a huge number of taxa.

All data from the abiotic variables, diversity and density of the genera studied were grouped into seasons according to the climatic breakdowns of [23]. The Box Plots to illustrate the seasonal variation of abiotic factors were made using GraphPad Prism 8.0.2.

3. Results

3.1. Abiotic Characteristics

3.1.1. Spatio-Temporal Variations in Abiotic Factors

The range of variations of abiotic variables of the waters of the Kribi coast is presented in **Table 2**. These results show overall little variation in the average values of the physico-chemical parameters measured from one point to another. A slight increase of temperature, TDS, Suspended Solid and orthophosphate from P6 to P8 (**Table 2**).

Table 2. Level of variation of abiotic variables on the Kribi coast in Cameroon during the study period.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Moy	ET
Temp (°C)	29.25	29.22	29.3	29	29.31	29.76	30.12	30.15	29.51	0.44
Oxy (%)	89.43	88.97	89	89.58	90.39	86.87	90.42	90.14	89.35	1.15
pH (U.C)	8.39	8.52	8.53	8.45	8.48	8.54	8.65	8.67	8.53	0.09
Cond (mS/cm)	26.71	27.49	25.24	21.97	25.56	28.7	28.95	29.25	26.73	2.45
Sal (g/L)	15.83	16.33	14.89	12.75	15.16	17.11	17.33	17.55	15.87	1.6
TDS (g/L)	19	19.55	17.95	15.59	18.16	20.45	20.63	20.88	19.03	1.77
MES (mg/L)	6.31	4.69	6.23	4.69	6	6.08	8.38	8.46	6.36	1.43
Col (pt-Co)	18.15	22	16.85	22.31	25.92	18.62	12.46	17.38	19.21	4.11
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1.26	1.89	1.44	1.37	2.45	1.43	1.27	1.07	1.52	0.44
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.011	0.006	0.004	0.004	0.006	0.005	0.004	0.004	0.006	0.002
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1.66	1.74	1.85	1.54	1.99	1.83	1.93	2.2	1.84	0.2
Alc (mg/L)	11.23	12	10.15	11.07	11.84	11.84	12.56	12.46	11.64	0.8
Transp (m)	2.13	2.27	2.97	2.7	2.45	2.61	2.4	3.15	2.59	0.35

Temp: Temperature; Oxy: Oxygen; Cond: Conductivity; Sal: Salinity; Col: Color, Alc: Alkalinity; Transp: Transparency; MES: Suspended Solid.

The abiotic factor recorded in this study showed no significant differences ($P > 0.05$) between the different data collection points but rather between seasons with the exception of pH and color.

3.1.2. Physical Abiotic Variables

Throughout the study period, the temperature hovered around an average value of $29.51^{\circ}\text{C} \pm 0.44^{\circ}\text{C}$. The lowest temperatures were recorded at P4 and the highest at P7 and P8 (**Table 2**). Seasonally, the analysis of variances of the 04 seasons in Kribi revealed a significant difference between seasons ($P = 0.000037$). The lowest value was recorded during the short dry season (SDS) ($28.13^{\circ}\text{C} \pm 0.4^{\circ}\text{C}$) and the highest during the long dry season (LDS) ($30.71^{\circ}\text{C} \pm 0.15^{\circ}\text{C}$) (**Figure 3(A)**). Other physical abiotic variables such as color (**Figure 3(D)**), MES (**Figure 3(C)**), TDS (**Figure 3(B)**) and water transparency (**Figure 3(E)**) varied respectively around the mean values of 19.21 ± 4.11 Pt-Co; 6.36 ± 1.43 mg/L, 20.88 ± 1.77 mg/L and 2.59 ± 0.35 m (**Table 2**). Seasonally, the analysis of variance showed significant variations for MES ($P = 0.001$) and TDS ($P = 0.0001$). The lowest values were recorded during the long rainy season (LRS) 4.21 ± 2.21 mg/L and 13.93 ± 1.74 mg/L respectively for MES and TDS, and the highest values in the short rainy season (SRS) for Suspended Solid (9.38 ± 4.09) and during the long dry season for TDS (21.25 ± 0.72) (**Figure 3(B)** and **Figure 3(C)**).

3.1.3. Chemical Abiotic Variables

Dissolved oxygen, pH, salinity, conductivity and alkalinity varied during the period

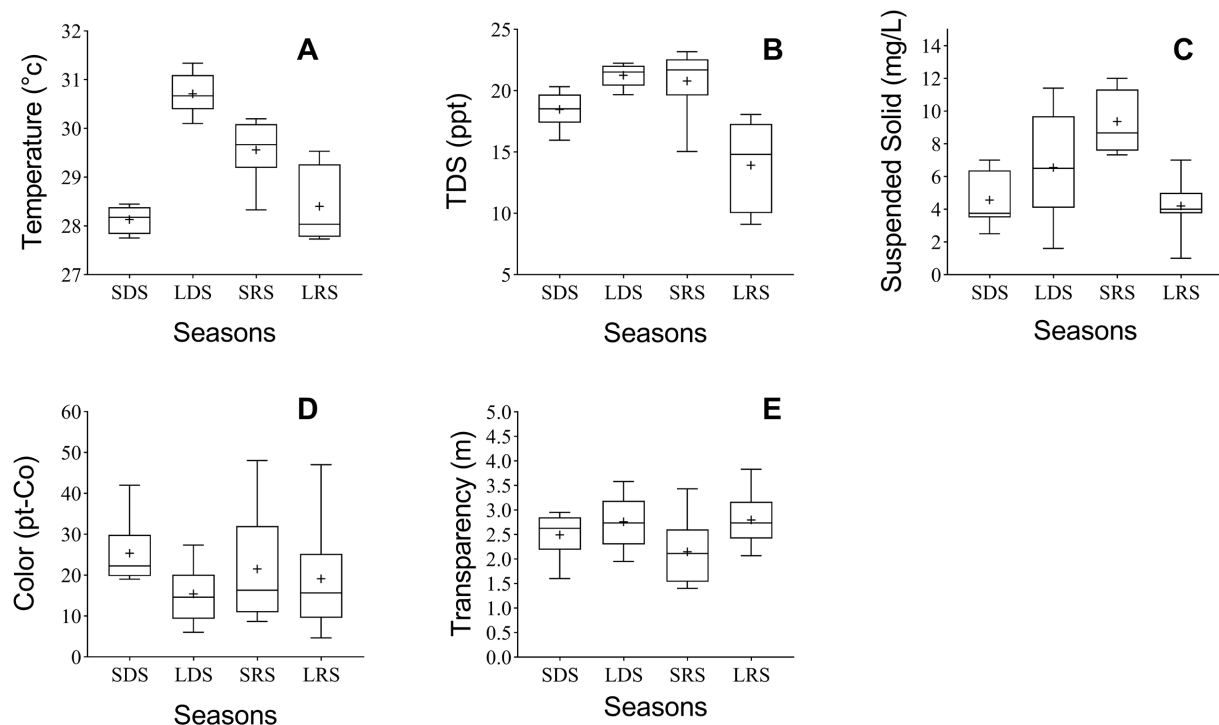


Figure 3. Seasonal variations of physical parameters: Temperature (A); Suspended Solid (B); TDS (C); Color (D); Transparency (E).

of study respectively around the mean values of $89.35\% \pm 1.15\%$, 8.53 ± 0.09 U.C; 26.73 ± 2.45 mS/cm; 15.87 ± 1.6 g/L; 11.63 ± 0.8 mg/L HCO_3^- (**Table 2**). At the seasonal scale, the analysis of variances revealed significant differences for dissolved oxygen ($P = 0.000037$), conductivity ($P = 0.0001$); salinity ($P = 0.0001$) and alkalinity ($P = 0.0001$). A slight decrease in dissolved oxygen was observed in the short dry season 85.25 ± 2.38 and the highest average value during the long rainy season 93.68 ± 1.06 (**Figure 4(A)**). As for conductivity, salinity and alkalinity, the low values *i.e.* respectively 19.36 ± 2.4 ; 11.24 ± 1.36 ; 8.08 ± 0.91 were recorded during the long rainy season and the highest in the long dry season, *i.e.* 29.89 ± 1.04 ; 17.89 ± 0.69 ; 13.4 ± 0.42 respectively also (**Figures 4(B)-(E)**).

Nitrates, nitrites and orthophosphates varied during the study period respectively around mean values of 1.52 ± 0.44 mg/L; 0.006 ± 0.002 mg/L; 1.84 ± 0.2 mg/L (**Table 2**). As with the other factors, the seasonal effect appeared significant for nitrates, nitrite and highly significant for orthophosphates with $P = 0.002$; $P = 0.003$; $P = 0.000005$ respectively. Seasonal variation had the lowest average values in the short rainy season for nitrates (0.47 ± 0.15 mg/L) and nitrites (0.002 ± 0.001 mg/L), and in the short dry season for orthophosphates (0.02 ± 0.006 mg/L). The highest average values, on the other hand, were recorded during the long dry season (LDS) for nitrates (2.43 ± 0.98) (**Figure 4(F)**) in the long rainy season for nitrites (0.008 ± 0.005 mg/L) (**Figure 4(G)**) and orthophosphates (3.16 ± 0.85 mg/L) (**Figure 4(H)**).

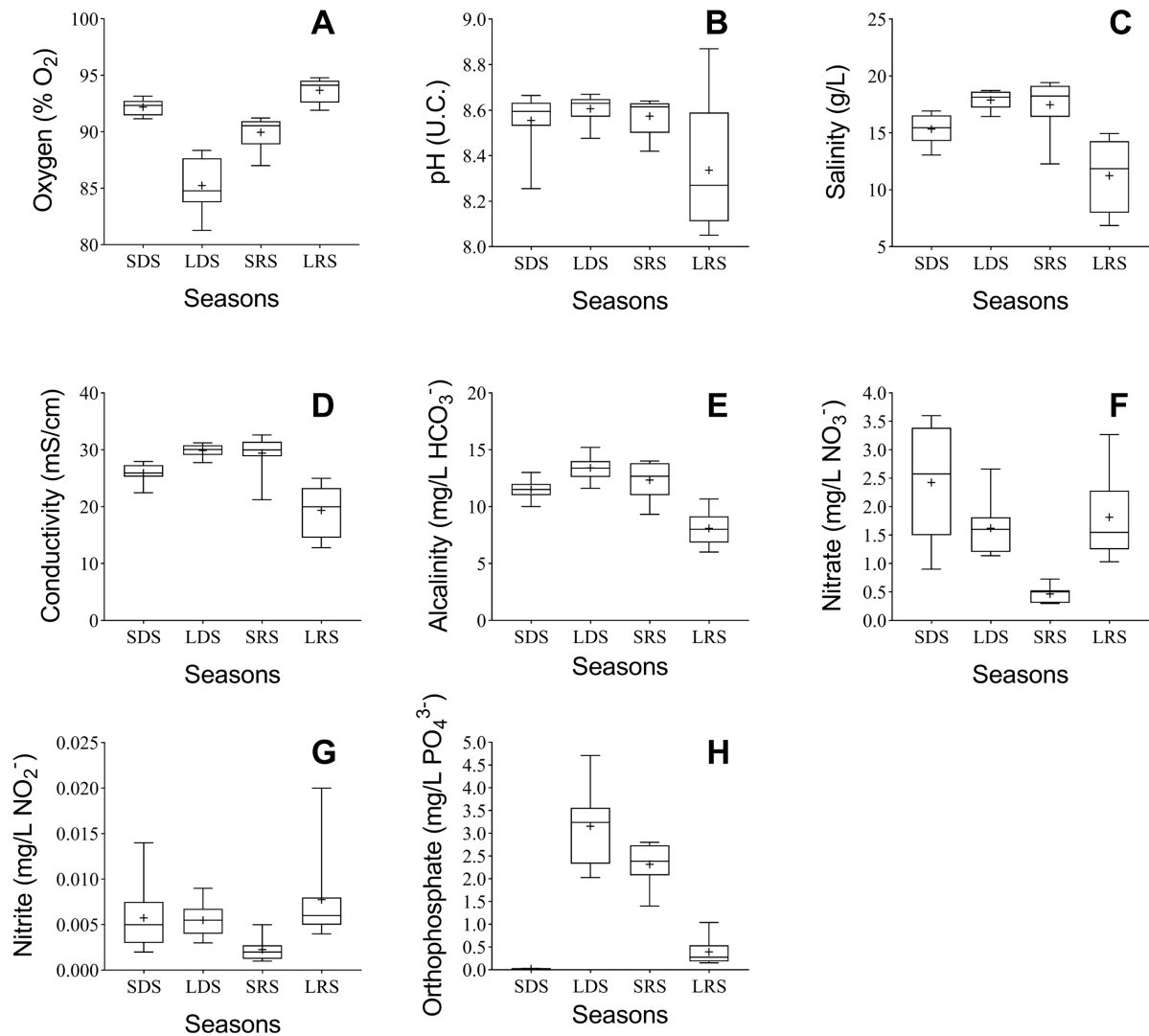


Figure 4. Seasonal variations: Dissolved oxygen (A); pH (B); Conductivity (C); Salinity (D); Alkalinity (E); Nitrates (F); Nitrites (G); Orthophosphates (H).

3.2. Inventory of Dinoflagellates Belonging to the Genera *Ceratium* and *Protoperidinium*

3.2.1. Spatial and Seasonal Diversity of Genra Studies

During the study period, a total of 39 taxa were identified, including 17 of the genera *Ceratium* (Figure 5) and 22 of the genera *Protoperidinium* (Figure 6). Between the different sampling points, the number of taxa identified was equal to the points P5, P6, P8 while that of the taxa of the genera *Protoperidinium* was higher at P1, P3 and P4. At P2 and P7, on the other hand, diversity was slightly dominated by taxa belonging to the genera *Ceratium* (Figure 7(A)). A higher number of species belonging to the genera *Protoperidinium* was noted in all seasons and much more during the short rainy season (Figure 7(B)).

3.2.2. Frequency of Occurrence of Inventoried Taxa

Overall, of all the taxa identified during this work, only one was regular (*Ceratium*

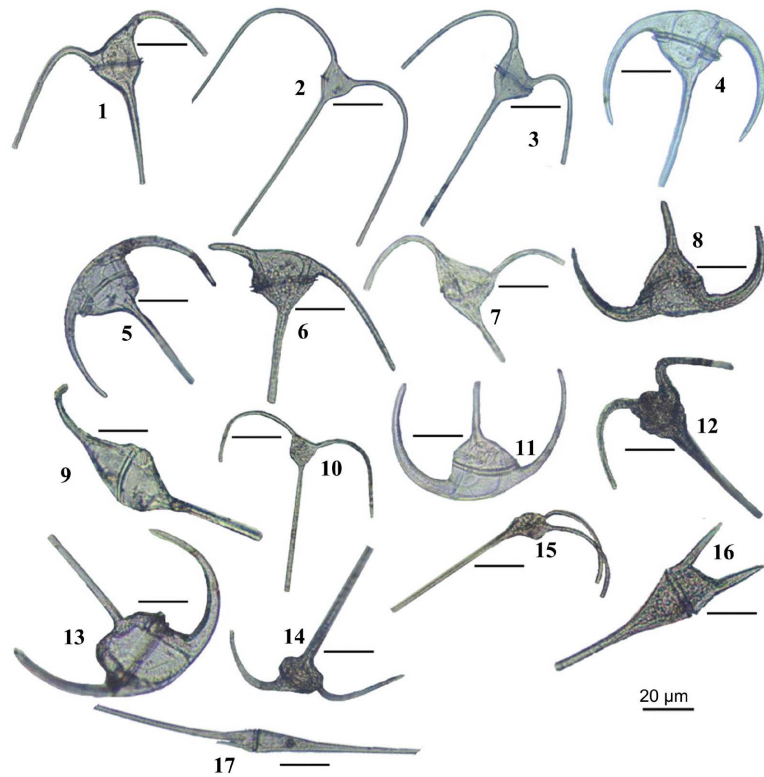
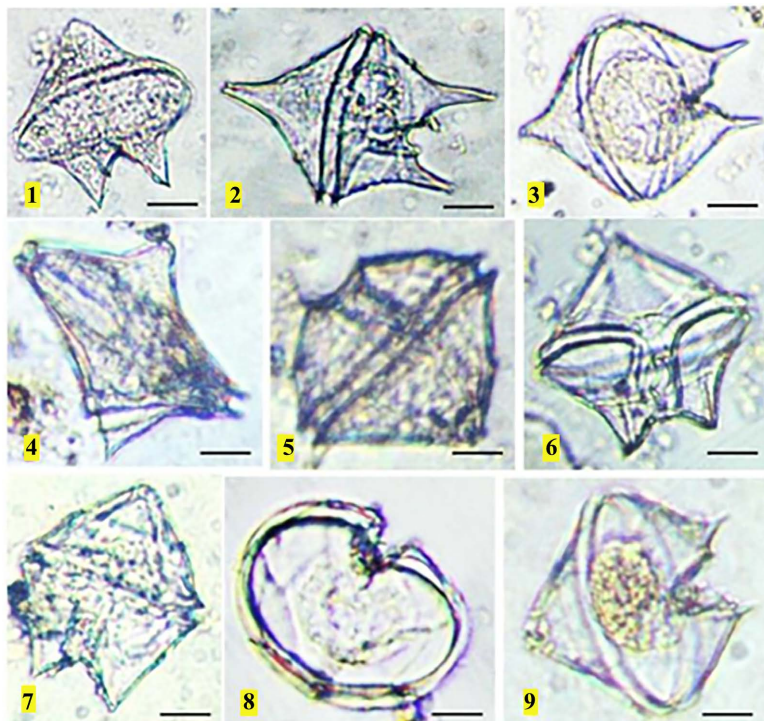


Figure 5. Morphotypes of genera *Ceratium* identified. **Legend:** *Ceratium horridum* (1); *Ceratium massiliens* (2); *Ceratium macroceros* (3); *Ceratium tripos* (4); *Ceratium symmetricum* (5); *Ceratium dens* (6); *Ceratium contortum* (7), *Ceratium declinatum* (8); *Ceratium bigelowii* (9); *Ceratium trichoceros* (10); *Ceratium breve* (11); *Ceratium* sp.1 (12); *Ceratium* sp.2 (13); *Ceratium* sp.3 (14); *Ceratium* sp.4 (15); *Ceratium furca* (16); *Ceratium fusus* (17).



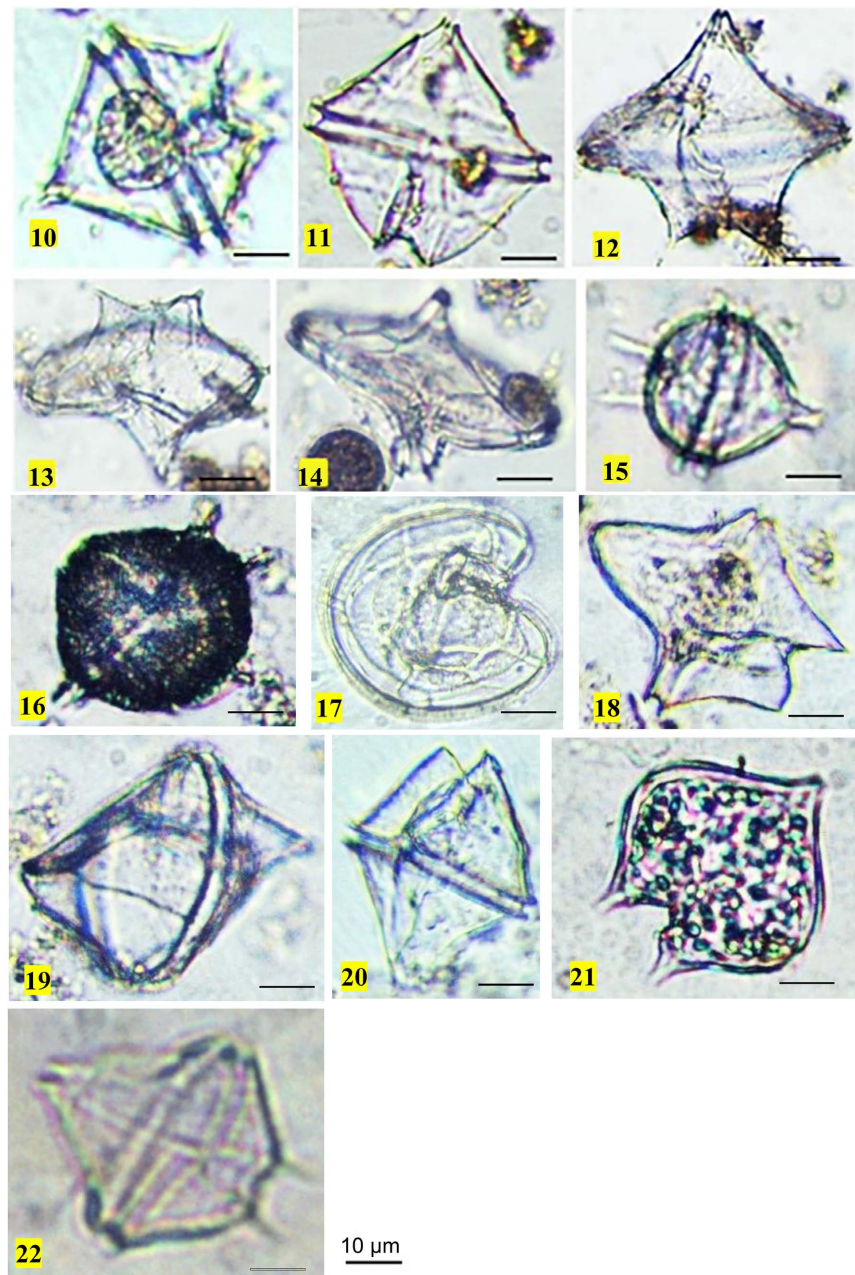


Figure 6. Morphotypes of genera *Protoperidinium*. **Legend:** *Protoperidinium conicum* (1); *Protoperidinium divergens* (2); *Protoperidinium claudicans* (3); *Protoperidinium crassipes* (4); *Protoperidinium punctulatum* (5); *Protoperidinium latissimum* (6); *Protoperidinium conicoides* (7); *Protoperidinium curtipes* (8); *Protoperidinium obtusum* (9); *Protoperidinium leonis* (10); *Protoperidinium vulgare* (11); *Protoperidinium pentagonum* (12); *Protoperidinium depressum* (13); *Protoperidinium curtipes* (14); *Protoperidinium steinii* (15); *Protoperidinium cerasus* (16); *Protoperidinium biconicum* (17); *Protoperidinium* sp.1 (18); *Protoperidinium* sp.2 (19); *Protoperidinium* sp.3 (20); *Protoperidinium* sp.4 (21); *Protoperidinium* sp.5 (22).

furca (75.31%)) and 04 were accessory (*Ceratium fusus* (44.37%), *Ceratium symmetricum* (37.19%), *Protoperidinium conicum* (31.67%) and *Protoperidinium biconicum* (41.25%)) (Table 3). The other taxa were generally rare (Table 3).

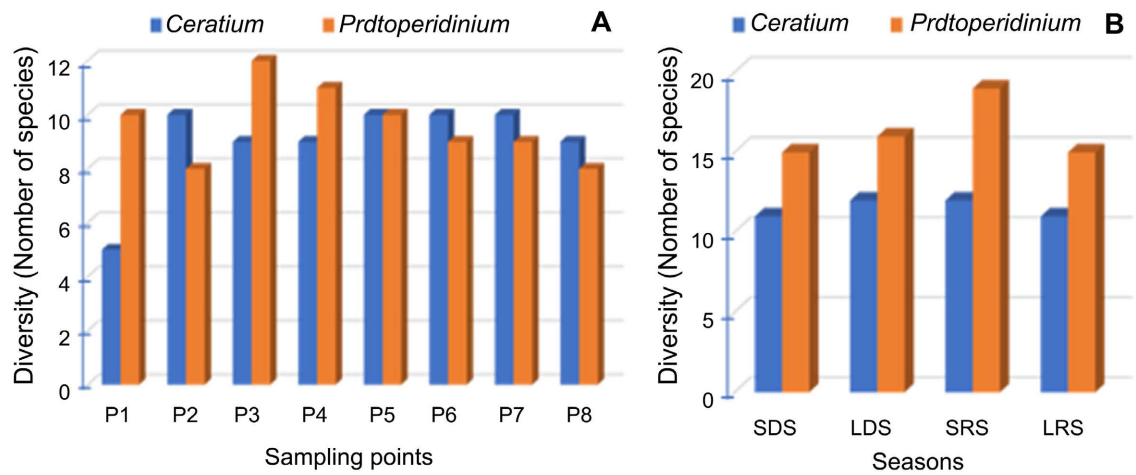


Figure 7. Spatial (A) and seasonal (B) variations in the diversity of the genera studies.

Table 3. Frequency of occurrences of taxa at different sampling points.

Taxa	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)	P4 (%)	P5 (%)	P6 (%)	P7 (%)	P8 (%)	GOF (%)
<i>C. bilgelowi</i>	0	0	0	0	5	5	0	0	1.25
<i>C. breve</i>	0	0	0	0	0	0	5	12.5	2.19
<i>C. concortum</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0.63
<i>C. delicatum</i>	0	12.5	17.5	0	0	0	0	0	3.75
<i>C. dens</i>	0	0	0	0	8.33	8.33	0	0	2.08
<i>C. furca</i>	78.33	86.67	68.33	42.5	77.5	69.17	100	80	75.31
<i>C. fusus</i>	31.66	76.67	43.33	26.67	30	38.33	47.5	60.83	44.37
<i>C. horridum</i>	0	0	0	0	0	0	16.67	25	5.21
<i>C. macroceros</i>	5	10	5	10	5	5	18.33	10	8.54
<i>C. massiliens</i>	25	20.83	13.33	8.33	34.17	25	10	8.33	18.12
<i>C. symmetricum</i>	51.66	13.33	33.33	38.33	42.5	50	20.83	47.5	37.19
<i>C. trichoceros</i>	16.67	0	0	0	8.33	0	5	8.33	4.79
<i>C. tripos</i>	0	25	18.33	30	0	46.67	18.33	13.33	18.96
<i>C. sp.1</i>	0	0	0	0	12.5	8.33	17.5	0	4.79
<i>C. sp.2</i>	8.33	20.83	0	0	0	0	0	0	3.65
<i>C. sp.3</i>	0	0	0	20.83	0	0	0	0	2.6
<i>C. sp.4</i>	0	24.99	0	0	0	0	0	0	3.12
<i>P. biconicum</i>	48.33	51.67	35.83	43.33	25.83	34.17	39.17	51.67	41.25
<i>P. cerasus</i>	8.33	0	0	12.5	5	20.83	13.33	0	7.5
<i>P. claudicans</i>	16.67	0	0	26.67	26.67	25	0	0	11.88
<i>P. conicoides</i>	0	0	13.33	13.33	0	0	0	0	3.33
<i>P. conicum</i>	22.5	31.67	30	30	26.67	26.67	44.17	41.67	31.67
<i>P. crassipes</i>	0	0	12.5	7.5	0	0	0	0	2.5
<i>P. curtipes</i>	0	20	12.5	5	0	16.67	8.33	0	7.81

Continued

<i>P. depressum</i>	0	0	8.33	0	17.5	0	0	12.5	4.79
<i>P. divergens</i>	25	18.33	23.33	18.33	25.83	35	18.33	35	24.89
<i>P. latissimum</i>	0	16.67	20.83	0	0	0	8.33	0	5.73
<i>P. leonis</i>	46.67	33.33	8.33	16.67	22.5	18.33	12.5	5	20.42
<i>P. obtusum</i>	0	0	0	0	0	0	13.33	0	1.67
<i>P. steinii</i>	0	0	0	0	0	0	0	8.33	1.04
<i>P. pellucidum</i>	8.33	5	0	5	0	13.33	0	0	3.96
<i>P. pentagonum</i>	34.17	35	21.67	0	12.5	5	34.17	17.5	20
<i>P. punctulatum</i>	0	21.67	0	12.5	0	0	0	0	4.27
<i>P. vulgare</i>	5	13.33	0	0	0	0	0	0	2.29
<i>P. sp.1</i>	0	0	0	8.33	0	0	0	0	1.04
<i>P. sp.2</i>	0	0	30.83	0	18.33	0	0	0	6.15
<i>P. sp.3</i>	0	18.33	0	12.5	0	0	0	0	3.86
<i>P. sp.4</i>	0	0	20.83	0	20.83	0	0	12.5	6.77
<i>P. sp.5</i>	16.67	0	0	0	0	0	0	0	2.08

C. = *Ceratium*; P. = *Protoperidinium*; GOF = Global Occurrence Frequency.

During the study period, *Ceratium furca* was ubiquitous at P7, regular at P1, P2, P3, P5, P6, P8 and accessory to P4. *Ceratium fusus* was regular at P2, constant at P8 and accessory at other points. *Ceratium symmetricum* was constant at points P1, P6 and accessory at P3, P4, P5, P8 as well as *Ceratium tripos* at P6. Amongst all the taxa of the genera *Protoperidinium* identified, only one (*Protoperidinium biconicum*) was constant at points P2 and P8. Seasonally, *Ceratium furca* was regular except during the long rainy season when it was constant (Table 4). *Ceratium fusus* was constant during the short rainy season while *Ceratium symmetricum* was constant in the short dry season and the short rainy season (Table 4). Only *Protoperidinium biconicum* has been constant in the short dry and rainy seasons in *Protoperidinium*. The other taxa were rare (Table 4).

3.2.3. Spatio-Temporal Densities of Identified Taxa

The densities of the different taxa identified were a function of their occurrences. Regular, constant and accessory taxa are those which have strongly contributed to the densities of the various points. The density of the genera *Ceratium* varied from 0 to 22 126 ind./L (Figure 8(A)). No species belonging to the genera *Protoperidinium* exceeded a density at 1600 ind./L (Figure 8(B)) throughout the study period. The highest densities were recorded P2, P5, P6 and marked by *Ceratium furca*.

On the seasonal level, on the other hand, there was high density of *Ceratium furca* during the long rainy season a low density in the short dry season. The same remark also emerges in *Ceratium furca*. A proliferation of *Ceratium macroceros* and *Ceratium massiliens* is noted during the long dry season (Figure 9(A)).

Table 4. Seasonal variation of frequency of occurrences of different taxa.

Taxa	SDS (%)	LDS (%)	SRS (%)	LRS (%)
<i>C. bilgelowi</i>	0	5	0	0
<i>C. breve</i>	6.25	2.5	0	0
<i>C. concortum</i>	0	2.5	0	0
<i>C. delicatum</i>	12.5	2.5	0	0
<i>C. dens</i>	0	0	0	8.33
<i>C. furca</i>	81.25	57.5	83.33	79.16
<i>C. fusus</i>	25	40	74.95	37.5
<i>C. horridum</i>	0	0	16.67	4.17
<i>C. macroceros</i>	0	30	0	4.17
<i>C. massiliens</i>	25	10	25	12.5
<i>C. symmetricum</i>	68.75	17.5	50	12.5
<i>C. trichoceros</i>	0	2.5	8.33	8.33
<i>C. tripos</i>	12.5	17.5	20.83	25
<i>C. sp.1</i>	12.5	2.5	4.17	0
<i>C. sp.2</i>	6.25	0	0	8.33
<i>C. sp.3</i>	6.25	0	4.17	0
<i>C. sp.4</i>	0	0	4.17	8.33
<i>P. biconicum</i>	50	40	54.16	20.83
<i>P. cerasus</i>	12.5	5	12.5	0
<i>P. claudicans</i>	12.5	10	8.33	16.67
<i>P. conicoides</i>	0	5	8.33	0
<i>P. conicum</i>	25	35	29.16	37.5
<i>P. crassipes</i>	6.25	3.75	0	0
<i>P. curtipes</i>	6.25	7.5	13.33	4.17
<i>P. depressum</i>	12.5	2.5	4.17	0
<i>P. divergens</i>	6.25	42.5	25.83	25
<i>P. latissimum</i>	6.25	0	8.33	8.33
<i>P. leonis</i>	41.66	15	20.83	4.17
<i>P. obtusum</i>	0	2.5	0	4.17
<i>P. steinii</i>	0	0	4.17	0
<i>P. pellucidum</i>	0	7.5	8.33	0
<i>P. pentagonum</i>	25	17.5	16.67	20.83
<i>P. punctulatum</i>	6.25	2.5	4.17	4.17
<i>P. vulgare</i>	0	5	4.17	0
<i>P. sp.1</i>	0	0	0	4.17
<i>P. sp.2</i>	6.25	0	4.17	8.33
<i>P. sp.3</i>	6.25	10	4.17	4.17
<i>P. sp.4</i>	18.75	0	4.17	4.17
<i>P. sp.5</i>	0	0	4.17	4.17

C. = *Ceratium*; *P.* = *Protoperidinium*; SDS = Short Dry Season; LDS = Long Dry Season; SRS = Short Rain Season; LRS = Long Rain Season.

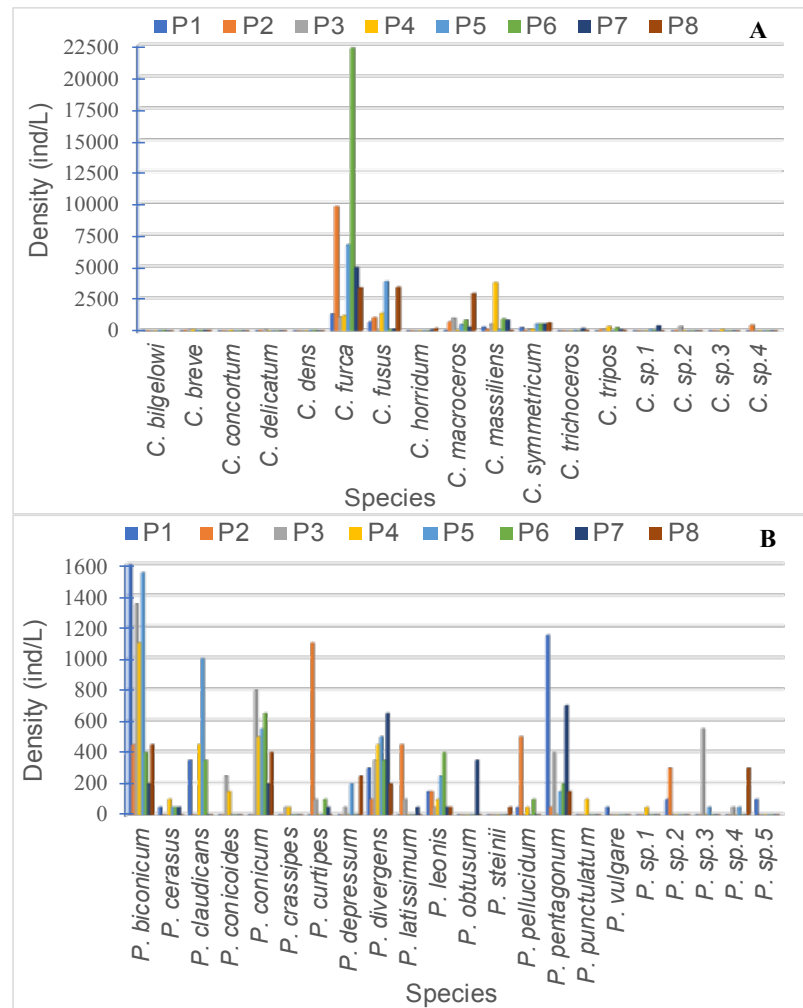


Figure 8. Spatial variations of species density: Genera *Ceratium* (A); Genera *Protoperidinium* (B).

Protoperidinium conicum, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium pentagonum* and *Protoperidinium biconicum* proliferated more during the long dry season (**Figure 9(B)**).

3.2.4. Relationship between Abiotic Variables and Identified Taxa

The analysis of the correlations was done to highlight the links between the abiotic variables and the different taxa identified. **Table 5** shows the abiotic variables that have significantly influence in the distribution of the taxa. Temperature show a positive and significant correlations with *Ceratium fusus*, *Ceratium macroceros*, *Ceratium massiliens*, *Protoperidinium divergens* and *Protoperidinium pellucidum*. Dissolved oxygen was negatively and significantly correlated with *Ceratium macroceros*, *Ceratium massiliens*, *Ceratium bilgelowi*, *Protoperidinium conicooides*, *Protoperidinium conicum*, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium pellucidum*, *Protoperidinium*, *Protoperidinium vulgare*, *Protoperidinium biconicum*. Salinity, electric conductivity and TDS show a negative and significant influence on *Protoperidinium claudicans* (**Table 5**).

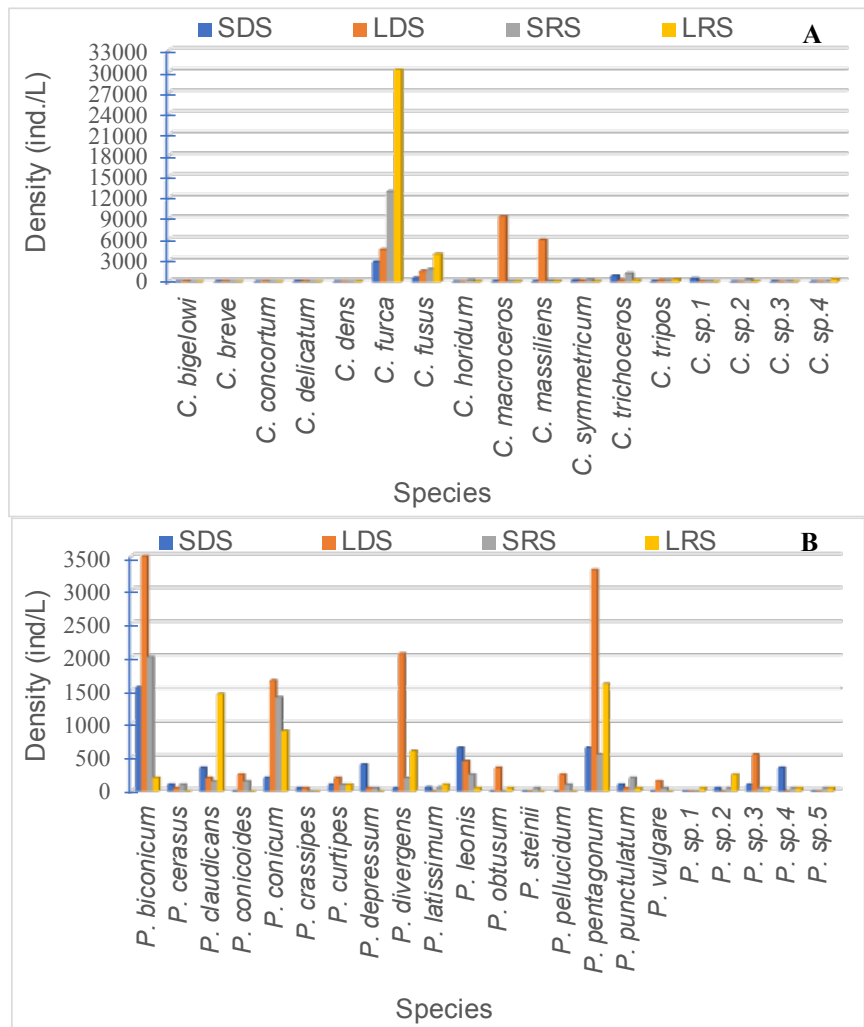


Figure 9. Seasonal variations of density: Genera *Ceratium* (A); Genera *Protoperidinium* (B).

Table 5. Correlations between identified abiotic variables and taxa.

	Temp	Oxy	pH	Cond	Sal	TDS	MES	Col	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Alc	Transp
<i>C. fusus</i>	0.361*	-0.305	0.18	0.184	0.176	0.19	-0.083	-0.386*	-0.318	-0.153	0.382*	0.159	-0.162
<i>C. macroceros</i>	0.419*	-0.380*	0.082	0.251	0.258	0.228	-0.006	-0.323	0.03	-0.066	0.202	0.278	0.455**
<i>C. massiliens</i>	0.451**	-0.464**	0.083	0.255	0.265	0.234	0.074	-0.245	0.054	-0.107	0.428*	0.332	0.376*
<i>C. symmetricum</i>	-0.073	-0.163	-0.238	-0.066	-0.081	-0.069	0.05	0.128	-0.127	-0.095	0.044	0.129	-0.364*
<i>C. trichoceros</i>	-0.212	0.072	-0.18	-0.258	-0.265	-0.249	0.049	0.064	-0.037	-0.167	-0.017	-0.016	-0.510**
<i>C. horridum</i>	0.177	0.043	0.191	0.253	0.241	0.224	0.237	-0.151	-0.385*	-0.179	-0.008	0.052	0.05
<i>C. dens</i>	-0.15	0.284	-0.327	-0.319	-0.319	-0.319	-0.17	0.045	0.19	0.179	-0.11	-0.369*	0.291
<i>C. bigelowi</i>	0.343	-0.350*	0.168	0.294	0.308	0.315	-0.014	0.126	0.175	0.219	0.336	0.294	-0.168
<i>P. cerasus</i>	0.167	-0.109	0.27	0.344	0.350*	0.360*	0.318	-0.157	-0.073	-0.335	0.195	0.269	-0.249
<i>P. claudicans</i>	-0.238	0.198	-0.322	-0.367*	-0.366*	-0.374*	-0.095	0.154	0.12	0.273	0.052	-0.141	-0.076
<i>P. conicoides</i>	0.208	-0.367*	0.216	0.016	0.016	0.016	0.138	-0.2	-0.301	-0.212	0.291	-0.084	0.208

Continued

<i>P. conicum</i>	0.279	-0.368*	0.264	0.122	0.126	0.129	0.035	-0.319	-0.308	-0.363*	0.423*	0.052	0.027
<i>P. crassipes</i>	0.016	-0.127	0.048	-0.094	-0.094	-0.094	-0.393*	-0.175	0.076	0.111	-0.098	0.068	0.064
<i>P. depressum</i>	-0.001	-0.061	0.350*	0.171	0.197	0.208	-0.055	0.005	0.045	-0.171	-0.095	0	0.167
<i>P. divergens</i>	0.624**	-0.415*	0.267	0.202	0.215	0.201	0.077	-0.465**	0.138	0.094	0.490**	0.174	0.396*
<i>P. leonis</i>	-0.057	-0.184	0.06	0.245	0.252	0.26	0.187	0.341	0.016	0.025	-0.036	0.203	-0.351*
<i>P. pellucidum</i>	0.421*	-0.471**	0.159	0.396*	0.386*	0.399*	0.042	-0.368*	-0.191	-0.223	0.392*	0.302	-0.153
<i>P. sp.</i>	0.344	-0.484**	0.152	0.338	0.338	0.339	0.183	-0.099	-0.089	-0.167	0.366*	0.456**	-0.105
<i>P. vulgare</i>	0.217	-0.354*	-0.089	0.265	0.265	0.253	-0.005	0.051	-0.087	0.122	0.187	0.319	-0.111

**Correlation is highly significant at the 0.01 level; *Correlation is significant at the 0.05 level.

3.2.5. Factor Analysis of Matches

The distribution of taxa in the space of the sampling points of the PCA Dim.1 × Dim.2 plane is shown in **Figure 10**. As a result of this analysis, the majority of links between sampling points and species were observed at Dim.1. Thus, and in a globally, the sampling points P1, P2, P3, P5, P6, P7 and P8 offer more particular favourable conditions for the development of the species *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Protoperidinium leonis* whereas, the species *Ceratium massiliens*, *Ceratium symmetricum*, *Ceratium macroceros* proliferate more at the sampling point P4 (**Figure 10**).

4. Discussion

4.1. Abiotic Variables

Variations in abiotic variables (temperature, pH, salinity, nitrates, phosphates, Suspended Solid) were moderate along the stretch of coast studied throughout the study period and significant with differences in concentration between different seasons.

The level of temperature variation is related to the extent of the section studied and the measuring range. The average temperature value (29.51°C) recorded during this study shows an increase in temperature in the Kribi coast over the years compared to those obtained by similar studies [33] in 2004, 2005 and 2006 (27.2°C; 27.4°C; 28.6°C) respectively. This difference observed between the two studies could be justified by the frequency of measurements or the effects of climate change on temperature. A difference that would be justified by the fact that the measurements were made on an ad hoc basis from one station to another and at irregular times at times when the sun was at its zenith [34].

The levels of water pH variation recorded during this study reflect a pH illustrating a halin domain. Sudden changes in pH have often caused many disturbances in the biological compartment. Although flowers are generally considered non-toxic to marine invertebrates, they have been suspected of being related environmental damage through pH changes, mild reduction, and oxygen depletion, which contributed to the deaths of various phytoplankton, fish, zoobenthos, shellfish [35].

higher than those recorded in 2006 by Krakstad *et al.* [33] in a study that covered 07 months with a monthly measurement frequency (<0.003 ; 0; 0.5 mg/L for nitrites, nitrates and orthophosphates respectively). The increase of nitrates (1.52 ± 0.44) and orthophosphates (1.84 ± 0.2) concentration recorded during this study could be come from mainly industrial, domestic, hotel, landing stages and fish markets. The high concentrations observed at P2, P5 and P8 would testify to the influence of the site activities on the enrichment of the environment with these nutrients. According to Carpenter [7] and Diaz *et al.* [8], the bioavailability of nutrients, mainly phosphorus and the different forms of nitrogen in excess concentrations could be the root cause of the algal bloom attributed to the eutrophication of water bodies.

The average temperature values of water, nitrates and orthophosphates compared to previous work showed an increase in temperature on the coast over the years and nutrient enrichment. Temperature and dissolved oxygen are the abiotic factors that have more positive and significant influence; negative and significant respectively on most of the species recorded.

4.2. Biological Variables

A total of 33 taxa including 15 belonging to the genera *Ceratium* and 18 to the genera *Protoberidinium*. This diversity is low compared to the results of the work of Lakkis [29] in Lebanese marine waters and the Levantine basin where 54 species of *Ceratium* and 32 species of *Protoberidinium* have been identified; Okolodkov [12] in the Sistema Arrecifal Veracruzano Park, in the southern Gulf of Mexico, which has recorded 33 species belonging to the genera *Ceratium*. Koéme [28] identified 21 species of *Ceratium* and 04 species of *Protoberidinium* in the Grand-Lahou lagoon complex in Côte d'Ivoire. This difference of diversity observed could be related to the duration of each study, the specific characteristics and the climatic conditions prevailing in the study areas. The spatio-temporal variation in the context of this work could also be justified by the specific characteristics of each sampling point, the climatic conditions specific to each season and the geographical distribution of species.

Amongst all the species recorded, *Ceratium furca* was the only regular species. A similar finding was made by Lakkis [29] in Lebanese waters. This species as well as *Ceratium fusus* and *Ceratium tripos* although generally incidental and rare in the context of this work have been recognized by several works as a harmful species. Indeed, according to Schmidt and Schaechter [38], the species belonging to this genus *Ceratium*, specifically *Ceratium tripos*, *Ceratium furca*, and *Ceratium fusus* were able to produce the largest flowers of dinoflagellates due to their large size which takes into account that a limited number of cells have a significant impact. The red-brown flowers of these species such as *Ceratium furca* have been known to damage fish gills and to create anoxic conditions by depleting dissolved oxygen from the environment, which can suffocate various animals in the area [39].

As a whole, the highest presence of rare taxa shows of a permanent renewal of taxa belonging to the genera researched which could be very sensitive to the variations of environment conditions. The specific composition and the dynamics of the populations algae during this study would be influenced by innumerable physico-chemical factors and by the biological interactions like chattering by the zooplankton and the competition inter and intraspecific.

The spatial and seasonal distribution of species in the section studied showed overall dominance of the genera *Protoberidinium*. The number of species identified for this genera was greater than the number for *Ceratium*. Some species of this genera may survive for a longer period of time, for example, *Protoberidinium depressum* may survive up to 71 days in states of starvation or low food availability [40]. Smaller to larger diatoms and dinoflagellates are the primary food source for *Protoberidinium*, and their proliferation can cause a red tide of *Protoberidinium* [41].

Unlike the diversity that was dominated by the genera *Protoberidinium*, the densities were dominated by the species belonging to the genera *Ceratium* at all collection points and in all seasons. This dominance in terms of density could be explained according to Dodge and Marshal [13] who emphasizes that genera *Ceratium* is an omnipresent kind of dinoflagellates to theca, slow growing, found during all seasons and contributes significantly to the annual primary production in the world's oceans. In particular, this density dominated by the species *Ceratium furca* and *Ceratium fusus*. On the coast of Kribi, the appearance of a bloom of one of these two species could be predicted during the short and long rainy season at points P2, P5, P6 and P7. They have more preferences according to the Factor Analysis of the Correspondences at points P2 and P6. Their strong presence could be justified by the fact that *Ceratium furca* is a species commonly found in coastal waters and whose ecological impact caused by flowers has intensified in recent years [42] while *Ceratium fusus* is classified as a cosmopolitan species found in an ambient temperature between 2°C and 29.5°C [13]. The positive and significant correlation recorded testifies to the importance of temperature for the development of this species.

Despite their low density observed during this study, some species belonging to the genera *Protoberidinium* should be monitored. *Protoberidinium divergens*, *Protoberidinium steinii*, *Protoberidinium crassipes* identified during this work have been recognized as harmful by several works. Positive and significant correlations between *Protoberidinium divergens*, temperature and orthophosphates; Negative and significant between *Protoberidinium divergens* and dissolved oxygen observed show that an increase in temperature, an enrichment in orthophosphate and a decrease in dissolved oxygen, could cause the efflorescence of this species in the coast of Kribi. The temperature seems to be favorable for the flower of this genera, as reported by Raji and Padmavati [18] during the flower of *Protoberidinium divergens* in the Andaman compartment region. In addition, phosphorus is an essential nutrient that causes eutrophication leading to lush

algae growth when their concentrations exceed certain limits [43] [44]. Overall, the majority of *Protoperidinium* species appear to be diatom grazers, some may use, or even require dinoflagellate prey for their proliferation while others may feed on prey larger than themselves [44].

In reference to similar studies carried out in the world [18] [39] [42] [45], this work has allowed to count in the study area 06 species of the studied genera which could cause in time phenomena such as the appearance of algal blooms and fish poisoning never experienced in the Cameroonian coast. These are *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium tripos*, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium steinii*, *Protoperidinium crassipes*.

5. Conclusions

Which involved inventorying taxa belonging to the genera *Ceratium* and *Proto-peridinium* and the abiotic factors associated with them, that spatial and temporal distribution of the number of species belonging to the genera *Proteridinium* is higher than those belonging to the genera *Ceratium*. There was a marked increase in the density of the species belonging to the genera *Ceratium* precisely *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium macroceros*, *Ceratium massiliens*. Variations in spatial diversities and densities have generally changed very little with the level of anthropization of the coast. However, the identified pest species were more present in terms of occurrence and density on the section from P5 to P8, *i.e.* the area where offshore and deep-water ports are found. Seasonally, the densities of the different species were higher during the long dry season, the short and the long rainy season. These were more specifically *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium macroceros*, *Ceratium massiliens*, *Protoperidinium claudicans*, *Protoperidinium conicum*, *Protoperidinium divergens*, *Protoperidinium pentagonum* and *Protoperidinium biconicum*.

In view of these results, an efflorescence of the identified harmful species could be predicted at points P2, P5, P6, P7 during the short and long rainy season for *Ceratium furca*; P5 and P8 during the long rainy season for *Ceratium fusus*; P4, P5, P7 during the long rainy season for *Protoperidinium divergens*.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

References

- [1] Folack, J. (2011) Mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) pour la région de Kribi-campo au Cameroun. Rapport texte principal MINEP, 43-47.
- [2] BUCREP (2010) Etat et structures de la population: Indicateurs démographiques. 3e Recensement Général de la population (3ème RGPH), Vol. 2 Tome 1, 190 p.
- [3] Casé. M., Leça, E.E., Leitao, S.N., Eneida, E.S.A., Schwamborn, R. and António, T.M.J. (2008) Plankton Community as an Indicator of Water Quality in Tropical

- Shrimp Culture Ponds. *Marine Pollution Bulletin*, **56**, 1343-1352.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.02.008>
- [4] Folack, J. (2010) Résultats et Perspectives de recherches océanographiques en Afrique dédiées à l'Atlantique tropical et au Golfe de Guinée. Rapport CERECOMA-IRAD, 11 p.
- [5] Glibert, P.M. (2017) Eutrophication, Harmful Algae and Biodiversity—Challenging Paradigms in a World of Complex Nutrient Changes. *Marine Pollution Bulletin*, **124**, 591-606. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027>
- [6] Sathishkumar, R.S., Sahu, G. and Mohanty, A.K. (2021) First Report of *Protoperidinium steinii* (Dinophyceae) Bloom from the Coastal Marine Ecosystem—An Observation from Tropical Indian Waters. *Oceanologia*, **63**, 391-402.
<https://doi.org/10.1016/j.oceano.2021.04.003>
- [7] Carpenter, S.R. (2008) Phosphorus Control Is Critical to Mitigating Eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105**, 11039-11040.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0806112105>
- [8] Diaz, R., Selman, M. and Chique-Canache, C. (2017) Global Eutrophic and Hypoxic coastal Systems: Eutrophication and Hypoxia-Nutrient Pollution in Coastal Waters. WRI Policy Note, World Resources Institute, Washington DC.
- [9] Butchart, S.H.M. (2010) Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, **328**, 1164-1168.
- [10] Davidson, K., Gowen, R.J., Tett, P., Bresnan, E., Harrison, P.J., McKinney, A., Milligan, S., Mills, D.K., Silke, J. and Crooks, A.M. (2012) Harmful Algal Blooms: How Strong is the Evidence That Nutrient Ratios and Forms Influence Their Occurrence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **115**, 399-413.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.09.019>
- [11] Okolodkov, Y.B. (2010) *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a Key for Identification. *Acta Botanica Mexicana*, **93**, 41-101. <https://doi.org/10.21829/abm93.2010.275>
- [12] Okolodkov, Y.B. (1996) Net Phytoplankton from the Barents Sea and Svalbard Waters Collected on the Cruise of the R/V "Geolog Fersman" in July-September 1992, with Emphasis on the *Ceratium* Species as Biological Indicators of the Atlantic Waters. *Botanical Journal, Russian Academy of Sciences*, **81**, 1-9.
- [13] Dodge, J.D. and Marshall, H.G. (1994) Biogeographic Analysis of the Armored Planktonic Dinoflagellate *Ceratium* in the North Atlantic and Adjacent Seas. *Journal of Phycology*, **30**, 905-922. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1994.00905.x>
- [14] Petruzzello, M. (2017) *Ceratium*.
<https://www.britannica.com/science/Ceratium>
- [15] Faust, M.A. (2002) *Protoperidinium belizeanum* sp. nov. (Dinophyceae) from Manatee Cay, Belize, Central America. *Journal of Phycology*, **38**, 390-394.
<https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2003.02156.x>
- [16] Gul, S. and Nawaz, M.F. (2014) The Dinoflagellate Genera *Protoperidinium* and *Podolampas* from Pakistan's Shelf and Deep Sea Vicinity (North Arabian Sea). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **14**, 91-100.
https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_1_11
- [17] Taylor, F.J.R., Hoppenrath, M. and Saldarriaga, J.F. (2008) Dinoflagellate Diversity and Distribution. *Biodiversity Conservation*, **17**, 407-418.
<https://doi.org/10.1007/s10531-007-9258-3>
- [18] Raji, K. and Padmavati, G. (2014) Dinoflagellate Bloom Produced by *Protoperidinium divergens* Response to Ecological Parameters and Anthropogenic Influences

- in the Jungligh at Bay of South Andaman Islands. *Applied Environmental Research*, **36**, 19-27. <https://doi.org/10.35762/AER.2014.36.4.3>
- [19] Sanilkumar, M.G., Thomas, A.M., Shyamkumar, S., Philip, R., Mohammed Hatha, A.A., Sanjeevan, V.N. and Saramma, A.V. (2009) First Report of *Protoperidinium* Bloom from Indian Waters. *Harmful Algae News*, No. 39, 1-20.
- [20] Ramesh, C.H., Koushik, S., Shunmugaraj, T. and Murthy, M.R. (2019) Elevated Sea Surface Temperature Triggers Massive Bloom of *Protoperidinium pallidum* in Tuticorin Coastal Waters, Southeast Coast of Tamil Nadu, India. *Journal of the Marine Biological Association of India*, **61**, 109-111. <https://doi.org/10.6024/jmbai.2019.61.2.2094-18>
- [21] Goswami, P., Gupta, S., Das, A.K., Vinithkumar, N.V., Dharani, G. and Kirubagaran, R. (2020) Impact of a Dinoflagellate Bloom on the Marine Plankton Community Structure of Port Blair Bay, Andaman Island. *Regional Studies in Marine Science*, **37**, Article ID: 101320. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101320>
- [22] Ouabo, R.E., Tchoffo, R.S. and Ngatcha, B.R. (2018) Utilisation de la géomatique pour l'analyse des risques liés à la dynamique du trait de côte à Kribi. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, **14**, 1-16. <https://doi.org/10.4314/jcas.v14i2.3>
- [23] Suchel, J.B. (1987) Les climats du Cameroun. Université Bordeaux III, Bordeaux, Vol. 4, 1186 p.
- [24] Obiang Ondo, B., Ondo Ntyam, S.C., and Priso, R.J. (2020) Effet de la phytoaccumulation du plomb, du fer et du zinc sur deux Poacées dans la zone de Kribi et de ses environs. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **14**, 2257-2266. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i6.26>
- [25] Rodier, J., Legube, B., Marlet, N. and Brunet, R. (2009) L'analyse de l'eau. 9ème Édition, Dunod, Paris, 1579 p.
- [26] Evagelopoulos, A. (2002) Taxonomic Notes on *Protoperidinium* (Peridinales, Dinophyceae) Species in the Thermaikos Bay (North Aegean Sea, Greece). *Mediterranean Marine Science*, **3**, 41-54. <https://doi.org/10.12681/mms.247>
- [27] Phan-Tan, L., Nguyen-Ngoc, L., Doan-Nhu, H., Raine, R. and Larsen, J. (2017) Species Diversity of *Protoperidinium* Sect. *Oceanica* (Dinophyceae, Peridinales) in Vietnamese Waters, with Description of the New Species *P. larsenii* sp. nov. *Nordic Journal of Botany*, **35**, 129-146. <https://doi.org/10.1111/njb.01230>
- [28] Al-Kandari, M., Faiza, Y., Al-Yamani. and Al-Rifaie K. (2009) Marine Phytoplankton Atlas of Kuwait's Waters. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait, 351 p.
- [29] Komoé, K. (2010) Diversité du phytoplancton du complexe lagunaire de Grand-Lahou, en Côte d'Ivoire. Université de Cocody-Abidjan, Abidjan, 305 p.
- [30] Lakkis, S. (2018) Le phytoplancton des eaux marines libanaises et du bassin levantin: Biologie, Biodiversité, Biogéographie. Université Beyrouth, Liban, 304 p.
- [31] Dajoz, R. (2000) Précis d'Ecologie. 7ème Édition, Dunod, Paris, 615 p.
- [32] Dufrêne, M. and Legendre, P. (1997) Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*, **67**, 345-366. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAI]2.0.CO;2)
- [33] Krakstad, J., Isebor, C. and Oddgeir, A. (2006) Surveys of the Fish Resources of the Eastern Gulf of Guinea (Nigeria, Cameroon, Sao Tome & Principe, Gabon, Congo). Cruise Report Dr. Fridjof Nansen, 2006.
- [34] Rossi, N. (2008) Ecologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments

- de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France). L'Université du Sud Toulon-Var, La Garde.
- [35] Ministère de l'Environnement et de la Protection de Nature (MINEPN) (2010) Plan d'action national de gestion des zones marine côtière valide. 144 p.
- [36] Accoroni, S. and Totti, C. (2016) The Toxic Benthic Dinoflagellates of the Genera *Ostreopsis* in Temperate Areas: A Review. *Advances in Oceanography and Limnology*, **7**, 1-15. <https://doi.org/10.4081/aiol.2016.5591>
- [37] Lienou, G. (2007) Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les transports de matières en suspension de quelques bassins versants représentatifs au Cameroun. Université de Yaoundé 1, Yaoundé, 486 p.
- [38] Schmidt, T. and Schaechter, M. (2012) Topics in Ecological and Environmental Microbiology. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- [39] Encyclopædia Britannica (2012) "Phytoplankton" Encyclopædia Britannica Ultimate Reference Suite, Chicago: Encyclopædia Britannica.
- [40] Gribble, K.E., Nolan, G. and Anderson, D.M. (2007) Biodiversity, Biogeography and Potential Trophic Impact of *Protoperdinium* spp. (Dinophyceae) off the Southwestern Coast of Ireland. *Journal of Plankton Research*, **29**, 931-947. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbm070>
- [41] Sathishkumar, R.S., Sundaramanickam, A., Sahu, G., Mohanty, A.K., Ramesh, T. and Khan, S.A. (2021) Intense Bloom of the Diatom *Hemidiscus hardmanianus* (Greville) in Relation to Water Quality and Plankton Communities in Tuticorin Coast, Gulf of Mannar, India. *Marine Pollution Bulletin*, **163**, Article ID: 111757. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111757>
- [42] Machida, M., Fujitomi, M. and Hasegawa, K. (1999) Red Tide of *Ceratium furca* along the Pacific Coast of Central Japan in 1997. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **65**, 755-756. <https://doi.org/10.2331/suisan.65.755>
- [43] Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y. and Makhloogh, A. (2008) Trophic Status of the Iranian Caspian Sea Based on Water Quality Parameters and Phytoplankton Diversity. *Continental Shelf Research*, **28**, 1153-1165. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.02.015>
- [44] Jacobson, D.M. and Anderson, D.M. (1986) Thecate Heterophic Dinoflagellates: Feeding Behavior and Mechanisms. *Journal of Phycology*, **22**, 249-258. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1986.tb00021.x>
- [45] Moran, M.A. and Zepp, R.G. (1997) Role of Photoreactions in the Formation of Biologically Labile Compounds from Dissolved Organic Matter. *Limnology and Oceanography*, **42**, 1307-1316. <https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.6.1307>