

# PHENOMENE EXCEPTIONNEL D'EAUX COLOREES AU PRINTEMPS 2007 DANS LA ZONE COTIERE LIBANAISE DE ZOUK-NAHR EL KELB

**Marie Abboud Abi Saab, Milad Fakhri, Marie-Thérèse Kassab et Nada Matar**  
National Council for Scientific Research, National Center for Marines Sciences,  
P.O. Box: 534, Batroun, Lebanon  
mabisaab@ cnrs.edu.lb

(Received 23 August 2007 - Accepted 3 March 2008)

## RESUME

*Une coloration brunâtre a été détectée en mai 2007 dans les eaux côtières libanaises de la région Zouk – Nahr el Kelb. Les analyses qualitative et quantitative ont montré, en comparaison avec des données précédentes, que ce phénomène était dû principalement à l'efflorescence massive et exceptionnelle d'une diatomée centrique *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve atteignant  $1,6 \times 10^7$  cellules  $L^{-1}$  et d'un raphidophycée ichtyotoxique *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada atteignant environ  $9 \times 10^6$  cellules  $L^{-1}$ . Le maximum de cette prolifération a été situé en surface en face de la centrale électrique de Zouk où les taux de chl-a mesurés ont atteint  $32 \text{ mg.m}^{-3}$  indiquant un phénomène d'eutrophisation. Des essais ont été réalisés visant à expliquer le mécanisme de développement de cette efflorescence algale. Les conditions hydro-climatiques régnant durant une vague de chaleur réunies à la disponibilité des nutriments sont probablement la cause de développement de ce phénomène. Le risque vient du fait que les kystes benthiques produits par les cellules de *H. akashiwo* peuvent se développer chaque année quand les conditions du milieu sont favorables et ainsi l'envergure de ce phénomène peut s'élargir.*

**Mots clés :** côte libanaise, efflorescence algale, eutrophisation, microalgues nuisibles

## ABSTRACT

*A brownish coloring in the Lebanese coastal water of the area Zouk - Nahr el Kelb area was detected in May 2007. The qualitative and quantitative analyses, in comparison with preceding data, showed that this phenomenon was due mainly to the massive and exceptional bloom of both a centric diatom *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve reaching  $1,6 \times 10^7 L^{-1}$  cells and of an ichthyotoxic raphidophyte *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada reaching approximately  $9 \times 10^6 L^{-1}$  cells. The maximum of this proliferation was located in surface water opposite Zouk power plant where the measured rates of chl-a reached  $32 \text{ mg.m}^{-3}$  indicating a phenomenon of eutrophication. Attempts were made at explaining the mechanism of development of this algal bloom. The hydro-climatic conditions prevailing during a heat wave coupled with nutrient availability are probably the cause to the development of this phenomenon. The fact that the benthic cysts produced by the cells of *H. akashiwo* may*

*develop each year when the conditions of the environment become favorable thus causing a risk of the widening of this phenomenon.*

**Keywords:** Lebanese coast, algal bloom, eutrophication, harmful microalgae

## INTRODUCTION

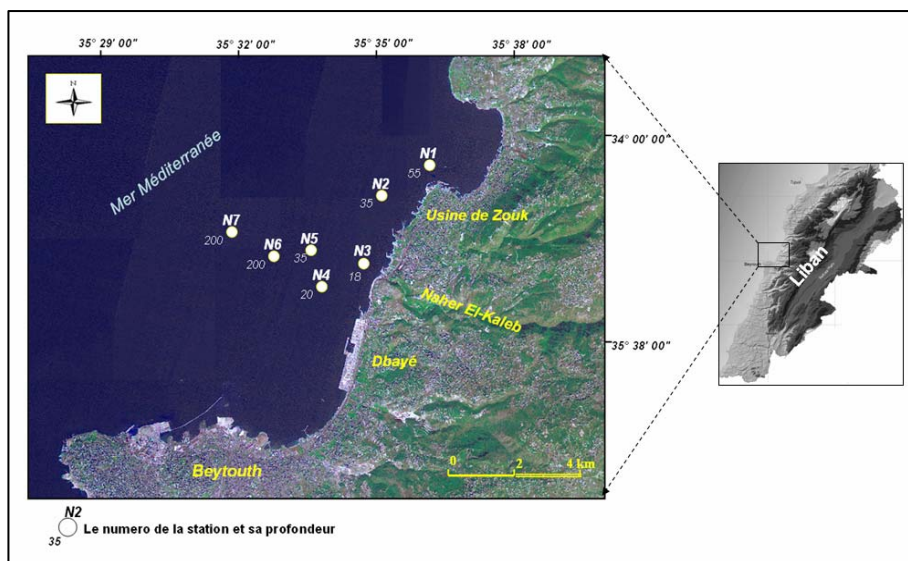
Les efflorescences algales (ou *bloom*) et les eaux rouges, aussi bien toxiques que non toxiques, se sont produites à travers toute l'histoire humaine et la première référence à une efflorescence algale nuisible apparaît dans la bible. Sous certaines conditions hydrologiques et climatologiques, des espèces peuvent se développer si intensément qu'elles arrivent à modifier la couleur apparente de la surface des mers et à conduire à des épisodes d'eaux rouges encore appelées eaux décolorées (Berland, 1996). Tandis que certaines efflorescences algales provoquent de sérieuses nuisances par leur développement exubérant, d'autres sont nocives en raison des toxines qu'elles produisent. Les espèces toxiques sont nettement moins nombreuses et représentent environ 2 % de la flore algale (Sournia, 1995) et comptent 99 espèces dans la dernière liste mise à jour (IOC, 2004).

La fréquence de ces phénomènes a augmenté ces 2 dernières décades et les explications proposées par la communauté scientifique se résument à quatre points : l'augmentation de la surveillance des efflorescences algales, l'augmentation de projets d'aquaculture en zone côtière, la stimulation des efflorescences de phytoplancton par eutrophisation provenant des cultures et/ou par les conditions climatologiques peu communes, et le transport des kystes de dinoflagellés par les eaux de ballast ou associés au transport des mollusques d'une région à une autre (Hallegraeff, 2003).

Dans les eaux côtières libanaises, les populations phytoplanctoniques présentent normalement un cycle annuel avec une poussée printanière composée principalement de diatomées et de quelques dinoflagellés (Abboud-Abi Saab, 1985; 1986). La morphologie rectiligne de la côte, l'absence de baies fermées et le vent d'ouest dominant dans la région constituent des facteurs aidant au mélange d'eau et à la dispersion des divers apports terrestres en augmentation, qui normalement créent un déséquilibre dans la composition chimique et biologique de l'eau. Le 8 mai 2007 lors d'une sortie dans la zone de Jounieh–Dbayé, une coloration brunâtre à rougeâtre a été remarquée particulièrement en face de Zouk. C'est la première fois qu'est mentionnée dans cette région une efflorescence algale colorant les eaux et se développant avec cette envergure et cette densité. Durant nos observations précédentes réalisées dans le cadre du programme de surveillance nationale, des colorations suspectes avaient été détectées ces dernières années au début du printemps après la vague de chaleur appelée « Chlouk », mais ces phénomènes étaient limités à un petit port et une plage fermée dans la région de Jounieh située au nord de la zone prospectée et à proximité du rejet des eaux usées à Antélias. Des études ultérieures ont montré la présence d'algues toxiques en faible densité sans jamais noter un phénomène d'intoxication (Abboud-Abi Saab & El Bakht, 1998; Abboud-Abi Saab *et al.*, 2006). Sur le plan sanitaire, les phycotoxines, poisons synthétisés par des microalgues marines, ont pris une importance croissante ces dix dernières années et leur effet toxique sur l'homme par voie alimentaire (mollusques, crustacés et poissons) est connu depuis l'antiquité. Il est alors intéressant d'exposer et d'analyser les données collectées durant le développement de ce phénomène exceptionnel et d'élaborer un mécanisme de son développement.

## MATERIEL ET METHODES

Les échantillons d'eau ont été collectés le 8 mai 2007 le matin entre 9h et 13h dans 7 stations (N1 à N7) situées dans la zone de Zouk-Nahr el Kelb en surface et à -20m de profondeur (sauf à N3 à -15 m) (Figure 1). Cette zone est touchée par les rejets continentaux



**Figure 1. Carte de la zone de Zouk-Nahr el Kelb indiquant l'emplacement et la profondeur des stations prospectées.**

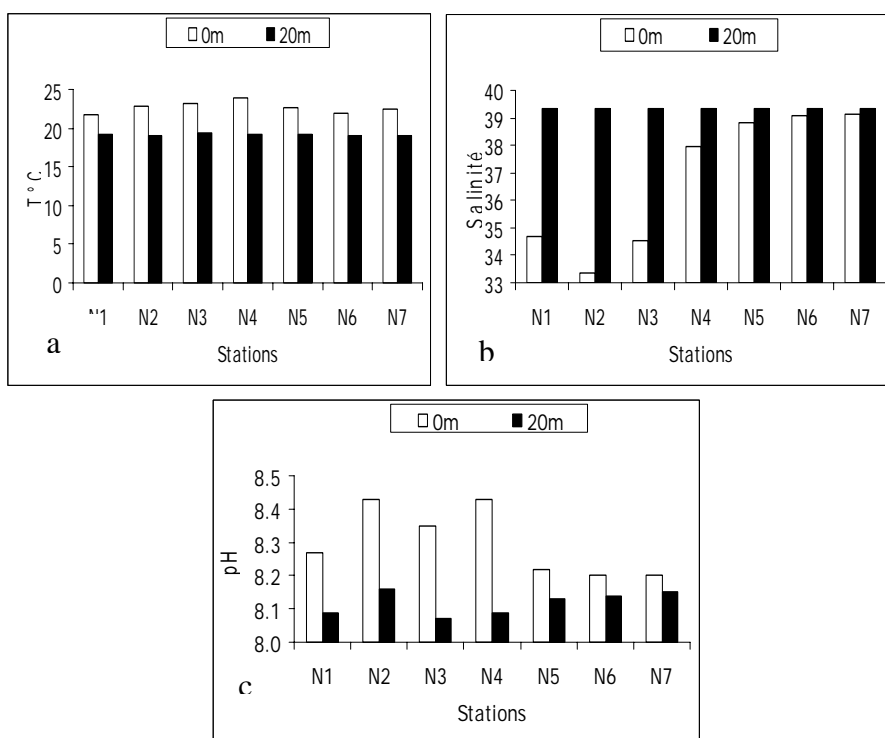
provenant de la centrale électrique de Zouk, du fleuve Nahr el Kelb et des rejets industriels de Dbayé. N1, située en face de la baie de Jounieh est affectée par le fleuve Nahr el Kelb lors de la crue et du vent d'ouest ; N2, située face à l'usine de Zouk est sur le trajet des rejets fluviaux; N3 est située en face du fleuve; N4, située au sud du fleuve vers Dbayé est touchée par les eaux du fleuve, surtout au moment du vent nord, et par les rejets industriels; N5, N6 et N7 sont situées sur un transect perpendiculaire au fleuve. Les coordonnées et la profondeur des stations prospectées sont notées sur la Figure 1.

Les échantillons de surface ont été collectés à l'aide d'un seau de 10 litres et ceux de -20m à l'aide d'une bouteille à renversement Hydro-Bios munie d'un thermomètre à renversement (précision  $\pm 0^{\circ} 01^{\circ}\text{C}$ ) pour mesurer la température. La salinité a été mesurée par la méthode conductimétrique au moyen d'un salinomètre Beckman modèle R S7-C. L'échelle sur laquelle elle est mesurée est PSS78 (Practical Salinity Scale, 1978). Les eaux destinées à l'analyse des sels nutritifs ont été stockées, sans filtration préalable, dans des flacons en polyéthylène et congelées ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à leur analyse, environ 2 semaines plus tard. Les ions orthophosphates ( $\text{P-PO}_4$ ) ont été analysés suivant la méthode de Murphy et Riley (1962), les nitrites ( $\text{N-NO}_2$ ) selon Bendschneider et Robinson (1952) et les nitrates ( $\text{N-NO}_3$ ) selon Strickland et Parsons (1968). La concentration en chlorophylle-*a* a été mesurée par spectrophotométrie selon la méthode de Lorenzen (1967). Les échantillons d'eau ont été

filtrés à basse pression à travers des filtres Whatmann GF/C. Les pigments extraits par de l'acétone 90% en maintenant les filtrats broyés durant 24 h à l'obscurité et au frigo. Les échantillons d'eau, destinés à l'étude microscopique ont été fixés immédiatement au Lugol (5%). Les populations phytoplanctoniques ont été comptées selon la méthode d'Utermöhl (1985) après sédimentation dans un tube de 100cc pour le niveau -20m et de 10 ou 50 cc selon la densité des cellules pour les échantillons de surface. Ce sont les cellules et non les colonies qui ont été dénombrées. On note que l'échantillon d'eau collecté à la station N7 en surface et préservé pour le comptage microscopique était turbide et présentait une couche d'huile, ce qui a rendu le comptage impossible.

**RESULTATS**

Les résultats des paramètres hydrologiques et hydrobiologiques sont présentés successivement dans les figures 2a, b, c et 3a, b et c. La température a été entre 21,8 °C et 24°C en surface et entre 19 °C et 19,3 °C à -20m. La salinité a varié entre 33,36 à N2 et 39,15 à N7 en surface et a été de 39,33 à -20m. Les valeurs de pH étaient plus élevées aux stations côtières et en surface que pour les stations de pleine mer et en profondeur. Les concentrations de P-PO<sub>4</sub> ont varié entre 0,10 à N7 et 1,15 µM. L<sup>-1</sup> à N2.



**Figure 2. Variations spatiales de la température (a), de la salinité (b) et du pH (c) dans la zone de Zouk-Nahr el Kelb.**

Pour les teneurs en nitrites, les 4 stations les plus touchées par les eaux douces ont présenté des valeurs plus élevées que les 3 autres; de plus, un phénomène inhabituel a été noté à N2 où les taux de nitrites en surface étaient plus élevés que ceux de nitrates et a varié entre 0,08 et 0,26  $\mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$ . Les teneurs en nitrates ont varié entre 0,07 à N2 et 8,23  $\mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$  à N7

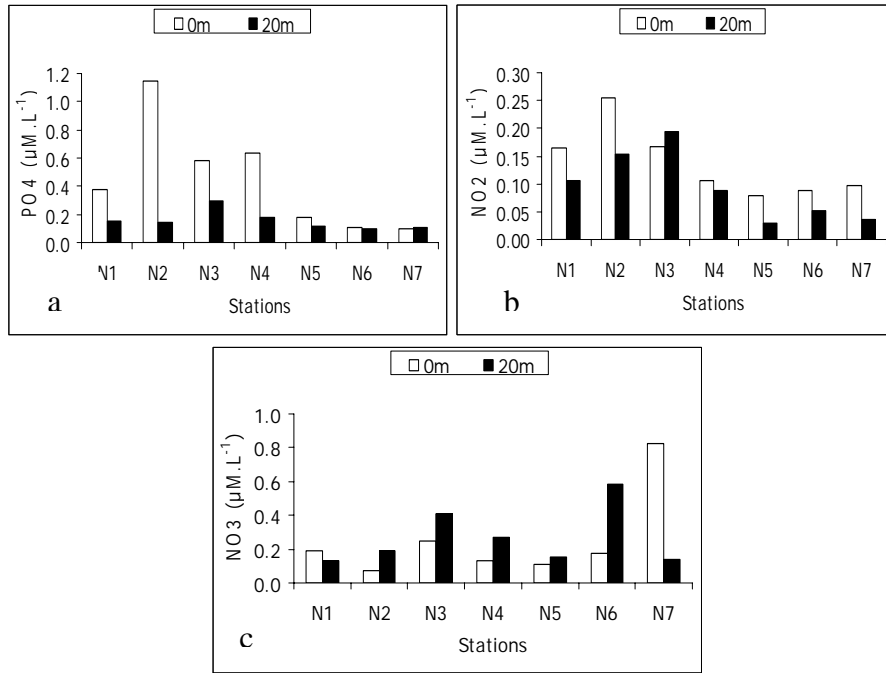


Figure 3. Variations spatiales des ions orthophosphates (a), des ions nitrites (b) et des ions nitrates (c) dans la zone de Zouk-Nahr el Kelb.

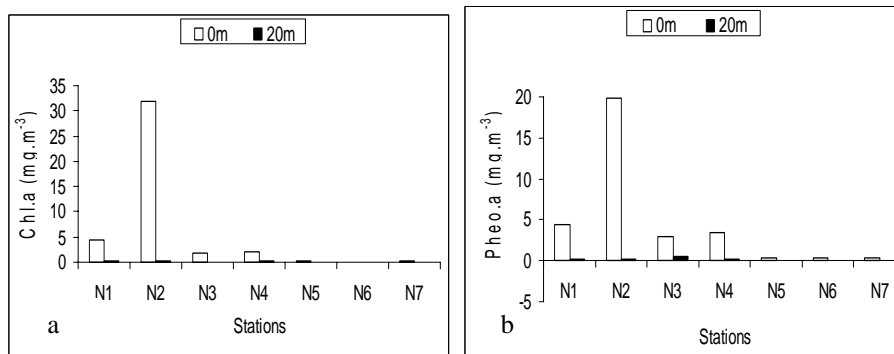
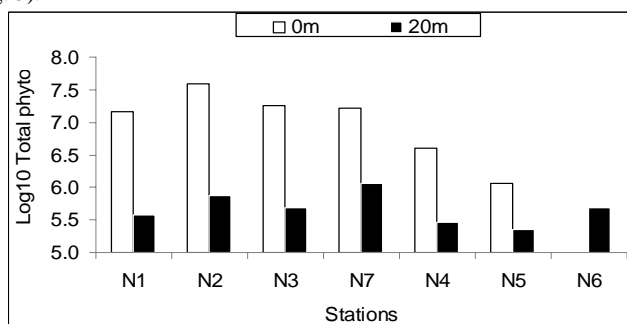


Figure 4. Variations spatiales des teneurs en chl-a (a) et des phéopigments (b) dans la zone de Zouk-Nahr el Kelb.

(Fig. 3). Les concentrations de chl-*a* ont présenté de larges variations entre les stations avec des valeurs allant de 31,89 mg.m<sup>-3</sup> à N2 à 0,07 mg.m<sup>-3</sup> à N6 en surface et entre 0,06 et 0,37 mg.m<sup>-3</sup> à -20 m ;les phéopigments ont suivi presque la même allure (Fig. 4).

Le total nano et microphytoplanctonique a présenté des valeurs élevées de l'ordre du million et a oscillé entre 1,2 × 10<sup>6</sup> à N5 et 39,5 × 10<sup>6</sup> cellules L<sup>-1</sup> à N2 en surface alors qu' à -20m les densités étaient faibles et ont varié entre 0,2 × 10<sup>6</sup> (N6) et 1,2 × 10<sup>6</sup> cellules L<sup>-1</sup> (N4) (Fig. 5).

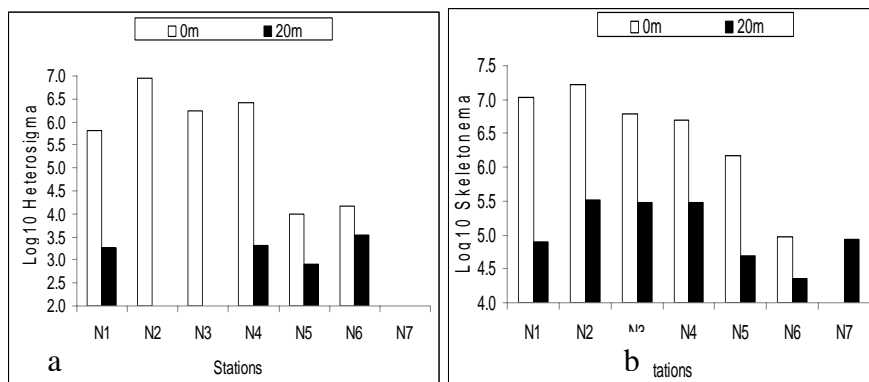


**Figure 5. Variations spatiales du total phytoplanctonique dans la zone de Zouk -Nahr el Kelb.**

L'analyse qualitative des populations algales a montré la dominance de 2 espèces : une diatomée centrique commune au Liban *Skeletonema costatum* qui se développe normalement dans les eaux libanaises au début du printemps surtout dans les zones littorales touchées par une dessalure, et d'un phytoflagellé appartenant à la classe de raphidophycées *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada, 1967 (= *H. carterae* (Hulburt) Taylor trouvé pour la première fois en faible nombre dans les zones côtières touchées par les eaux usées (données non publiées). La densité de *S. costatum* a varié entre 1,7 × 10<sup>7</sup> cellules L<sup>-1</sup> à N2 et 93 × 10<sup>3</sup> à N7 et *H. akashiwo* entre 10 × 10<sup>3</sup> à N5 et 8,8 × 10<sup>3</sup> cellules L<sup>-1</sup> à N2 en surface; à -20m, cette espèce a été trouvée en faibles nombres seulement dans certaines stations (N1, N4 et N5) et absente au moins dans le volume d'échantillon compté des autres stations (N2, N3 et N6) (Fig. 6). Notons que les densités de toutes les populations ont diminué progressivement en s'éloignant vers le large aux 2 niveaux étudiés. Les 2 espèces dominantes étaient accompagnées par d'autres espèces abondantes normalement présentes durant la période printanière mais de moindre densité comme les diatomées *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros curvisetus* et les dinoflagellés *Scrippsiella trochoidea* à N1 et *Prorocentrum triestinum* dans les stations côtières, les euglénophycées *Eutreptiella* spp de N2 à N4 (stations touchées par la dessalure).

## DISCUSSION

D'après les résultats présentés ci-dessus, il paraît que le foyer de cette efflorescence algale dans la zone étudiée était aux environs de N2 en surface et le phénomène s'est étendu aux stations touchées par la dessalure. Cette station a présenté la salinité la plus basse, les taux de pH, de nitrites, d'orthophosphates, de chl-*a* et des densités phytoplanctoniques les plus élevées.



**Figure 6. Variations spatiales des espèces dominantes *Heterosigma akashiwo* (a) et *Skeletonema costatum* (b) dans la zone de Zouk-Nahr el Kelb.**

Par contre, à -20 m, les valeurs de température et de salinité étaient homogènes et les taux de chl-*a* ainsi que les densités des cellules phytoplanctoniques nuisibles étaient relativement faibles; ce qui était le cas pour les stations du large aux 2 niveaux; cette efflorescence algale était donc limitée aux eaux côtières et uniquement en surface. Les valeurs élevées en nitrates à N7 suggèrent la présence de traces d'eau traversant le dépotoir de Dora (Sud de Dbayé) charriées par le courant de direction SE-NO dans lesquelles les nitrates ne sont pas encore utilisés. Alors qu'à N2, les taux relativement bas de nitrates et le taux élevé de nitrites seraient dus au développement intensif des cellules phytoplanctoniques conduisant à une accumulation des cellules suivie d'un début de dégradation avec une activité bactérienne rapide accompagnée d'une demande en oxygène; par ce fait, les nitrates N-NO<sub>3</sub> cèdent l'oxygène et se transforment en nitrites N-NO<sub>2</sub>.

Concernant *Heterosigma akashiwo*, les recherches réalisées dans certaines zones de l'océan mondial touchées par cette espèce ont montré qu'il s'agit d'une cellule de petite taille (L = 10-25 μm l = 8-13 μm) aplatie dorso-ventralement et dont la forme varie de sphérique à ovale à oblong selon l'âge de la cellule; elle présente de 10 à 30 chloroplastes jaune à jaune brune localisées sur la périphérie de la cellule (Hallegraeff & Hara, 2003); sa nature délicate (absence d'une paroi cellulaire ferme) ne permet pas une bonne conservation par les fixateurs habituels (Billard & Chrétiennot-Dinet, 1995). C'est une espèce côtière euryhaline (Tomas, 1978) eurytherme capable de proliférer massivement grâce à son action allélopathique sur les autres phytoplanctons et au dédain que porte le zooplancton à son égard (brouillage limité), au moment même où sont réunies des conditions hydro-climatiques favorables au déclenchement des eaux colorées (Nezan & Piclet, 1996). C'est une espèce ichthyotoxique qui libère dans l'eau des substances qui, par effet d'hémolyse, attaquent les cellules épithéliales des branchies et des parois digestives des poissons. Ainsi, Yang *et al.* (1995) ont montré d'une part la production de radicaux superoxyde (O<sup>2-</sup>) et hydroxyle (OH<sup>-</sup>) par cette espèce et Onoue et Nozawa (1989) ont montré d'autre part la production d'une neurotoxine. Une production d'acides gras libres, notamment l'acide eicosapentaénoïque causée par des efflorescences de raphidophycées, joue un rôle dans la mortalité massive des poissons (Marshall *et al.*, 2002). Comme partie de son cycle, cette espèce produit des kystes

benthiques consistant en une masse agglutinée de cellules brunes non mobiles de formes et de dimensions différentes (Tomas, 1978). L'écophysiologie et la dynamique des efflorescences de cette espèce sont bien détaillées par Smayda (1998). Cette espèce est largement trouvée dans les eaux côtières et saumâtres du Pacifique et de l'Atlantique et produit des eaux colorées au Japon sans jamais causer des mortalités chez les poissons ; par contre, elle constitue un problème pour l'aquaculture des « *finfish* » en Colombie Britannique, dans l'état de Washington, en Nouvelle Zélande et Chili (Hallegraeff & Hara, 2003) alors qu'en Bretagne (France) des mortalités de poissons ont été notées à partir d'août 1992 lors de prolifération de *H. akashiwo* (Nezan *et al.*, 1995).

La diatomée *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve est une espèce très commune sur la côte libanaise. Elle apparaît en février de chaque année en nombre variable selon les conditions environnementales régnant dans les stations prospectées, assez important dans les zones côtières enrichies par des apports continentaux et parfois en automne. Des *blooms* de *S. costatum* peuvent avoir un impact néfaste sur les poissons; en Norvège, des poissons d'élevage perdent l'appétit et le pouvoir de résistance contre les infections quand ils sont exposés aux apparitions régulières de *blooms* de *Skeletonema costatum* tout le long de la côte norvégienne (Tangen, 1999).

Un certain nombre de points concernant la dynamique de cette efflorescence sont à clarifier. Il semble que l'extension du panache des eaux douces riches en nitrates influencée par l'hydrodynamisme local et les vents dominants du secteur est le facteur explicatif de cette accumulation. Les mécanismes qui auraient conduit à ce phénomène par la conjonction de plusieurs paramètres peuvent être résumés comme suit: l'homéothermie hivernale dans la colonne d'eau facilite le mélange d'eau et la remontée des sels nutritifs en surface déjà épuisés en été; l'élévation progressive de la température au début du printemps favorise la poussée printanière et la stratification des couches d'eau par l'installation progressive de la thermocline (Abboud-Abi Saab *et al.*, 2004) ; il arrive que la vague de chaleur appelée « Chlouk » accompagnée d'une mer plate, fréquente au début du printemps dure 3 à 6 jours et provoque une élévation brusque de la température en surface de la mer; tout ceci favorise le développement des cellules opportunes de petites tailles formant une nappe superficielle continue si les conditions météorologiques sont stables. Les changements de l'état de la mer peuvent disloquer cette nappe et l'épuisement des sels nutritifs peut ralentir ce phénomène ; étant donnée que la zone est continuellement alimentée par les eaux du fleuve et des rejets d'eaux chaudes provenant des refroidissements des turbines de la centrale électrique du Zouk, le phénomène est surtout contrôlé par l'état de la mer.

Il serait prudent de surveiller le développement de l'espèce nuisible *H. akashiwo*, qui était rarement notée dans nos eaux en faible densité, pour en comprendre la prolifération.

## CONCLUSION

On peut conclure que les conditions hydro-climatiques régnant durant la vague de chaleur réunies à la disponibilité des taux élevés de nutriments sont probablement la cause de développement de ce phénomène. Des suivies, plus fréquentes, à long terme pourraient sans doute apporter plus de renseignements sur ce phénomène dans cette région. Les facteurs physiques et chimiques permettent le développement de *blooms* mais il serait bon de mieux connaître l'impact du broutage sur le déroulement de la floraison et la sénescence de *bloom* ainsi que les mécanismes responsables du déclin ou de la dispersion de l'efflorescence.

Un programme de surveillance devrait intégrer dans sa stratégie un accroissement des informations sur les conditions environnementales et les mécanismes qui conduisent à des efflorescences d'espèces toxiques ou nuisibles dans les eaux littorales libanaises d'autant plus que ces espèces peuvent prendre des formes végétatives ou des formes enkystées.

Si ce phénomène devient fréquent, le scénario qu'on pourrait attendre va être plus ou moins semblable à ce qui s'est passé dans d'autres zones de la Méditerranée ; par exemple au nord de l'Adriatique, le bloom occasionnel avant 1975 est devenu permanent et important causant de sérieux problèmes à l'environnement, au tourisme et à la pêche. L'eutrophisation temporaire peut devenir une situation chronique d'hypertrophie. Les côtes libanaises sont relativement épargnées, mais avec ce rythme de recrudescence dans l'environnement, des blooms plus fréquents et plus longs sont à prévoir avec une situation d'anoxie qui toucherait la zone benthique provoquant la mortalité des poissons, le changement de couleur de l'eau, l'altération des caractéristiques organoleptiques de l'eau et des émissions d'odeurs désagréables dans l'air. A long terme, ces conditions pourraient causer une raréfaction et peut être la disparition des organismes sensibles à cette dystrophie. Un programme de surveillance régulière à rythme bimensuel et hebdomadaire durant les périodes de blooms couvrant la zone touchée est impératif pour suivre l'évolution de ce phénomène.

#### REFERENCES

- Abboud-Abi Saab, M. 1985. Etude quantitative et qualitative du phytoplancton des eaux côtières libanaises. *Leb. Sci. Bull.*, 1(2): 197-222.
- Abboud-Abi Saab, M. 1986. Contribution à l'étude de la poussée phytoplanctonique printanière dans les eaux côtières libanaises. *Leb. Sci. Bull.*, 2(1): 29-51.
- Abboud-Abi Saab, M. and El-Bakht, Y. 1998. Dominant and potentially toxic microalgae in Lebanese coastal waters. In: *Harmful algae*, Reguera, B, Blanco, J., Fernandez, M.L. and Wyatt, T., Eds., Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, p. 92.
- Abboud-Abi Saab, M., Romano, J.-C., Bensoussan, N. et Fakhri, M. 2004. Suivis temporels comparés de la structure thermique d'eaux côtières libanaises (Batroun) et françaises (Marseille) entre juin 1999 et octobre 2002. *C.R. Geoscience*, 336: 1379-1390.
- Abboud-Abi Saab, M., Chedid, S., Kassab, M.T. 2006. The effect of environmental factors on the development of potentially harmful microalgae in fishing harbours in the Lebanese waters (Eastern Mediterranean). In: A. Chouikhi and H.H Kouyoumjian, *Protection of coastal & marine environment*, Inter-Islami Science and Technology Network on Oceanography (INOC), pp. 15-28.
- Bendshneider, K., Robinson, R-J. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11: 87-96.
- Berland, B. 1996. Introduction . In: *Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises, écologie, écophysiole, toxicologie*. Berland et Lassus, eds, IFREMER, pp. 9-12.
- Billard, C. et Chrétiennot-Dinet, M.-J. 1995. Metodos para el estudio de los fitoflagelados. In: *Manual de metodos ficologicos*, Alveal K., Ferrario M.E., Oliverira E.C. and Sar E., Eds), pp. 25-53.
- Hallegraeff, G.M. 2003. Harmful algal blooms: a global overview.. In: *Manual on harmful marine microalgae*, Hallegraeff, Anderson & Cembella (Eds), UNESCO Publishing, pp. 25-49.

- Hallegraeff, G.M. and Hara, Y. 2003. Taxonomy of harmful marine raphidophytes, pp. 511-522. In: *Manual on harmful marine microalgae*, Hallegraeff, Anderson & Cembella ( eds), UNESCO Publishing, 793 pp.
- IOC 2004. IOC taxonomic reference list of toxic algae. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Moestrup, Ø., ed., [ioc.unesco.org/hab/data.htm](http://ioc.unesco.org/hab/data.htm).
- Lorenzen, C.-J. 1967. Determination of chlorophyll and pheophytin: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-346.
- Marshall, J.A., Nichols, P.D., Hallegraeff, G.M. 2002. Chemotaxonomic survey of sterols and fatty acids in six marine raphidophyte algae. *J. Applied Phycol.*, 14(4):255-265.
- Murphy, J. and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27: 31-36.
- Nezan, E. et Piclet, G. 1996. Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton. IFREMER, Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral ,66pp.
- Nezan, E., Billard, C. & Piclet, G. 1995. Une nouvelle algue toxique sur les côtes françaises. *La Recherche*, 26 (273): 194-195.
- Onoue, Y. and Nozawa, K. 1989. Separation of toxin from harmful red tides occurring along the coast of Kagoshima Prefecture. In: T. Okaichi, D.M. Anderson and T. Nemoto (eds), *Red tides: biology, environmental science and toxicology*, New York, Elsevier Science Inc., pp. 371-374.
- Smayda, T.J. 1998. Ecophysiology and bloom dynamics of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae). In: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*, Anderson, D.M., Cembella, A.D. and Hallegraeff, G.M., eds., Springer-Verlag, Berlin, pp. 113-132.
- 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-LeBaut C (eds), *Harmful Marine Algal Blooms*, Lavoisier Publishing, Intercept Ltd., Paris, 103-112.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167: 311pp.
- Tangen, K. 1999. Skadelig plankton I fiskeoppdrett. In: Trygve Poppe (ed.), Fiskehelse og fiskesydommer, Oslo, Universitets forlaget AS, pp. 252-256.
- Tomas, C.R. 1978. *Olisthodiscus luteus* (Chrysophyceae). Formation and survival of a benthic stage. *J. Phycol.*, 14: 314-319.
- Utermöhl, H. 1985. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.*, 9: 1-38.
- Yang, C.Z., Albright, L.J., Yousif, A.N. 1995. Oxygen-radical mediated effects of the toxic phytoplankter *Heterosigma carterae* on juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases Aq. Org.*, 33: 101-108.