

Phycotoxines de quelques hydrosystèmes ivoirien

ADON Marie Paulette,

Institution : Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa), adresses : BP 150 Daloa.

Auteur Correspondant : adonmariepaulette@gmail.com

Mots clés : microalgues, toxines, hydrosystèmes, Côte d'Ivoire

Keywords : microalgae, toxins, hydrosystems, Côte d'Ivoire

Submission 08/06/2023, Publication date 31/07/2023, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs>

1 RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est une contribution à l'étude phycologique par la mise en évidence des phycotoxines des eaux des milieux dulçaquicole, saumâtre et marin ivoirien. La méthodologie employée a consisté à l'échantillonnage des microalgues par utilisation de différentes méthodes en fonction de la période d'échantillonnage au niveau de quelques hydrosystèmes ivoirien étudiés durant les périodes 2008-2009 (retenue d'Adzopé), 2014-2015 et 2016-2017 (lagune Vodroboué), 2016 (Buyo et Soubré), 2015 et 2018 (Bassin du Bandama), 2015-2016 (Station de Recherche sur la Pêche et l'Aquaculture Continentales (SRPAC) de Bouaké), 2021 (Terminal à Conteneur au Port de San-Pédro (TCSP)). Différents microscopes optiques ont été utilisés pour l'observation des microalgues selon la période d'étude. L'identification et la classification des phycotoxines ont été réalisées à partir d'ouvrages généraux et spécifiques. Un total de 30 taxons producteurs de toxines répartis en 20 taxons pélagiques au niveau du TCSP et 14 taxons pélagiques, épiphytiques et périphytiques de quelques hydrosystèmes dulçaquicole, saumâtre et marin ivoirien a été identifié. La majorité des phycotoxines est constituée des taxons de Dinophyta du TCSP et des cyanotoxines de la lagune Vodroboué. Les endotoxines, aérosols toxiques, et, endotoxines et exotoxines sont les différentes catégories de toxines recensées. L'espèce *Microcystis aeruginosa*, productrice de Microcystines-LR et d'hépatotoxines, est observée dans la majorité des hydrosystèmes dulçaquicole et saumâtre. Concernant les espèces *Oscillatoria lacustris* et *Pseudanabaena catenata*, aucune étude consultée n'a présenté des résultats des toxines produites par ces espèces. La nécessité de mener des études sur la recherche des toxines de ces espèces serait une contribution à la recherche phycologique et surtout à la compréhension des hydrosystèmes étudiés qui procurent de nombreux services écosystémiques et économiques.

ABSTRACT

The aim of this study is to contribute to the study of phycology by identifying phycotoxins in freshwater, brackish and marine environments in Côte d'Ivoire. The methodology employed consisted of sampling microalgae using different methods depending on the sampling period in a number of Ivorian hydrosystems studied during the periods 2008-2009 (Adzopé reservoir), 2014-2015 and 2016-2017 (Vodroboué Lagoon), 2016 (Buyo and Soubré), 2015 and 2018 (Bandama Basin), 2015-2016 (Bouaké Station de Recherche sur la Pêche et l'Aquaculture Continentales (SRPAC)), 2021 (Container Terminal at the Port of San-Pédro (TCSP)). Phycotoxins were identified and classified based on general and specific literature. A total of 30 toxin-producing taxa were identified, divided into 20 pelagic taxa from the TCSP and 14 pelagic, epiphytic and periphytic taxa from a number of freshwater, brackish and marine hydrosystems in Côte d'Ivoire. The majority of phycotoxins are Dinophyta taxa from the

TCSP and cyanotoxins from the Vodroboué lagoon. Endotoxins, toxic aerosols, endotoxins and exotoxins are the different categories of toxins identified. Endotoxins, toxic aerosols, and endotoxins and exotoxins are the different categories of toxins identified. The *Microcystis aeruginosa* species, which produces Microcystins-LR and hepatotoxins, is found in most freshwater and brackish water systems. Concerning the species *Oscillatoria lacustris* and *Pseudanabaena catenata*, no study consulted presented results on the toxins produced by these species. The need to conduct research into the toxins of these species would contribute to phycological research and understanding of the hydrosystems studied, which provide numerous ecosystem and economic services.

2 INTRODUCTION

L'eutrophisation des milieux aquatiques, phénomène éventuellement progressif ou brutale, problème connu depuis plusieurs décennies, est attribué pour la plupart du temps au lessivage des sols agricoles et aux rejets urbains et industriels riches en azote et en phosphore. Les effets les plus notables, selon Belin et Soudant (2018), sont des proliférations de producteurs primaires (plantes aquatiques, algues, cyanobactéries), des phénomènes de toxicité ou d'anoxie (absence d'oxygène), des pertes de biodiversité. Le phytoplancton, constituant un indicateur crucial de l'état de la biodiversité des écosystèmes, permet notamment d'évaluer la qualité du milieu en termes de potentialités nutritionnelles pour l'écosystème, mais aussi en termes de nuisances potentielles pour la faune et la flore, et pour les usagers du milieu aquatique. La prolifération massive de phytoplancton toxique en milieu marin, saumâtre ou dulçaquicole est un phénomène naturel dont la première description remonte à l'antiquité (Hallegraeff, 1993). Certaines de ces espèces lorsqu'elles sont absorbées par les organismes filtreurs, libèrent des substances toxiques appelées phycotoxines, et les rendent impropres à la consommation humaine (Sournia, 1995 ; Lassus *et al.*, 2016). Selon Lassus *et al.* (2016), les toxines algales sont classées en trois catégories. Une première catégorie concerne la production de toxines libérées dans le milieu marin (exotoxines), agissant directement sur la faune et la flore, et pouvant provoquer des mortalités massives parmi les organismes fixés ou peu mobiles. Elles sont appelées ichtyotoxines quand elles causent

des mortalités de poissons. Une deuxième catégorie recouvre la production de toxines à l'intérieur des cellules de phytoplancton (endotoxines) : les organismes qui les ingèrent, par exemple les mollusques bivalves dont la nourriture inclut une forte proportion de phytoplancton, sont alors susceptibles d'intoxiquer les consommateurs de ces organismes. Une troisième catégorie concerne des espèces phytoplanctoniques qui émettent des toxines sous forme d'aérosols, potentiellement dangereux pour les promeneurs et baigneurs par leurs effets irritants. Un autre type de nuisance est la production de mousses ou de mucus, pouvant conduire dans les cas extrêmes à des mortalités parfois importantes de poissons ou autres organismes. Toutefois, seule une petite proportion des espèces phytoplanctoniques est dangereuse pour la santé humaine ou pour d'autres espèces. Sournia (1995) estimait à 2% la proportion d'espèces toxiques dans la flore phytoplanctonique mondiale comprise entre 3400 et 4000 alors que Marcaillout-Le Baut (2006) estimait que parmi quelques 5000 espèces d'algues unicellulaires qui constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire, quelques dizaines, soit environ 6% de la flore phytoplanctonique, sont capables de produire des toxines, libérées dans le milieu (exotoxines) ou piégées dans la cellule (endotoxines). En Côte d'Ivoire, les études menées sur les toxines algales étant presque inexistantes, cette étude réalisée sur la synthèse des phycotoxines des eaux des milieux dulçaquicole, saumâtre et marin ivoirien est une contribution aux études phytoplanctoniques.

3 METHODS ET MATERIELS

3.1 Description des zones d'étude :

Les différentes zones d'étude sont :

1) La retenue d'Adzopé localisée en zone urbaine. Cette retenue est alimentée par des cours d'eau dont certains coulent à travers une partie de la ville, drainant des eaux usées domestiques et des eaux du lessivage des terres agricoles. Les endroits échappant aux inondations ont été défrichés et lotis. Les eaux de cette retenue servent d'abreuvoir aux troupeaux de bovins qui laissent dans les zones de bordures d'importantes fèces. La pêche de subsistance est pratiquée par les riverains sur la quasi-totalité du plan d'eau avec des engins variés.

2) La lagune Vodroboué dont les eaux communiquent avec le fleuve Comoé par l'intermédiaire d'une courte barrière formant ainsi une embouchure. Cette lagune a ses berges occupées par une invasion de macrophytes flottants, de plantations et d'habitations. 3) Le bassin du Bandama dans lequel les sites d'étude ont concerné la réserve de faune et de flore du Haut-Bandama et la zone d'influence du Projet Aurifère de Yaourè. La réserve de faune et de flore du Haut-Bandama est traversée du Nord au Sud par le Bandama qui se prélassse en un cours très sinueux lors de la traversée de la réserve. Plusieurs habitats ruraux sont à localisés à proximité de la réserve. La zone d'influence du Projet Aurifère de Yaourè est à proximité du fleuve Bandama sur lequel a été construit le lac Kossou. Dans cette zone sont localisées des unités artisanales d'orpaillage, des parcs à bétail, des plantations, une retenue d'eau née dans une ancienne carrière de la mine d'or, des ruisseaux, des bas-fonds ruisselants et stagnants, des villages et campements.

4) Les lacs et mares de Daloa. Des activités anthropiques et des plantations sont à proximité de ces plans d'eau qui sont localisés en pleine ville de Daloa.

5) La SRPAC localisée dans la forêt classée de Kokondekro est constituée de dispositifs d'élevage alimentés en eau par gravité à partir de

deux canaux d'amenée provenant du barrage Kan.

6) Les étangs piscicoles de Buyo et environnement. Le lac de Buyo, mis en service depuis 1980, a été formé à l'issue de la construction du barrage hydroélectrique sur le fleuve Sassandra. Les étangs piscicoles de Soubré et environnement constitués de trois sites piscicoles constitués d'un site piscicole péri-urbain en bordure du fleuve Sassandra, d'une pisciculture paysanne dans le village de Koda et d'un bas-fond à l'étude au milieu d'un champ d'hévéa à Koda.

7) Le TCSP localisé au sein du port, dans la ville de San-Pédro.

3.2 Analyse et étude de la communauté des organismes algales

3.2.1 Échantillonnage et analyse : Les échantillons destinés à l'étude de la communauté d'algues ont été obtenus à partir du volume restant d'échantillon prélevé à l'aide de la bouteille Van Dorn pour l'analyse des sels nutritifs pour ce qui concerne le TCSP. Les échantillons obtenus ont été filtrés au filet à plancton de 20 µm de diamètre, conservés dans des piluliers de 100 mL puis fixés au formol 5% pour analyse ultérieure au laboratoire. Pour ce qui concerne les hydrosystèmes d'eau douce et lagunaire, les récoltes d'algues ont été effectuées à l'aide de la bouteille Van Dorn pour le phytoplancton et par les méthodes d'expression des végétaux dans tous les hydrosystèmes à l'exception des organismes périphtiques des eaux des lacs et mares de la ville de Daloa. Les périodes d'échantillonnage sont : 1) Mai, Septembre et Novembre 2008 - Février 2009 (Retenue d'Adzopé) ; 2) 24 au 25 juin 2014, 28 au 29 octobre 2014, 24 au 25 février 2015, 21 au 26 mars 2016, 25 au 30 juillet 2016, 3 au 8 octobre 2016, 5 au 10 décembre 2016, 01 au 06 mai 2017 (Lagune Vodroboué) ; 3) avril 2015 ((zone d'influence du Projet Aurifère de Yaourè), mars 2018 et novembre 2018 (réserve de faune et de flore du Haut-Bandama) pour le Bassin du Bandama) ; 4) Décembre 2015 à mars 2016 (Lac et mares localisés dans la ville de

Daloa); 5) Décembre 2015 à mars 2016 (SRPAC); 6) avril 2016 (Lac de Buyo et les étangs piscicoles de Soubré); 7) juin et juillet 2021 (TCSP). Les observations des organismes ont été réalisées à l'aide de différents microscopes optiques selon la période d'étude des microalgues. L'identification des taxons observés a été effectuée à l'aide des ouvrages et clés d'identification généraux et spécifiques.

3.2.2 Classification des phycotoxines : La classification des phycotoxines est fonction de leur structure chimique ou de la fonction des symptômes qu'elles produisent chez l'homme

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Au total 30 taxons producteurs de toxines répartis en 20 taxons pélagiques au niveau du TCSP et 14 taxons pélagiques, épiphytiques et périphytiques de quelques hydrosystèmes dulçaquicole, saumâtre et marin ivoirien a été identifié (Tableaux 1 et 2). De ces taxons, 20 taxons représentés par 5 Cyanobacteria, 14 Dinophyta et 1 Bacillariophyta ont été recensés dans le TCSP (Tableau 1). En revanche, les 14 taxons répertoriés dans quelques hydrosystèmes dulçaquicole, saumâtre et marin ivoirien sont représentés par 13 Cyanobacteria et 1 Dinophyta (Tableau 2). La richesse spécifique de taxons producteurs de cyanotoxines rencontrées dans la lagune Vodroboué est relativement élevée (9) par rapport à celle récoltée dans la SRPAC (6 taxons), la retenue d'Adzopé (5 taxons) et le TCSP (5 taxons), les autres hydrosystèmes étudiés présentant une infirmité de richesse spécifique. En outre, la richesse spécifique des taxons de Dinophyta observée dans les stations du fleuve San-Pédro au niveau du TCSP est élevée par rapport aux autres hydrosystèmes (dulçaquicole, saumâtre et marin) dans lesquels aucune Dinophyta productrice de toxine n'a été observé. Les résultats seraient liés aux apports en nutriments tels que les nitrates et le phosphate qui sont à l'origine de l'eutrophisation des milieux favorisant la croissance de ces organismes. Les différentes catégories de toxines produites par les organismes sont en majorité les endotoxines, les aérosols toxiques, et, les

lors de la consommation de fruits de mer contaminés. Pour cette étude, les travaux de Carmichael *et al.* (1985), Torigoe *et al.* (1988), Marr *et al.* (1992), Hallegreff (1993), Hu *et al.* (1993), Pilotto *et al.* (1997), Faust et Gullede (2002), Delgado *et al.* (2005), Robert *et al.* (2005), Marcaillout-Le Baut (2006), Legeas *et al.* (2007), EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2010), Van de Merwe *et al.* (2012) et Belin et Soudant (2018) ont été utilisés pour l'identification et la classification des phycotoxines de quelques hydrosystèmes ivoiriens étudiés.

endotoxines et exotoxines (Tableau 1). Les espèces *Prorocentrum micans* et *Dinophysis caudata* sont productrices d'ichtyotoxines qui libèrent des toxines dans le milieu ou exotoxine. Selon leurs mécanismes de toxicité, les phycotoxines répertoriées dans les hydrosystèmes étudiés sont classées en hépatotoxines renfermant les hépatotoxines, les microcystines et les cylindrospermopsines, en dermatotoxines constituées par la debromoaplysiatoxine, les lyngbyatoxines, l'aplysiatoxine, l'oscillatoxine-a et les lipopolysaccharides, et, en neurotoxines constituées par les neurotoxines, l'anatoxine-a, l'homo-anatoxine-a, l'anatoxine-a(s), les saxitoxines et analogues, les bêta-méthylamino-L-alanine, l'acide okadaïque et dérivés, les pecténotoxines, les prorocentrolides, les ciguatoxines et dérivés, les palytoxines et dérivés, les brevéttoxines et l'acide domoïque. Suivant les structures et les propriétés chimiques, les résultats ont mis en évidence respectivement 6 et 3 classes de phycotoxines. Ce sont 1) les peptides cycliques, les alcaloïdes, les acides aminés, les polyéthers, les imines cycliques et les macromolécules poly hydroxylées, 2) les toxines lipophiles, les toxines hydrophyles et les toxines amphiphiles. Un total de 15 familles a été recensé dans les différents hydrosystèmes étudiés. Ce sont les microcystines, les neurotoxines, les anatoxines, les cylindrospermopsines, les saxitoxines, les debromoaplysiatoxines, les lyngbyatoxines, les aplysiatoxines, les LPS, les

BMAA, les ciguatoxines, les pecténotoxines, les palytoxines, les brevéttoxines et l'acide domoïque. Des phycotoxines recensées, les

toxines émergentes sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Liste phytoplanctonique et toxines associées du Terminal à Conteneur au Port de San-Pédro (TCSP). P : pélagique ; P-CTX : ciguatoxines du Pacifique ; C-CTX : ciguatoxines des Caraïbes ; I-CTX : ciguatoxines de l'Océan Indien ; PbTXs : Brévétotoxines.

Organismes					Classification				
	Habitat	Catégories	Mécanismes de toxicité	Groupes de toxines et autres	Structures chimiques	Propriétés chimiques et réglementations	Familles	Toxines émergentes	
Cyanobacteria									
<i>Merismopedia tenuissima</i>	P	Endotoxines & Exotoxines	Hépatotoxines	Microcystines	Peptides cycliques	Toxines lipophiles	Microcystines		
<i>Microcystis wesenbergii</i>	P			Microcystines	Peptides cycliques	Toxines lipophiles	Microcystines		
<i>Pseudanabaena catenata</i>	P			NI					
<i>Pseudanabaena</i> spp.	P		Neurotoxines	Neurotoxine	Alcaloïde	Toxines lipophiles	Neurotoxines		
		Endotoxines & Exotoxines	Hépatotoxines	Microcystines	Peptides cycliques	Toxines lipophiles	Microcystines		
<i>Oscillatoria</i> spp.	P		Neurotoxines	Anatoxine-a	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Anatoxines		
				Homo-anatoxine-a	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Anatoxines		
			Hépatotoxines	Microcystines	Peptides cycliques	Toxines lipophiles	Microcystines		
				Cylindrospermopsines	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Cylindrospermopsines		
				Hépatotoxines	Hépatoxine	Alcaloïde			
		Endotoxines & Exotoxines	Neurotoxines	Anatoxine-a	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Anatoxines		
				Anatoxine-a(s)	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Anatoxines		
		Endotoxines		Saxitoxines	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Saxitoxines		
				Neurotoxine	Alcaloïde	Toxines lipophiles	Neurotoxines		
		Endotoxines		Dermatotoxines	Debromoaplysiatoxine	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Debromoaplysiatoxines	
					Lyngbyatoxines	Alcaloïde	Toxines hydrophiles	Lyngbyatoxines	
Aplysiatoxine	Alcaloïde				Toxines hydrophiles	Aplysiatoxines			
Oscillatoxine-a	Alcaloïde				Toxines hydrophiles	Oscillatoxine-A			
		Lipopolysaccharides	Acide aminé	Toxines lipophiles	LPS				
Endotoxines, Exotoxines & Aérosols toxiques		Neurotoxines	Bêta-méthylamino-L-alanine	Acide aminé	Toxines lipophiles	BMAA			
Dinophyta									



<i>Dinophysis caudata</i>	P	Aérosols toxiques	Neurotoxines	Acide okadaïque et Dinophysistoxines	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
		Endotoxines		Pecténotoxine	Polyéthers	Toxines lipophiles réglementée	Pecténotoxines	
		Aérosols toxiques		Acide okadaïque et ses dérivés	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
		Endotoxines & Exotoxines		Prorocentrolide	Imines cycliques	Toxines lipophiles non réglementées		X
		Exotoxines		Gambiertoxines, Gambierol, PbTx-1, 2, 3, 6, 7, 9, 10	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	
<i>Gonyaulax</i> spp.	P	Endotoxines		Saxitoxines	Alcaloïdes	Toxines hydrophiles	Saxitoxines	
<i>Gymnodinium pseudonociluc a</i>	P					Toxines hydrophiles		
<i>Gymnodinium</i> spp.	P					Toxines hydrophiles		
<i>Heterocapsa triquetra</i>	P	Endotoxines, Exotoxines & Aérosols toxiques		Bêta-méthylamino-L-alanine	Acide aminé	Toxines lipophiles	BMAA	
<i>Ostreopsis</i> sp.	P	Endotoxines et Aérosols toxiques		Ciguatoxine	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	X
		Endotoxines, Exotoxines & Aérosols toxiques		Palytoxine	Macromolécule poly hydroxylée	Toxines amphiphiles non réglementées	Palytoxines	X
				Ovatoxines	Macromolécule poly hydroxylée	Toxines amphiphiles non réglementées		X
				Mascarenotoxines	Macromolécule poly hydroxylée	Toxines lipophiles		X
				Ostréotoxines 1 et 3	Macromolécule poly hydroxylée	Toxines amphiphiles non réglementées		X
<i>Phalacroma</i> sp.	P	Aérosols toxiques		Acide okadaïque	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X



<i>Prorocentrum concavum</i>	P	Endotoxines	Ciguatoxine	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	X
		Aérosols toxiques	Maitotoxine	Polyéthers	Toxines hydrophiles	Ciguatoxines	
		Endotoxines	Acide okadaïque	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
		Endotoxines & Exotoxines	Scaritoxine	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	
		Aérosols toxiques	Prorocentrolide B	Imines cycliques (IC)	Toxines lipophiles non réglementées	Ciguatoxines	X
<i>Prorocentrum lima</i>	P	Endotoxines	Spirolides, Gymnodimines, C-CTX, P-CTX, I-CTX	Imines cycliques (IC)	Toxines lipophiles non réglementées	Ciguatoxines	X
		Endotoxines & Exotoxines	Ciguatoxine	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	X
		Aérosols toxiques	Acide okadaïque	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
		Endotoxines & Exotoxines	Spirolides, Gymnodimines, C-CTX, P-CTX, I-CTX	Imines cycliques (IC)	Toxines lipophiles non réglementées	Ciguatoxines	X
		Endotoxines	Prorocentrolide	Imines cycliques (IC)	Toxines lipophiles non réglementées	Ciguatoxines	X
			Dinophysistoxine-1	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
			Dinophysistoxine-2	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
<i>Prorocentrum micans</i>	P	Exotoxines	Dinophysistoxine-4	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
			Gambiartoxines, Gambierol, PbTx-1, 2, 3, 6, 7, 9, 10	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	
<i>Prorocentrum spp.</i>	P	Aérosols toxiques	Ciguatoxine	Polyéthers	Toxines lipophiles	Ciguatoxines	X
<i>Protoperidinium depressum</i>	P		Acide okadaïque	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
		Endotoxines	Pecténotoxine-2	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	P		Acide okadaïque	Polyéthers	Toxines lipophile réglementée	Ciguatoxines	X
		Aérosols toxiques	Prorocentrolide	Imines cycliques (IC)	Toxines lipophiles non réglementées	Ciguatoxines	X



<i>Ptychodiscus</i> spp.	P	Aérosols toxiques & Endotoxines		Brévétotoxines	Ladder en forme polyéther	Toxines lipophiles	Brévétotoxines	X
Bacillariophyta								
<i>Amphora coffeaeformis</i> = <i>Halamphora coffeaeformis</i>	P	Endotoxines	Neurotoxines	Acide domoïque	Acide aminé cyclique glutamatergiques	Toxines hydrophiles	Acide domoïque	

La richesse taxinomique des taxons producteurs de toxines est relativement élevée dans la retenue d'Adzopé (5 taxons), la lagune Vodroboué (10 taxons) et la SRPAC (6 taxons) par rapport aux hydrosystèmes dulçaquicole et saumâtre (Tableau 2). La majorité des taxons récoltés est observée dans les communautés pélagiques (retenue d'Adzopé et la SRPAC) et périphytiques (lagune Vodroboué). Au niveau de la lagune Vodroboué, 5 épiphytes et 1 espèce pélagique contre 4 espèces périphytiques ont été collectées durant la période d'étude. Les épiphytes et pélagique sont les Cyanobacteria *Anabaena affinis*, *Anabaena spiroides*, *Chroococcus dispersus*, *Oscillatoria lacustris* et *Oscillatoria limosa* et la Dinophyta *Alexandrium minutum*. De tous les taxons producteurs de toxines recensés, l'espèce *Microcystis aeruginosa*, productrice de Microcystines-LR et d'hépatotoxines, est

observée dans tous les hydrosystèmes étudiés à l'exception de la réserve de faune et de flore du Haut-Bandama (RFFH-B), du Bandama-blanc, de la carrière, des rivières, des lacs et mares de Daloa et des sites piscicoles de Soubré. La présence de cette espèce dans les différents hydrosystèmes étudiés serait liée d'une part à leur exigence écologique et leur caractéristique morphologique. En effet, selon Leitão et Couté (2005), ces espèces capables de migrations verticales et préférant les eaux calmes ou stratifiées (lacs, réservoirs, plans d'eau, mares), sous certaines conditions de milieu, ont leurs colonies qui peuvent se disloquer entraînant l'éparpillement des nombreuses cellules. En revanche, les toxines des espèces *Oscillatoria lacustris* et *Pseudanabaena catenata* n'ont pas été identifiées dans les différents travaux consultés.

Tableau 2. Liste phytoplanctonique et toxines associées de quelques hydrosystèmes dulçaquicole, saumâtre et marin ivoirien.

		Bassin du Bandama												
		Retenue d'Adzopé	Lagune Vodrouboué	RFFH-B		Bandama-blanc et affluents				Hydrosystèmes de Daloa		Bouaké SRPAC	Buyo et environnements	
				BN & BB	Réserve	Bandama- blanc	Lac Kossou	Carrière	Rivières	Lacs	Mares		Soubré	Buyo
Cyanobacteria	Toxines	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
<i>Anabaena affinis</i>	Lipopolysaccharides	P	V							P				
<i>Anabaena flos-aquae</i>	Lipopolysaccharides, Microcystines, Neurotoxine, Anatoxine-a, Anatoxine-b, Anatoxine-c, Anatoxine-d, Anatoxine-b(s), Anatoxine-a(s), saxitoxines, Microcystine- LR			V,P	V,P									P
<i>Anabaena spiroides</i>	Microcystine-LR, Microcystine-YR, Anatoxine-a, Anatoxine- a(s), Gonyautoxine, Neurotoxine, Saxitoxine		V										P	
<i>Chroococcus dispersus</i>	Lipopolysaccharides	P	V											
<i>Cylindrospermopsis rubicorskii</i>	Cylindrospermopsine, Saxitoxines, néosaxitoxine, Lipopolysaccharides												P	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Microcystines-LR, Hépatotoxines	P	V,P	Pe			P						P	P
<i>Microcystis wesenbergii</i>	Microcystines	P	V,P							P				
<i>Oscillatoria lacustris</i>	NI		V											
<i>Oscillatoria limosa</i>	Microcystines, Anatoxine- a		V										P	
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Microcystines		V,P			V,P		V,P					P	
<i>Pseudanabaena catenata</i>	NI		V,P							P	P			
<i>Raphidiopsis curvata</i>	Cylindrospermopsine	P											P	
<i>Symploca muscorum</i>	Aplysiatoxine									PeP	PeP			
Dinophyta														
<i>Alexandrium minutum</i>	Saxitoxine		P											

RFFH-B : réserve de faune et de flore du Haut-Bandama ; BN : Bandama Nabédjakaha ; BB : Bandama Badasso ; SRPAC : Station de Recherche sur la Pêche et l'Aquaculture Continentales ; NI : non identifié ; H : Habitat ; P : pélagique ; V : végétaux ; Pe : périphyton

L'identification des phycotoxines obtenues, à partir de la bibliographie des travaux de certains auteurs, est une contribution notable à la compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes étudiés qui procurent de nombreux services écosystémiques et

économiques. La nécessité de mener des études sur la recherche des toxines des espèces *Oscillatoria lacustris* et *Pseudanabaena catenata* dont les toxines n'ont pas été identifiées contribueraient à la recherche phycologique.

5 REMERCIEMENTS

Les remerciements dans le cadre de cette étude sont adressés à l'endroit des membres du Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), au Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) qui a financé le projet pluridisciplinaire initié par le Pôle Pêche et

Aquaculture (PPA) de l'Université Nangui Abrogoua auquel nous avons été associés comme Enseignant-Chercheur sans oublier les étudiants(es) de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa) pour leur contribution aux études phycologiques.

6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belin C. et Soudant D: 2018. Trente années d'observation des microalgues et des toxines d'algues sur le littoral. Éditions Quæ (Editeur), 1^{ère} édition, Librairie Quæ, Versailles, France. 258pp.
- Carmichael WW, Jones CLA, Mahmood NA, Theiss WC. et Krogh P: 1985. 'Algal toxins and water-based diseases'. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 15(3) : 275-313.
- Delgado G, Popowski G, Garcia C, Lagos N. et Lechuga CH : 2005. Presence of DSP-toxins in *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge in Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 26(3) : 229-234.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM): 2010. Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish-Cyclic imines (spirolides, gymnodimines, pinnatoxins and pteriatoxins). *EFSA Journal* 8(6) :1628.
- Faust AM. et Gullledge AR : 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. *Contributions from the United States National Herbarium* 42: 1-144.
- Hallegraff GM : 1993. *Phycological Reviews* 13. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32(2) : 79-99.
- Hu T, de Freitas ASW, Doyle J, Jackson D, Marr J, Nixon E, Pleasence S, Quilliam M, Hu T, Curtis JM, Walter JA. et Wright JLC : 1995. Identification of DTX-4, a new water-soluble phosphatase inhibitor from the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima*. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications* 597-599.
- Lassus P, Chomérat N, Hess P. et Nézan E : 2016. Toxic and harmful microalgae of the world ocean/Micro-algues toxiques et nuisibles de l'océan mondial. Denmark, International Society for the Study of Harmful Algae / Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. IOC Manuals and Guides, 68. (Bilingual English/French). 525p.
- Legéas M., Bertrand N., Cathala D. & Delahaie S. (2007). *Atelier Santé et Environnement : Les toxines marines sur le littoral français, état des connaissances*. Ecole Nationale de la Santé Publique (Editeur). Presses Universitaires de France, Rennes, France. 55p.
- Leitão M. et Couté A : 2005. Guide pratique de Cyanobactéries planctoniques du Grand Ouest de la France : manuel pour les prélèvements et la reconnaissance à

- l'usage des questionnaires des eaux de surface : caractéristiques, échantillonnage, identification. Volume 1, Agence de l'eau Seine-Normandie, DL 2005 Publication, Nanterre, France. 63pp.
- Marcaillout-Le Baut C : 2006. Les toxines de micro-algues marines. Biofutur N° 272. 35-39pp.
<https://archimer.ifremer.fr/doc/2006/publication-2323.pdf>
- Marr JC, Jackson AE. et McLachlan JL : 1992. Occurrence of *Prorocentrum lima*, a DSP toxin-producing species from the Atlantic coast of Canada. *Journal of Applied Phycology* 4: 17-24.
- Pilotto LS, Douglas RM, Burch MD, Cameron S, Beers M, Rouch GJ, Robinson P, Klirk M, Cowie CT. et Hardiman S : 1997. Health effects of exposure to cyanobacteria (blue-green algae) during recreational water-related activities. *Australian and New Zealand journal of public health* 21(6) : 562-566.
- Robert C, Tremblay H. et DeBlois C : 2005. Cyanobactéries et cyanotoxines au Québec : suivi à six stations de production d'eau potable (2001-2003). Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, envirodoq : ENV/2005/0099, Québec, Canada. 73pp.
- Sournia A : 1995. Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean : An inquiry into biodiversity. In : Lassus P, Arzul G, Erard-Le Denn E, Gentien P, Marcaillou-Le Baut C (eds) *Harmful Marine Algal Blooms-Proliférations d'algues nuisibles*. Paris France Lavoisier. 103-112.
- Torigoe K, Murata M, Yasumoto T. et Iwashita T : 1988. Prorocentrolide, a toxic nitrogenous macrocycle from a marine dinoflagellate, *Prorocentrum lima*. *Journal of American Chemical Society* 110: 7876-7877.
- Van der Merwe D, Sebbag L, Nietfeld JC, Aubel MT, Foss A. et Carney E : 2012. Investigation of a *Microcystis aeruginosa* cyanobacterial freshwater harmful algal bloom associated with acute microcystin toxicosis in a dog. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 24(4) : 679-687.