

Evolution spatio-temporelle des dinoflagellés dans la baie d'Agadir, Maroc

Space-time evolution of harmful dinoflagellates in Bay of Agadir, Morocco

Mohammed Fraikech *, Abdellatif Berraho *, Mohammed Ramdani **, Abdelghani Chafik *, Mansour Serghini *, Abdellatif Moukrim ***

* Institut National de Recherche Halieutique, 2 rue Tiznit, Casablanca, Maroc

** Institut Scientifique, Département de Zoologie et Ecologie Animale, B.P 703 Rabat-Agdal, Maroc

*** Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, Maroc

Correspondant : mfraikech2000@yahoo.fr

Abstract

Fraikech M., A. Berraho, M. Ramdani, A. Chafik, M. Serghini, A. Moukrim, 2005 ..[Space-time evolution of harmful dinoflagellates in Bay of Agadir, Morocco]. *Mar. Life*, 15 (1-2) : 19-27.

Monitoring of the dynamics of dinoflagellate communities was undertaken from September 2002 to September 2003 in Bay of Agadir, Moroccan South Atlantic. Qualitative and quantitative patterns of change were examined through monitoring of harmful phytoplanktonic efflorescence in Cap Ghir, Sidi Rbat and Tifnit. Results show 100 species of dinoflagellates distributed throughout the whole range of sampling points. The most frequent species in the study are: *Prorocentrum micans* and *Prorocentrum triestinum*. Their highest abundance was in Summer and Autumn. The highest density of *Alexandrium minutum* is in Spring. *Dinophysis* cf. *acuminata*, *Gymnodinium mikimotoi* and *Lingulodinium polyedrum* are dominant during Summer and early Autumn. *Dinophysis acuta*, *Ostreopsis* sp. and *Peridiniella* sp. exhibit low density during the study period.

A multiple factorial analysis emphasizes various associations of phytoplankton species in the area. Four associations of phytoplankton species were determined on the basis of the physical - chemical parameters.

KEY-WORDS :

Bay of Agadir, Morocco, Phytoplankton, Dinoflagellates.

Résumé

Fraikech M., A. Berraho, M. Ramdani, A. Chafik, M. Serghini, A. Moukrim, 2005 ..Evolution spatio-temporelle des dinoflagellés dans la baie d'Agadir, Maroc. *Mar. Life*, 15 (1-2) : 19-27.

Un suivi de la dynamique des communautés phytoplanktoniques des dinoflagellés a été entrepris de septembre 2002 à septembre 2003 dans la baie d'Agadir sur la côte atlantique sud du Maroc. Il s'agit de suivre l'évolution qualitative et quantitative à travers la surveillance des efflorescences phytoplanktoniques nuisibles au niveau de Cap Ghir, Sidi Rbat et Tifnit. Les résultats obtenus montrent la présence de 100 taxa de dinoflagellés répartis sur l'ensemble des points de prélèvements. Les espèces les plus fréquentes dans la zone d'étude sont : *Prorocentrum micans* et *Prorocentrum triestinum*. Leurs fortes concentrations ont été relevées en été et en automne. *Alexandrium minutum* présente des densités importantes au printemps alors que *Dinophysis* cf. *acuminata*, *Gymnodinium mikimotoi* et *Lingulodinium polyedrum* se développent dans les trois stations en été et au début d'automne. *Dinophysis acuta*, *Ostreopsis* sp. et *Peridiniella* sp. se manifestent rarement dans les stations étudiées et ont souvent de faibles densités. Une analyse factorielle multiple a permis de mettre en valeur les différentes associations d'espèces phytoplanktoniques dans la zone. Il ressort de cette analyse quatre associations déterminées par les paramètres physico-chimiques.

MOTS CLÉS :

Baie d'Agadir, Maroc, Phytoplankton, Dinoflagellés.

Introduction

Certaines espèces du phytoplancton marin prolifèrent excessivement sous certaines conditions climatiques et hydrologiques et manifestent une efflorescence ou *bloom*. De telles efflorescences sont bénéfiques pour les filtreurs qui en tirent profit pour se développer, mais peuvent occasionner parfois des processus d'hypoxie ou d'anoxie des eaux. De même, certaines espèces qui en sont responsables produisent des phycotoxines qui s'accumulent dans les différents tissus des animaux planctonophages.

Le suivi réalisé par l'INRH dans le cadre de la surveillance régulière du littoral montre plusieurs cas d'apparition de ces *blooms* le long du littoral national (Tahri Joutei, 1995 ; Bennouna *et al.*, 2002). Aussi, la présente étude est effectuée en vue du suivi de la succession des espèces dans le temps et de l'évolution saisonnière des concentrations cellulaires des principales espèces de dinoflagellés. Parallèlement à cette étude, six paramètres physico-chimiques ont été mesurés afin de déterminer les facteurs favorisant les fluctuations spatio-temporelles des concentrations cellulaires observées.

Matériel et méthodes

Trois stations encadrant la baie d'Agadir : cap Ghir, Tifnit et Sidi Rbat ont été retenues dans cette étude (**figure 1**). Elles ont été échantillonnées durant la période allant de septembre 2002 à septembre 2003. Il s'agit de sites riches en gisement naturel de moules *Mytilus galloprovincialis* et *Perna perna*, et qui reçoivent un apport fluvial durant la saison humide. La station cap Ghir (30°37.00 N - 09°50.00 W) se distingue par une manifestation importante des *upwellings*, notamment en été. La station de Tifnit (30°12.00 N - 09°37.60 W) et la station de Sidi Rbat (30°05.00 N - 09°40.00 W) sont situées dans une zone à vocation touristique et de pêche artisanale.

L'étude typologique de la baie d'Agadir, à partir des données des paramètres biotiques et abiotiques, vise à mettre en exergue les différentes associations des stations hiérarchisées en fonction du temps des prélèvements et de dégager les groupes d'espèces caractéristiques de chaque période de l'année, en vue d'apprécier les affinités réciproques des facteurs abiotiques et des habitats.

Les échantillons d'eau ont été prélevés, au niveau de la surface de chaque station à l'aide d'une bouteille d'un litre selon une fréquence bimensuelle à hebdomadaire. Chaque échantillon est fractionné en deux : l'un fixé sur place par le formol neutre à raison de 2 %, l'autre servira à l'observation des cellules vivantes. L'identification et le comptage ont été effectués au microscope inversé par la méthode de sédimentation (Utermohl, 1958). Les individus de chaque espèce sont comptés dans des cuves de sédimentation après une décantation de l'échantillon pendant 6 h au minimum (Reid, 1983), selon une méthode inspirée de Hasel et décrite par Sournia (1978).

Les mesures des sels nutritifs (orthophosphates et nitrates) ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption UV. La salinité, la température, l'oxygène dissous, et le pH de l'eau ont été mesurés respectivement sur le terrain à l'aide de sonde multi-paramètres température / salinomètre / conductivité WTW LF, 597, sonde doxymètre WTW OXI, 196 et pH mètre de terrain WTW pH, 197.

Les identifications spécifiques du phytoplancton ont été effectuées en consultant les ouvrages et les manuels de Trégouboff (1957), Dodge (1982), Ricard (1987), Balech (1988), Hallegraeff (1995) et Nezan, Piclet (1996).

Les traitements des données pour une analyse factorielle multiple (AFM) ont été réalisés à l'aide du logiciel ADE4 (Analyse Descriptive Ecologique : méthodes Exploratoires et Euclidiennes en Sciences de l'Environnement).

L'Analyse Factorielle Multiple (AFM) s'appuie sur une analyse globale des k tableaux portant sur les mêmes stations (Escofier, Pagès, 1994). Elle réalise k analyses portant sur un même ensemble de stations ou compare k groupes de variables définies sur le même ensemble d'individus. Son but est de obtenir une typologie des individus, des variables et des liens entre les deux typologies. Afin d'uniformiser le rôle des tableaux dans l'analyse simultanée, l'AFM pondère chaque variable du tableau k par l'inverse de la première valeur propre de l'analyse factorielle séparée de ce tableau.

A partir de la matrice des données constituée de 117 prélèvements et de 26 paramètres phytoplanctoniques et physico-chimiques, l'analyse factorielle multiple positionne dans un espace à 26 dimensions les stations, les unes par rapport aux autres en fonction des espèces et de la qualité de l'eau. Le premier axe, auquel correspond le taux d'inertie le plus élevé ($F1 = 25,84$), visualise au mieux les traits les plus caractéristiques de l'organisation matricielle générale ; les axes suivants

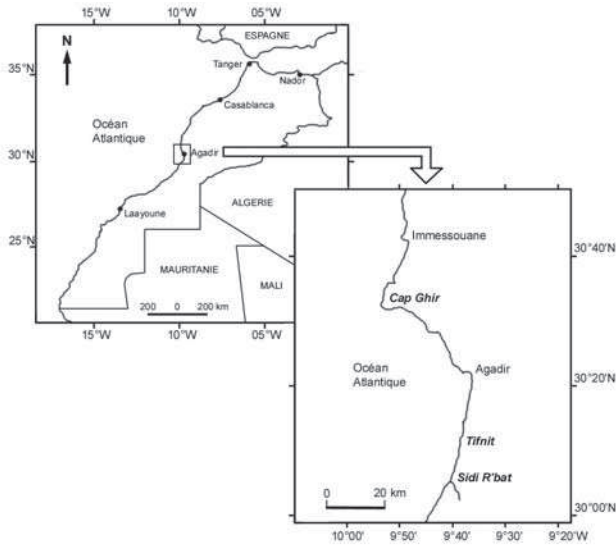


Figure 1
 Localisation géographique des trois stations étudiées.
Geographical location of the study stations.

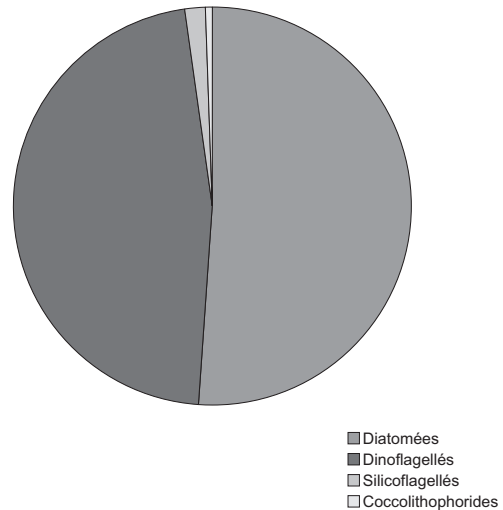


Figure 2
 Proportions des 4 groupes de phytoplancton identifiés dans la zone étudiée.
Proportion of 4 phytoplankton groups identified in the study area.

évaluent des différences moins importantes entre les paramètres qu'il conviendra éventuellement d'interpréter à l'aide de variables complémentaires. Seuls les 20 espèces phytoplanctoniques et les 6 paramètres physico-chimiques à intérêt écologique, évalués en totalité sur un cycle annuel, ont été intégrés dans cette analyse.

Résultats et discussion

Les dinoflagellés recensés dans les trois stations sont composés de 100 taxa et les diatomées sont composées de 110 taxa. Ces deux groupes constituent les principaux composants du phytoplancton dans la baie d'Agadir. Les silicoflagellés sont représentés par 4 espèces tandis que les coccolithophoridés ne sont représentés que par une seule espèce (**tableau I et figure 2**).

La présente étude concerne le suivi spatio-temporel des concentrations cellulaires des principaux taxons de ce groupe. En effet, certains taxons de dinoflagellés ont été à l'origine des événements toxiques ou nuisibles observés le long des côtes atlantiques marocaines. Ainsi, 20 espèces sont retenues dans cette analyse. Le choix est basé sur l'importance écologique des taxons et leurs fréquences d'apparition significatives dans les trois sites. L'examen des résultats obtenus montre, dans un premier temps, que les efflorescences phytoplanctoniques se situent principalement durant la période de transition entre l'été et l'automne (**tableau II**).

La matrice des données est établie à partir des échantillons analysés depuis septembre 2002 jusqu'à septembre 2003. A chaque couple paramètre-station est associée la valeur de la concentration relevée. Chaque station est représentée par des valeurs correspondant au nombre de prélèvements bimensuels à hebdomadaires (**tableau II**). Chaque prélèvement est désigné par deux chiffres séparés par l'initiale de la station. Le premier chiffre correspond au rang du prélèvement dans le même mois et le deuxième chiffre correspond au mois du prélèvement.

L'analyse factorielle multiple réalisée concerne l'ensemble des 3 stations échantillonnées dans les mêmes conditions météorologiques et hydrologiques durant la période d'étude. Le nombre d'observations s'élève à 117 au total, soit 39 observations par station, de même le nombre de paramètres est de 20 taxa phytoplanctoniques et 6 composantes physico-chimiques. Il ressort des résultats obtenus une bonne diagonalisation des données sur chaque axe, ainsi qu'un bon recouvrement entre les images des stations et les paramètres. Les contributions à la variation totale des 4 premiers axes (**figure 3B**) totalisent 57,94 %, ce qui explique une bonne représentation sur le premier plan représenté par les descripteurs F1 et F2. Les 16 axes composant le reste de l'histogramme totalisent 43,06 %.

L'axe F1 exprime un gradient horizontal de la salinité et de la température qui s'opposent aux sels nutritifs et à l'oxygène dissous (**figure 3**). Ce descripteur organise horizontalement les prélèvements selon un gradient saisonnier opposant la période estivale à la période

Tableau I

Espèces phytoplanctoniques recensées dans les trois stations de la baie d'Agadir.
Phytoplankton species identified in the 3 stations of the Bay of Agadir.

Diatomées

Achnanthes brevipes Agardh, 1824
Amphora egregia A.S. Wood, 1963
Amphora sp.
Actinoptychus sp.
Anaulus creticus Drebes et Schulz, 1981
Asterionella japonica Cleve, 1882
Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round, 1990
Asteromphalus sp.
Biddulphia pulchella Gray, 1821
Biddulphia tuomeyi (Bailey) Roper, 1859
Biddulphia alternana (Bailey) Van Heuck, 1883
Biddulphia sp.
Cerataulina dentata Hasle & Syvertsen, 1996
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey, 1937
Chaetoceros affinis Lauder, 1864
Chaetoceros atlanticus Cleve, 1873
Chaetoceros cf. brevis Schütt, 1895
Chaetoceros concavicornis Mangin, 1917
Chaetoceros costatus Pavillard, 1911
Chaetoceros curvisetus Cleve, 1889
Chaetoceros danicus Cleve, 1889
Chaetoceros decipiens Cleve, 1873
Chaetoceros diadema Ehrenberg, 1854
Chaetoceros didymus Ehrenberg, 1845
Chaetoceros gracilis Schütt, 1895
Chaetoceros laciniosus Schütt, 1895
Chaetoceros lauderii Ralfs in Lauder, 1864
Chaetoceros lorenzianus Grunow, 1863
Chaetoceros mitra Cleve, 1896
Chaetoceros socialis Lauder, 1864
Chaetoceros teres Cleve, 1896
Chaetoceros tortissimus Gran, 1900
Chaetoceros sp.
Climacosphenia monilifera Ehrenberg, 1841
Cocconeis sp.
Corethron criophilum Castracane, 1886
Coscinodiscus jonesianus (Greville) Ostenfeld, 1915
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg, 1839
Coscinodiscus granii Gough, 1905
Coscinodiscus sp.
Dactyliosolen blavyanus (H. Peragallo) Hasle, 1975
Dactyliosolen fragillissimus (Bergon) Hasle, 1996
Detonula confervacea (Cleve) Gran, 1900
Ditylium sp. Bailey, 1861
Diploneis sp.
Eucompia zodiacus Ehrenberg, 1839
Fragilaria striatula Lyngbye, 1819
Hemiaulus sinensis Greville, 1865
Hemidiscus sp.
Grammatophora sp.
Guinardia delicatula (Cleve) Hasle, 1996
Guinardia flaccida (Castracane) Peragallo, 1892
Guinardia striata (Stolterfoth) GR Hasle, 1997
Gyrosigma sp.
Hemiaulus sinensis Greville, 1865
Gyrosigma sp.
Lauderia annulata Cleve, 1873
Lauderia borealis Gran, 1900
Leptocylindrus danicus Cleve, 1889
Leptocylindrus minimus Hargraves, 1990
Licmophora gracile (Ehrenberg) Grunow, 1867
Licmophora sp.
Lyrella sp.
Mastogloia achnanthioides Mann, 1925
Mastogloia grana Ricard, 1974
Melosira nummuloides Agardh, 1824
Melosira sulcata (Ehrenberg) Kützing, 1844
Navicula agnet Hustedt, 1930
Navicula elegans Smith, 1853
Navicula sp.
Nitzschia closterium Ehrenberg, 1841
Nitzschia longissima Kützing, 1849
Nitzschia sp.
Odontella mobiliensis (JW Bailey) Grunow, 1884
Odontella regia (Schultze) Simonsen, 1974
Odontella sinensis (Greville) Grunow, 1884

Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve, 1873
Pleurosigma directum Grunow, 1880
Pleurosigma normanii Ralfs in Pritchard, 1861
Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve) Heiden, 1928
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) H. Peragallo, 1900
Pseudo-nitzschia sp.
Rhizosolenia alata Brightwell, 1858
Rhizosolenia delicatula Cleve, 1900
Rhizosolenia fragillissima Bergon, 1903
Rhizosolenia hebetata (Bailey) Gran, 1904
Rhizosolenia pungens Cleve-Euler, 1937
Rhizosolenia robusta Norman in Pritchard, 1861
Rhizosolenia setigera Brightwell, 1858
Rhizosolenia stolterfothii (Stolterfoth) Hasle, 1996
Rhizosolenia styliformis Brightwell, 1858
Rhizosolenia temperei Peragallo, 1888
Rhizosolenia sp.
Skeletonema costatum Simis, 1994
Streptothecca thomensis Shrubsole, 1890
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh, 1832
Surirella fastuosa (Ehrenberg) (Goldman et al., 1990)
Schroederella schroederi (Bergon) Pavillard, 1925
Stephanopyxis sp.
Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kützing, 1844
Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Hallegraeff, 1986
Thalassionema nitzschoides (Grunow)
Mereschkowsky, 1902
Thalassiosira decipiens (Grunow ex Van Heurck)
 Jørgensen, 1905
Thalassiosira rotula Meunier, 1910
Thalassiosira delicatula (Ostenfeld in Borgert, 1908)
Thalassiosira sp.
Thalassiothrix sp.
Triceratium alternans J.W. Bailey, 1851
Triceratium sp.
Trigonium formosum Dunker, 1982

Dinoflagellés

Alexandrium minutum Halim, 1960
Ornithocercus sp.
Alexandrium sp.
Oblea sp.
Amphidinium sp.
Ostreopsis lenticularis Fukuyo, 1981
Amylax diacantha Meunier, 1919
Ostreopsis sp.
Blepharocysta sp.
Oxytoxum caudatum Schiller, 1937
Ceratium breve (Ostenfeld & Schmidt) Schröder, 1906
Oxytoxum crassum Schiller, 1937
Ceratium candelabrum (Ehrenberg) Stein, 1883
Oxytoxum gracile Schiller, 1937
Ceratium compressum Gran, 1902
Oxytoxum scolopax Stein, 1883
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède et Lachmann, 1858
Pentapharsodinium sp.
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin, 1841
Peridiniella sp.
Ceratium humile Jørgensen, 1911
Phalacroma mitra Schütt, 1895
Ceratium inflatum (Kofoid) Jørgensen, 1911
Phalacroma sp.
Ceratium kofoidii Jørgensen, 1911
Polykrikos sp.
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve, 1899
Prorocentrum balticum Loeblich III, 1970
Ceratium longirostrum Gourret, 1883
Prorocentrum compressum (Abe) Dodge, 1975
Ceratium macroceros (Ehrenberg) Cleve, 1900
Prorocentrum dentatum Stein, 1883
Ceratium pentagonum Gourret, 1883
Prorocentrum gracile Schütt, 1895
Ceratium teres Kofoid, 1907
Prorocentrum lima (Ehrenberg) Dodge, 1975
Ceratium horridum (Cleve) Gran, 1902
Prorocentrum micans Ehrenberg, 1833
Ceratium tripos Derbes, 1974
Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller, 1933
Ceratium lunula (Schimper) Jørgensen, 1911
Prorocentrum rostratum Stein, 1883
Ceratium sp.
Prorocentrum scutellum Schroder, 1900
Corythodinium constrictum (Stein) F.J.R. Taylor, 1976
Prorocentrum triestinum Schiller, 1918
Dinophysis acuminata Claparède et Lachmann, 1859
Protoperidinium conicum (Gran) Balech, 1974
Dinophysis acuta Ehrenberg, 1839
Protoperidinium curvipes (Ostenfeld) Balech, 1974
Dinophysis fortii Pavillard, 1923
Protoperidinium denticulatum (Gran et Braarud) Balech, 1974
Dinophysis caudata Saville-Kent, 1881
Protoperidinium depressum (Bailey) Balech, 1974
Dinophysis norvegica Claparède et Lachmann, 1859
Protoperidinium divergens (Ehrenberg, 1840) Balech, 1974
Dinophysis rotundata Claparède et Lachmann, 1859
Protoperidinium excentricum (Paulsen, 1907) Balech, 1974
Dinophysis sacculus Stein, 1883
Protoperidinium globulum (Stein) Balech, 1974
Dinophysis tripos Gourret, 1883
Protoperidinium hirobis Abé, 1927
Diplopelta parva (Abe) Matsuoka, 1988
Protoperidinium islandicum (Paulsen) Balech, 1973
Diplopsalis lenticula Bergh, 1882
Protoperidinium oceanicum (Ostenfeld) Balech, 1973
Ensiculifera sp.
Protoperidinium minutum (Kofoid) Loeblich III, 1970
Goniodoma sp.
Protoperidinium mite (Pavillard) Balech, 1974
Gonyaulax diacantha (Meunier) Schiller, 1937
Protoperidinium pentagonum (Gran) Balech, 1974
Gonyaulax diegensis Kofoid, 1911
Protoperidinium quamerense (Schöder) Balech, 1974
Gonyaulax digitale (Pouchet, 1883) Kofoid, 1911
Protoperidinium steinii (Jørgensen) Balech, 1974
Gonyaulax polygramma Stein, 1883
Protoperidinium thorianum (Paulsen) Balech, 1974
Gonyaulax spinifera (Claparède et Lachmann) Diesing, 1866
Protoperidinium sp.
Gonyaulax tamarensis Lebour, 1925
Pyrocystis lunula Schütt, 1896
Gonyaulax triacantha Jørgensen, 1899
Pyrophacus sp.
Gonyaulax sp.
Scrippsiella trochoidea (Stein) Loeblich III, 1976
Gymnodinium catenatum Graham, 1943
Scrippsiella sp.
Gymnodinium mikimotoi Miyake et Kominami ex Oda, 1935
Torodinium robustum Kofoid et Swezy, 1921
Gymnodinium sp.
Torodinium sp.
Gyrodinium spirale (Bergh) Kofoid et Swezy, 1921
Gyrodinium sp.
Heterocapsa niei (Loeblich) Morrill et Loeblich III, 1983
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein, 1883
Heterocapsa sp.
Katodinium sp.
Lingulodinium polyedrum (Stein) Dodge, 1989
Micrakanthodinium setiferum (Lohmann) Deflandre, 1937

Silicoflagellés

Dictyocha fibula Ehrenberg, 1840
Dictyocha speculum Ehrenberg, 1839
Dictyocha octonaria (Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyocha crux Ehrenberg, 1840

Coccolithophoridés

Syracosphaera sp.

Tableau II

Matrice des données phytoplanctoniques
et physico-chimiques dans les 3 stations étudiées.
*Phytoplankton and physical-chemical data
in the 3 study stations.*

Espèce / Date	<i>Alexandrium minutum</i>	<i>Dinophysis cf. acuminata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Prorocentrum triestinum</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	<i>Scrippsiella</i> sp.	<i>Peridiniella</i> sp.	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Gyrodinium spirale</i>	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	<i>Protoperidinium depressum</i>	<i>Protoperidinium diabolium</i>
Code	Asp	Dac	Dca	Pmi	Ptr	Ssp	Str	Psp	Gyr	Gys	Gym	Prp	Prd
TE	0	450	250	86050	400	50	0	0	750	3850	167800	0	100
TA	0	115	0	15955	5564	5	23	23	113	200	26388	148	0
TH	5	188	0	138	25	0	30	0	13	0	13	0	0
TP	391	200	19	418	700	2382	400	100	73	191	36	136	44
TE	10	70	10	770	260	200	30	54	64	154	290	74	132
SE	0	400	250	83150	300	100	0	0	650	3800	151000	100	150
SA	0	73	0	15603	7878	0	0	13	150	175	26225	125	0
SH	50	163	0	115	0	43	0	0	13	5	0	0	38
SP	355	173	27	345	1473	2864	427	18	118	181	73	58	91
SE	20	80	0	780	230	190	80	0	148	154	260	54	118
CE	0	300	0	2300	350	0	0	0	250	600	900	0	0
CA	0	162	9	10104	3920	0	13	0	27	36	413	0	0
CH	50	138	18	188	25	47,5	0	0	38	13	0	13	13
CP	638	130	0	775	450	3813	475	250	138	243	38	110	60
CE	20	104	50	1260	390	110	70	60	124	90	430	180	160

T : Tifnit / E : Eté / A : Automne / H : Hiver / P : Printemps / S : Sidi R'bat / C : cap Ghir

<i>EOstreopsis</i> sp.	<i>Pyrophacus</i> sp.	<i>Ceratium furca</i>	<i>Ceratium lineatum</i>	<i>Ceratium fusus</i>	<i>Ceratium candelabrum</i>	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	Température	Oxygène	Salinité	pH	Nitrate	Orthophosphate
Ost	Pyr	Cfu	Cli	Cfs	Csp	Lpo	Temp	O ₂	Sal	pH	NO ₃	H ₂ PO ₄
0	50	200	0	3200	1050	47050	20,2	7,2	36	8,3	1,8	0,15
38	0	10	93	48	5555	8828	18,7	7,6	35,7	8,1	3,2	0,2
0	20	13	13	13	0	37,5	16,8	8,1	35,4	8,1	5,6	1,4
9	131	82	100	37	0	227	18,88	8	35,6	8,2	3,3	0,7
120	78	10	0	24	44	380	22,4	7,1	36,3	8,1	3,6	1
0	0	150	0	2950	1000	45700	20,2	6,8	36	8,3	4	0,1
25	0	0	105	38	5515	8768	18,7	7,5	35,8	8,1	2,8	0,3
0	5	0	18	18	5	13	16,9	8,2	35,5	8	4,7	1,3
0	127	53	71	45	0	91	18,4	8	35,7	8,2	3,2	0,3
50	64	18	0	20	72	70	22,7	7,15	36,4	8,1	3,8	0,6
0	50	0	0	0	70	1270	20,1	7	36,2	8,5	2,6	0,2
0	7	0	11	20	2980	18509	18,2	7,9	35,7	8	3,8	0,2
0	50	13	0	38	38	25	17	8,2	35,5	8,1	5,1	1,7
0	188	30	275	75	0	213	17,9	8,1	35,7	8,3	3,6	0,8
50	116	42	10	34	114	1400	21,7	7,1	36,4	8	4	1

T : Tifnit / E : Eté / A : Automne / H : Hiver / P : Printemps / S : Sidi R'bat / C : cap Ghir

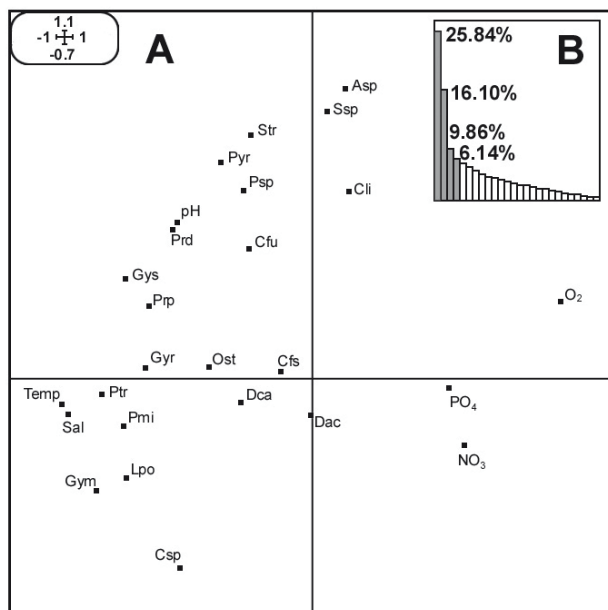


Figure 3
 A- Projection des paramètres abiotiques et biotiques dans le plan factoriel F1 et F2
A - Abiotic and biotic parameters projection in the factorial plan F1 and F2
 B - Histogramme des valeurs propres
B - Histogram of the specific values

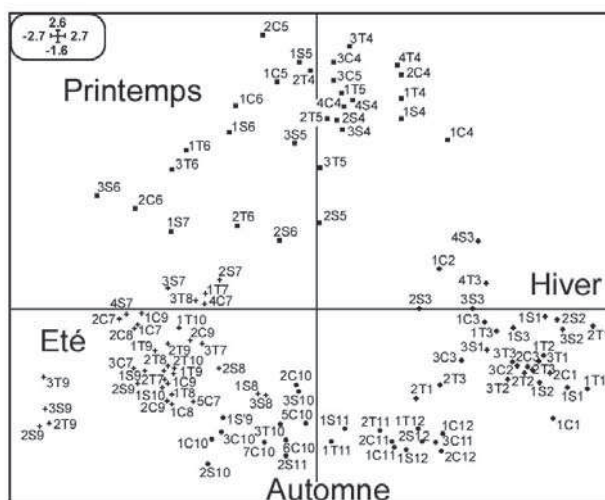


Figure 4
 Projection des stations dans le plan factoriel F1 et F2.
Projection of the stations in the factorial plan F1 and F2.

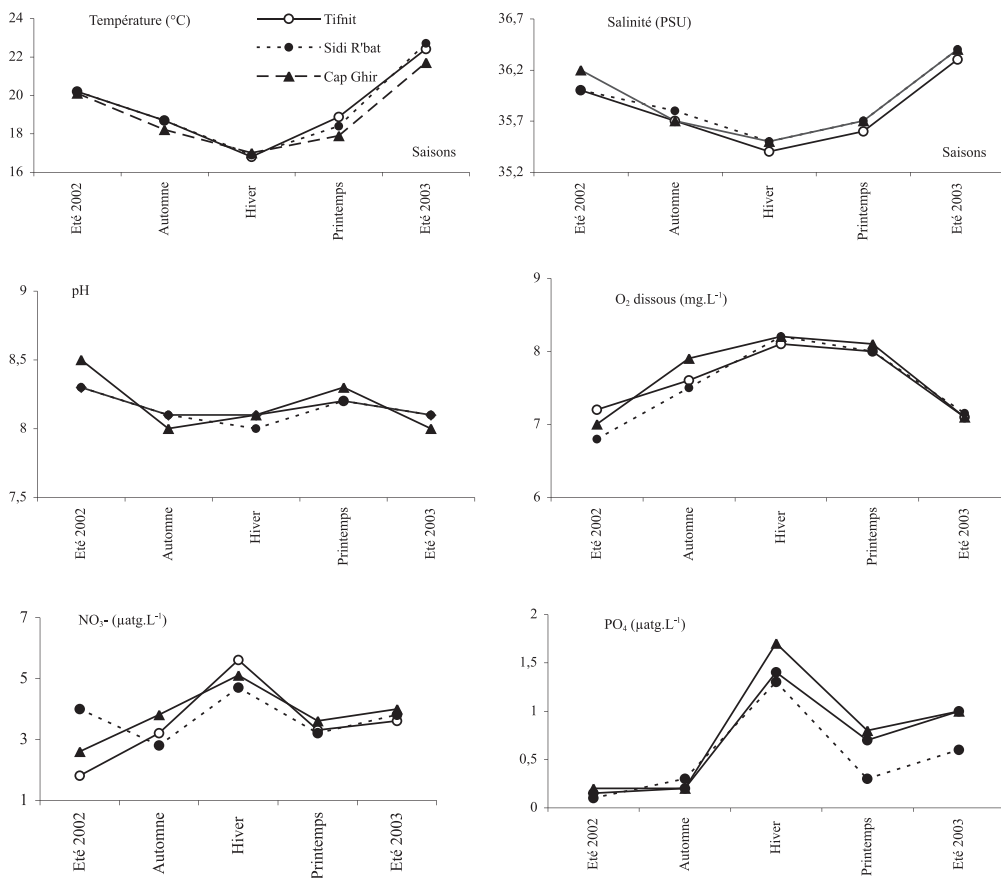


Figure 5
 Evolution temporelle des paramètres physico-chimiques dans les trois stations étudiées.
Space time evolution of physical-chemical components in the studied stations.

hivernale caractérisée par des températures comprises entre 15 et 17,8°C. Les sels nutritifs et l'oxygène dissous montrent des teneurs plus importantes en hiver qu'en été, et les valeurs s'organisent selon un gradient ascendant de l'été vers l'hiver. L'axe F2 exprime un gradient vertical du pH. La période printanière montre des valeurs légèrement supérieures par rapport à celles enregistrées durant les autres périodes. L'analyse de la figure 4 montre une hiérarchisation des prélèvements dans les 3 stations formant 4 groupements principaux correspondant approximativement aux 4 saisons de l'année (**figures 3 et 4**).

a) Le groupement 1 est constitué des prélèvements réalisés durant la période printanière. Cette association se singularise par des températures allant de 17 à 19°C et par des salinités voisines de 35,6 PSU. Le pH est représenté par des valeurs élevées à cause de la forte activité phytoplanctonique durant cette saison (**figure 5 et tableau II**).

Alexandrium minutum, *Scrippsiella* sp., *Scrippsiella trochoidea*, *Protoperidinium diabolium*, *Pyrophacus* sp., *Ceratium furca*, *Ceratium lineatum* ont des densités maximales durant la saison printanière et des densités faibles ailleurs. La période est marquée par une richesse spécifique importante démontrant une forte productivité de l'écosystème marin côtier. Romdhane *et al.* (1998) ont indiqué que les blooms d'*Alexandrium* spp. ont été observés durant le printemps dans les lagunes tunisiennes. Tahri Joutei (1998) a observé les fortes concentrations d'*Alexandrium minutum* en juillet et en août à Oued Laou en Méditerranée marocaine. Bennouna *et al.* (2000) ont signalé la présence d'*Alexandrium* spp. en février et septembre dans la lagune de Oualidia (côte atlantique). Akallal *et al.* (2003) ont mentionné la présence de *A. tamarense* en faible quantité entre Moulay Bousselham et Témara, au printemps et en automne ; les fortes concentrations ont été observées à la fin de l'année 1999.

b) Le groupement 2 est composé des prélèvements réalisés durant la période estivale. Les valeurs maximales des températures (20 à 24°C) et de la salinité (35,7 à 36,6 PSU) sont relevées depuis juin jusqu'à août, alors que les sels nutritifs et l'oxygène dissous sont représentés par de faibles teneurs (**figure 5 et tableau II**). Le pH varie entre 7 et 7,8. Les principales espèces caractéristiques de l'été sont : *Gymnodinium mikimotoi*, *Lingulodinium polyedrum*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum triestinum* et *Gyrodinium* sp. Notons que les taxons *Ostreopsis* sp., *Ceratium fusus* et *Dinophysis*

caudata présentent des densités importantes en été et en automne marquant ainsi une période de transition entre les deux saisons. Notons toutefois que *Ostreopsis* sp. est plutôt planctobenthique, ce qui laisse supposer que sa densité pourrait être importante dans les autres saisons au niveau du benthos. *Gymnodinium catenatum* a été observée en janvier, mai-juin et novembre décembre à Oued Laou par Tahri Joutei (1998). Akallal *et al.* (2003) ont signalé l'existence de *Gymnodinium catenatum* en faible quantité entre Moulay Bousselham et Témara, durant le printemps. Barbara-Sanchez et Gamboa-Maruez (2001) ont observé la présence de *Gymnodinium catenatum* tous les ans le long des côtes de l'État de Sucre (Venezuela) et ont noté des abondances maximales entre juin et octobre.

c) Le groupement 3 est formé des échantillons réalisés principalement en automne. La période se distingue par un début de diminution de la température (17,6 et 19,2°C) et de la salinité (35,5 à 36,1 PSU). Les eaux sont peu oxygénées, légèrement basiques et pauvres en sels nutritifs (**figure 5 et tableau II**). La période est marquée également par des densités importantes de *Dinophysis* cf. *acuminata* et *Ceratium candelabrum* (**figure 4**). Jeong *et al.* (1998) ont signalé que *Lingulodinium polyedrum* prolifère sous des températures comprises entre 20 et 23°C. Lors de cette étude, le bloom causé par cette espèce est apparu à des températures voisines de 20°C. Akallal *et al.* (2002) ont signalé la présence de *L. polyedrum* au printemps en quantité réduite dans le littoral compris entre Mehdi et Témara.

d) Le groupement 4 correspond aux échantillons réalisés en hiver. Cette période se singularise par des températures comprises entre 15 et 17°C et des salinités voisines de 35,4 PSU. Les masses d'eau sont oxygénées et riches en sels nutritifs. Cette richesse s'explique par un apport terrigène important durant la saison pluviale et par une faible activité phytoplanctonique durant cette période. *Protoperidinium depressum* et *Ostreopsis* sp. sont totalement absentes dans les trois sites en hiver et l'ensemble des espèces présentes montre une fréquence d'apparition très réduite et des concentrations cellulaires très faibles. Signalons, toutefois, que *Dinophysis* cf. *acuminata* a fait son apparition de janvier à septembre avec une absence en juin dans les trois stations, alors qu'auparavant l'espèce est généralement observée en été et en automne. Son apparition est liée à des températures variant de 17 à 25°C. La période hivernale, durant cette

étude, a été marquée par des températures rangées dans une gamme de 17-18°C (**figure 5 et tableau II**). Lassus *et al.* (1993) ont signalé un *bloom* toxique causé par cette espèce en été dans les côtes d'Antifer en France. Ces auteurs ont lié cette apparition au processus hydrodynamique des masses d'eaux dans la partie aval partiellement confinée. Poletti *et al.* (1998) ont mentionné des abondances maximales de cette espèce dans l'ensemble des côtes de l'Adriatique durant la période allant de mai à octobre.

Conclusion

La richesse spécifique totale du phytoplancton est composée de 4 groupes dominés par les diatomées avec 110 taxa suivis par les dinoflagellés avec 100 taxa. Cette flore planctonique est similaire dans les trois sites étudiés. Elle montre, cependant, une légère variation quantitative dans le temps, malgré le rapprochement géographique des sites, à cause de l'apparition et de la disparition de certaines espèces dont le cycle biologique est étroitement lié aux conditions hydrologiques et climatologiques influencées par les saisons.

La méthode AFM utilisée a permis le découpage en 4 groupements de stations en fonction des paramètres biotiques et physico-chimiques montrant, d'une part, l'influence marine manifeste dans ce milieu littoral grâce à un renouvellement considérable en eau d'origine océanique nettement influencé par la saisonnalité. Ainsi, les 4 groupements identifiés correspondent aux 4 saisons de l'année avec un noyau composé d'espèces caractéristiques pour chaque période.

L'enrichissement de la zone en matières azotées et phosphatées, issues du lessivage des terrains agricoles dans le bassin versant en hiver et par le processus d'*upwelling* en été constitue une source d'alimentation de la zone qui se traduit par une richesse spécifique importante du phytoplancton.

Alexandrium minutum a été observée durant la période printanière dans les 3 stations.

Les efflorescences toxiques dues à la présence de *Dinophysis cf. acuminata* ont accompagné les eaux colorées, apparues principalement en septembre à Tifnit et Sidi Rbat suite à la prolifération de *Gymnodinium mikimotoi* et *Prorocentrum micans*, et de *Lingulodinium polyedrum* en octobre à cap Ghir. Cependant, il y a lieu de signaler la prolifération exceptionnelle en hiver, au niveau des trois stations, de *Dinophysis cf. acuminata*, espèce proliférant généralement en été début automne. Ceci met en exergue

l'importance de la surveillance continue du littoral tout au long de l'année afin de mieux protéger le consommateur des produits de la pêche en cas d'éventuelle contamination.

Bibliographie

- Akallal R., C. Billard, J. Fresnel, T. Givernaud, A. Mouradi**, 2002 - Contribution à l'étude du phytoplancton de la côte atlantique marocaine. 1- Espèces récurrentes, proliférantes ou potentiellement toxiques. *Mar. Life*, **12** (1-2) : 11-20.
- Akallal R., T. Givernaud, A. Mouradi**, 2003 - Phytoplancton nuisible du littoral atlantique entre Moulay Bouselham et Témara. *Bio. Santé*, **3** (2) : 288-297.
- Balech E.**, 1988 - *Los dinoflagelados del atlantico sudoccidental*. Publicaciones especiales. Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 223 pp.
- Barbara-Sanchez A.L., J.F. Gamboa-Maruez**, 2001 - Distribution of *Gymnodinium catenatum* Graham and shellfish toxicity on the coast of Sucre state, Venezuela, from 1989 to 1998. *J. Shellfish Res.*, **20** (3) : 1257-1261.
- Bennouna A., O. Assobhei, B. Berland, J. El Attar**, 2000 - Etude des populations phytoplanctoniques de la lagune de Oualidia (Maroc), dinoflagellés potentiellement nuisibles. *Mar. Life*, **10** (1-2) : 3-18.
- Bennouna A., B. Berland, J. El Attar, O. Assobhei**, 2002 - Eau colorée à *Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge, dans une zone aquacole du littoral du Doukkala (Atlantique marocain). *Oceanologica Acta*, **25** : 159-170.
- Dodge J.D.**, 1982 - *Marine dinoflagellates of the British Isles*, her Majesty's Stationery office, London, 303 pp.
- Escofier B., J. Pagès**, 1994 - Multiple factor analysis. *Computational statistics and data analysis*, **18** : 121-140.
- Hallegraeff G.M.**, 1995 - Harmful algal blooms: a global review. In : *Manual on Harmful microalgae*, L.G.M. Hallegraff, D.M. Anderson, A.D. Cembella (eds), I.O.C. manuals and guides n° 33, UNESCO, Paris, pp : 1-22.
- Jeong H.J., J.H. Shim, J.S. Kim, J.Y. Park, C.W. Lee**, 1998 - Growth and grazing rates of a thecate mixotrophic dinoflagellate *Fragilidium cf. mexicanum* on a red tide dinoflagellate *Lingulodinium polyedrum*. In : *Proceedings of the Eight International conference on Harmful Algae*, B. Reguer *et al.* (eds), June 1997 at Vigo, Spain, Xunta de Galicia and IOC of Unesco, pp : 179-181.
- Lassus P., F. Proniewski, P. Maggi, P. Truquet, M. Bardouil**, 1993 - Wind-induced toxic blooms of *Dinophysis cf. acuminata* in the Antifer area (France). In : *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. T.J. Smayda, Y. Shimizu (Eds), Elsevier Science Publishers, pp : 519-522.

Nezan E., G. Piclet, 1996 - *Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton*, 66 fiches IFREMER ed.

Poletti R., K. Cettul, F. Bovo, A. Milandri, M. Pompei, R. Frate, 1998 - Distribution of toxic dinoflagellates and their impact on shellfish along the northwest Adriatic coast. In : *Proceedings of the Eight International conference on Harmful Algae*, B. Reguer *et al.* (eds), June 1997 at Vigo, Spain, Xunta de Galicia and IOC of Unesco, pp : 88-90.

Reid F.M.H., 1983 - Biomasse estimation of component of the marine nanoplankton and picoplankton by the Utermöehl settling technique. *J. Plank. Res.*, **5** (2): 235-252.

Ricard M., 1987 - *Atlas du phytoplancton marin. Vol 2 : Diatomophycées*. Edit. du CNRS. Paris, 297 pp.

Romdhane M.S., H.C. Eilertsen, O.K.D. Yahia, M.N.D. Yahia, 1998 - Toxic dinoflagellate bloom in tunisian lagoons: causes and consequences for aquaculture. In : *Proceedings of the Eight International conference on Harmful Algae*, B. Reguer *et al.* (eds), June 1997 at Vigo, Spain, Xunta de Galicia and IOC of Unesco, pp : 80-83.

Sournia A., 1978 - *Phytoplankton manuel*, UNESCO, 337 pp.

Tahri Joutei L., 1995 - *Etude de la surveillance du phytoplancton toxique sur la Méditerranée marocaine dans la région de Tétouan. (Restinga...Kaâ Sras)*. Mémoire de 3^{ème} cycle Agronomie, IAV Hassan II, Rabat. 115 pp.

Tahri Joutei L., 1998 - *Gymnodinium catenatum* Graham blooms on Moroccan waters. In : *Proceedings of the Eight International conference on Harmful Algae*, B. Reguer *et al.* (eds), June 1997 at Vigo, Spain, Xunta de Galicia and IOC of Unesco, pp : 66-69.

Trégouboff G., 1957 - *Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome II*. CNRS, Paris, 130 pp.

Utermohl H., 1958 - Zur vervollkommung der quantitativen phytoplancton - Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, **9** : 1-38.

Reçu en août 2004 ; accepté en juin 2006.
Received August 2004; accepted June 2006.