EVENTUALITE D'UN TRANSFERT DU PHYTOPLANCTON TOXIQUE DES MILIEUX PORTUAIRES DU GOLFE DE GABES VERS LES ZONES DE PRODUCTION DE COQUILLAGE

Hela DAMMAK-ZOUARI[1]*, A. HAMZA[2] et A. BOUAIN[1]
1-Faculté des Sciences de Sfax,
2- INSTM centre de Sfax
*Dammakr@yahoo.fr

ملخص

إمكانية تحول بعض الطحالب المجهرية السامة من موانئ خليج قابس نحو مناطق إنتاج القفالة : أثبتت عديد الدراسات أن البواخر و مياه "بلاست" يمكن أن تتسبب في نقل وانتشار عدة كائنات جديدة من محيط إلى آخر. الطحالب المهجرية هي أحسن صورة لهذا الانتقال إلا أنها يمكن أن تتسبب في عدة إشكاليات بيئية أو حتى صحية و بالتالي اقتصادية لم تستطيع أن تفرزه من سموم.

لمتابعة مدى انتشار و تأقلم الطحالب المهجرية السامة وغزوها لمناطق إنتاج القوقعيات في خليج قابس قمنا بمتابعة مياه الموانئ و دراسة هذه الكائنات بالجهة لمدة تقارب 4 سنوات وحددنا النوعيات السامة و كيفية تنقلها من موقع إلى آخر.

الكلمات المفاتيح : موانئ- الطحلب السام - مياه "بلاست"- تحول- شبكة مراقبة.

RESUME

Il est connu que les ports soumis à un trafic maritime intense réceptionnent éventuellement les eaux de ballast des navires en provenance de diverses contrées océaniques. De part le monde, le transfert et l'invasion de plusieurs espèces nuisibles via le déversement des eaux de ballast et le fouling des coques des navires ont été amplement mis en cause ces derniers temps. Ces introductions peuvent causer de nombreux dégâts aux secteurs avoisinants et notamment dans les zones de production des coquillages surtout si les espèces introduites sont constituées de phytoplancton toxique.

Au terme de 4 années de suivi de la qualité phytoplanctonique des milieux portuaires du golfe de Gabès, nous avons pu inventorier certaines espèces toxiques pour la plupart nouvelles pour la flore phytoplanctonique du golfe à savoir l'*Alexandrium margalefi* Balech, l'*A. fundyense* Balech, l'*A. insuetum* Balech, l'*A. ostenfeldii* Balech et tangen, le *Gymnodinium catenaum* Graham et le *Karenia papilionacea* Haywood et Steidinger. Dans cette étude nous avons essayé de suivre l'évolution de ces espèces, du milieu portuaire vers les zones avoisinantes de production des coquillages. La nécessité d'instaurer un programme d'étude et de surveillance de ces transferts apparaît donc imminente.

Mots clés : Trafic portuaire, phytoplancton toxique, transfert, eaux de ballast, Réseau de surveillance.

ABSTRACT

Eventuality of toxic phytoplancton transfer from harbour area of gabes gulf toward shellfish production area : There is a strong evidence that harbours submitted to an intense maritime traffic receive ballast waters of ship possibly coming from various oceanic regions and parts of the world. The transfer and the invasion of several harmful species via ballast waters tipping and ship fouling have been amply summoned these last times. These introductions can cause many damages to the neighbouring sectors and particularly in zones of shellfish production mainly if the introduced species are constituted of harmful phytoplankton.

At the end of a 4 years survey for phytoplankton quality of harbours surrounding the Gabes gulf, some toxic species were inventoried, some of them being new ones in the context of the Gulf phytoplankton flora such as *Alexandrium margalefi*, *A. fundyense*, *A. insuetum*, *A. ostenfeldii*, *Gymnodinium catenaum* and *Karenia papilionacea*.

In this survey we tried to follow the evolution of these species, from the harbours areas toward bordering shellfish production areas. There is an urgent need to set up a monitoring program for these transfers .

Key words : Harbour traffic, toxic phytoplankton, transfert, ballast waters, monitoring network.

INTRODUCTION

Les navires qui sillonnent les mers et les océans sont, de nos jours, non seulement incriminés pour la pollution qu'ils engendrent et son impact sur l'écosystème marin mais, sont accusés des perturbations écologiques qu'ils peuvent déclencher

résultant des phénomènes de transfert des espèces d'un milieu à un autre (Hallegraeff et *al.*, 1995).
Les eaux de ballast sont de nos jours de plus en plus incriminées dans les problèmes d'introduction et de dispersion d'organismes marins exotiques d'une région à une autre (Rigby et *al.,* 1993 ; Bolch et Hallegraeff, 1990). En Amérique du Nord, la moule Zebra, *Dreissina polymorpha* a été introduite via les eaux de ballast essentiellement à Lake Saint Clair. Cette mollusque à causer d'énormes conséquences environnementales, économiques et industrielles dépassant les 5 billions $ (Dochoda et *al*., 1991). Vinogradov et *al*., 1989 ont considéré les eaux de ballast comme vecteur d'introduction de l'Americain Atlantique comb jelly *Mnemiopsis leidyi* dans la Mer Noir. De même Mc Carthy et Khambaty ont montré en 1994 que le Choléra introduite *via* les eaux de ballast peut présenter des problèmes sanitaires dans certaines zones. Carlton et *al*., 1995 ont pu estimer que plus de 3000 espèces sont transportés par les navires chaque jours, et 40 invasions récent ont été effectué par les eaux de ballast.
Le phytoplancton est un des composants de cette dispersion et les risques deviennent à ce moment majeurs si les espèces introduites sont parmi celles qui sont classées toxiques. Le dinoflagellé toxique *Gymnodinium catenatum* qui est le premier installé dans les estuaires Derwet et Huon de Tasmanie en 1972 était responsable de la fermeture du collecte de palourde à cause du niveau élevé du toxine de type PSP (Hallegraeff et Bolch 1992, Mc Minn et *al.*, 1997).
Le golfe de Gabès constitue le principal pôle de production conchylicole du pays. Cette région est aussi connue par ses infrastructures portuaires et le grand trafic maritime y afférant.
La présente étude, effectuée depuis 2001, dans les ports de commerce de Sfax et de Zarzis et les étangs de ballastage du Terminal Pétrolier du TRAPSA a permis à la fois de renforcer le réseau national de surveillance phytoplanctonique établi dans la région depuis 1995, d'améliorer le niveau des connaissances sur la diversité phytoplanctonique de ces milieux dégradés, d'identifier les espèces introduites et d'évaluer leur pouvoir d'acclimatation dans notre région.

MATERIELS ET METHODES

Nos prélèvement d'eau de mer pour les analyses phytoplanctoniques sont effectués entre 0.5 et 1 mètre de profondeur depuis la surface moyennant des bouteilles spécifiques d'un litre de contenance. L'échantillonnage a été réalisé au niveau de 4 stations dans le port de commerce de Sfax (R_4, R_5, R_6 et R_7), et 3 stations dans le port de pêche de Sfax (R_1, R_2 et R_3) et une station témoin R8 située un peu au Nord de la zone industrielle « Poudrière » (Fig.1).

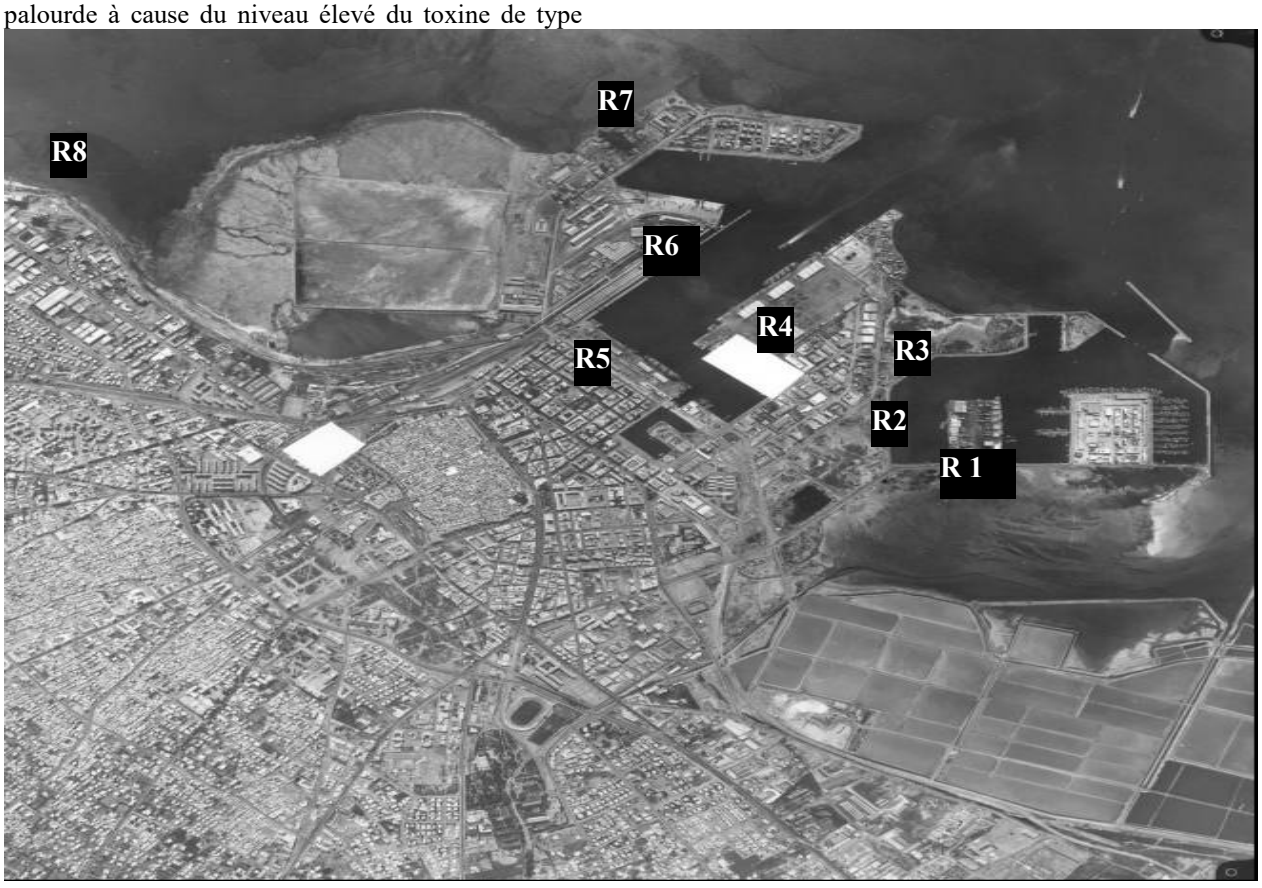


Fig. 1: Stations d'échantillonnage dans les ports de Sfax. R_1, R_2 et R_3 localisées au port de pêche; R_4, R_5 et R_6 localisées au port de commerce et R_7 et R_8 sont situées dans la zone maritime de Sfax.

Des prélèvements ont été effectués dans 9 stations pour le port de commerce de Zarzis. Pour le Terminal
pétrolier du TRAPSA, nous avons prélevé au niveau des étangs de ballastage, dans la zone de communication avec le milieu marin et aussi dans les citernes de jauge des navires (Fig.2).

Dans le gouvernorat de Sfax 6 zones de collecte de mollusques bivalves vivants ont été définies s'étendant depuis Ellouza jusqu'à la délégation de Skhira. Pour cette frange du littoral du golfe de Gabès 7 points ont été sélectionnés pour l'échantillonnage phytoplanctonique (Ellouza, El Awabed, Tabia, Mahrès, Ras Younga, Jaboussa et Skhira) (Fig. 2). La détermination et le dénombrement des échantillons, mis dans des cuves de sédimentation sont réalisés au moyen d'un microscope inversé par la méthode d'Uthermohl (1958) *in* Sournia (1978). Pour les Dinoflagellés sans thèque l'identification des espèces nécessite l'observation de la ceinture et des sillons. Elle est facilitée par des objectifs à faible distance focale ou même une simple manœuvre du microscope tel que l'ouverture accentuée du diaphragme iris et le déplacement du condenseur. Pour les Dinoflagellés à plaques cellulosiques surtout les Péridiniales il est parfois nécessaire de déterminer la tabulation c'est à dire le nombre, la forme et la disposition des plaques et de mettre en évidence la soudure des plaques. Pour cela on isole l'espèce à l'aide d'une micropipette Pasteur puis on la place entre lame et lamelle et on essaye de tapoter sur la lamelle pour que l'hypothèque et l'épithèque se dégagent et se séparent. L'ajout d'une goutte de d'eau de Javel concentré au bord de la lamelle puis une simple pression sur celle ci nous conduit au même résultat (Sournia, 1978).

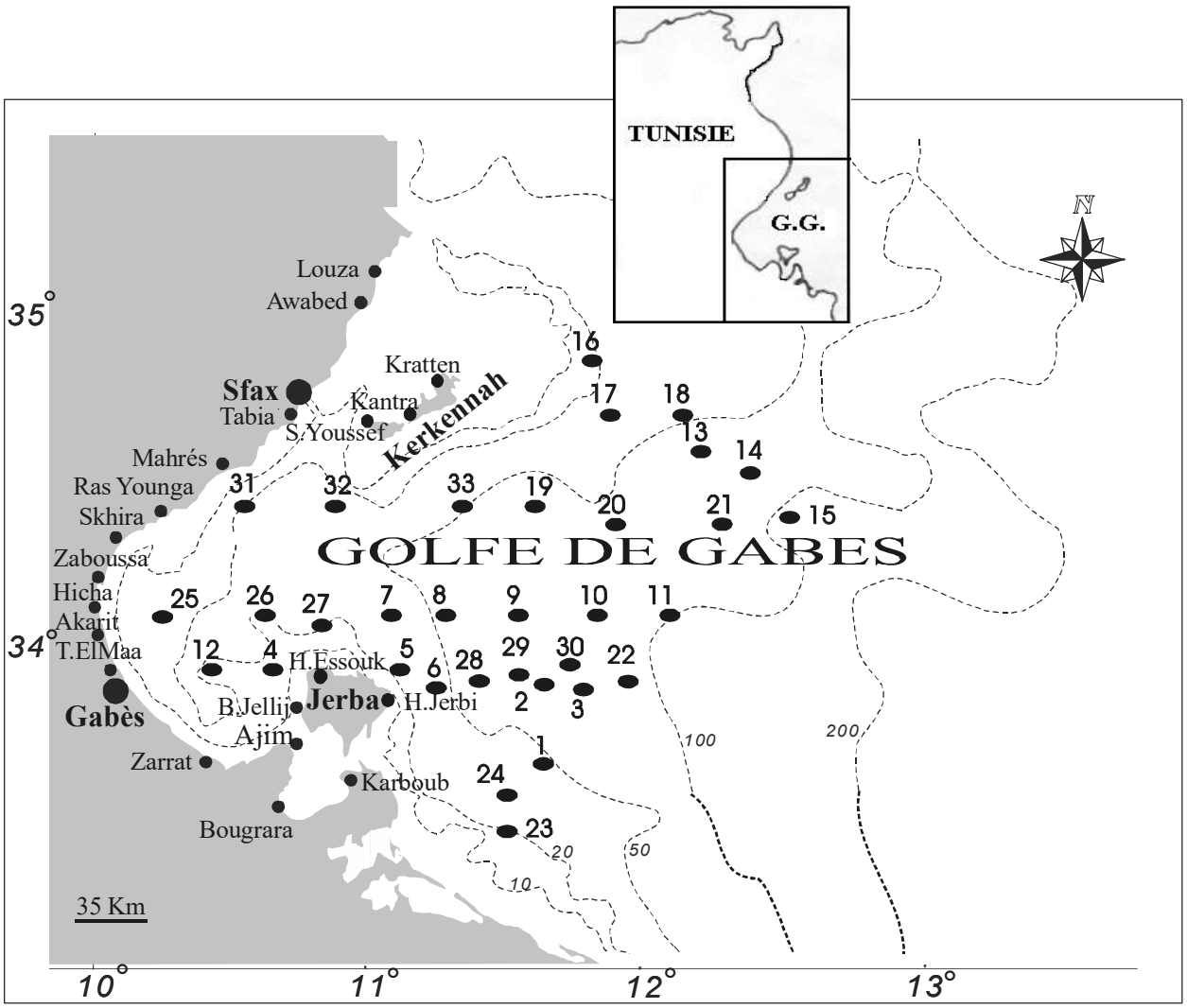


Fig. 2: Carte du Golfe de Gabès et des stations de prélèvement du réseau de surveillance phytoplanctonique. Les stations sélectionnées pour l'étude correspondent aux points Louza, El Awabed, Tabia, Mahrès, Ras Younga, Skhira et Zaboussa.

RESULTATS

Chez les Dinophyceae marines, au sein de la famille des Goniodomataceae, le genre *Alexandrium* mérite le plus d'attention surtout dans les programmes de surveillance du fait que ce genre comprend plusieurs espèces toxiques. De plus, de nombreuses espèces appartenant à ce groupe, ont un pouvoir d'enkystement ce qui augmente le risque de contamination d'une zone. En effet, ces kystes jouent un rôle très important dans le cycle de vie des dinoflagellés, car étant présents dans le sédiment ils facilitent le rétablissement d'espèces et leur extension géographique (Sonneman et Hill, 1997).

Quatre espèces d'*Alexandrium* ont été identifiées dans les milieux portuaires, les zones d'accostage et les jauges des navires et ont été décelée par la suite dans les zones côtières avoisinantes : *Alexandrium margalefi*, *Alexandrium fundyense*, *Alexandrium insuetum* et *Alexandrium ostenfeldii*.

En effet, nous avons remarqué l'accroissement de l'aire de répartition d'*Alexandrium margalefi* depuis les ports de Sfax vers les zones de production avoisinante : Jaboussa et El Awabed. Cette espèce a été détectée pendant les trois mois de l'été 2001 dans les ports de Sfax puis nous l'avons identifiée à la fin de ce même été (août 2001) dans les zones de production des bivalves des côtes Sud de Sfax (Jaboussa et El Awabed). Le maximum (1425 Cells /l) a été détecté en août 2001 à Sfax station R_1) tandis que les concentrations moyennes était de 25 à 200 Cells /l le reste de l'année. Il est présent tous les mois à la station R7 (Fig.3).

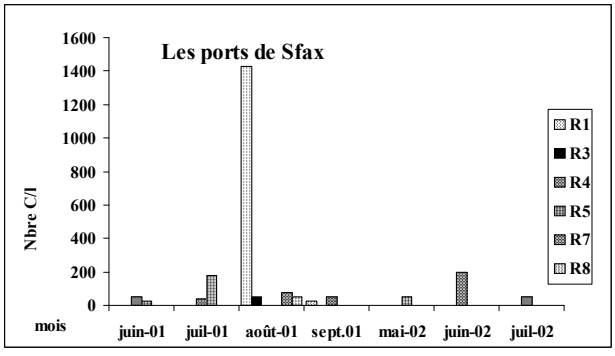
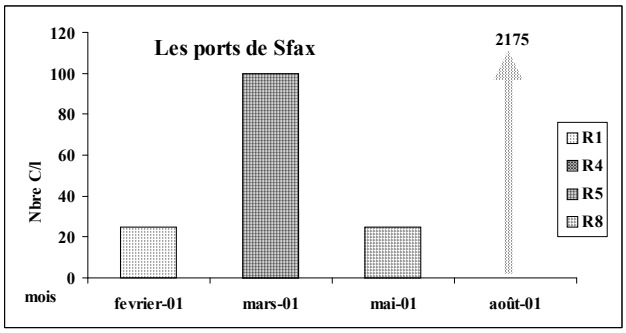


Fig. 3: Variation spatio-temporelle d'*Alexandrium margalefii* dans les ports de Sfax et dans les stations du réseau de surveillance de Sfax.

Le même phénomène a été décelé pour *Alexandrium fundyense* qui apparaît de février 2001 jusqu'à août 2001 avec un maximum de 2175 Cells /l à la station R_1 alors que les concentrations moyennes étaient de 25 à 100 Cells /l pour les autres mois de l'année dans les ports de Sfax pour regagner en octobre 2001 la zone de collecte des bivalves de Mahrès, Skhira et



Ras Younga et puis en novembre 2001 cette espèce a progressé vers la zone de Jaboussa (Fig.4).

Fig. 4: Variation spatio-temporelle d'*Alexandrium fundyense* dans les ports de Sfax et dans les stations du réseau de surveillance de Sfax.

Des observations similaires ont été faites pour *Alexandrium insuetum* qui est apparu dans les ports de Sfax de mars jusqu'à mois d'octobre 2001 avec une concentration maximale de 500 Cells /l puis a progressé vers El Awabed en août 2001 avec une densité de 100 Cells /l. De la même façon cette espèce est apparue dans ces ports en février, mars et avril 2003 et elle a regagné Ellouza en avril 2003 (Fig.5).

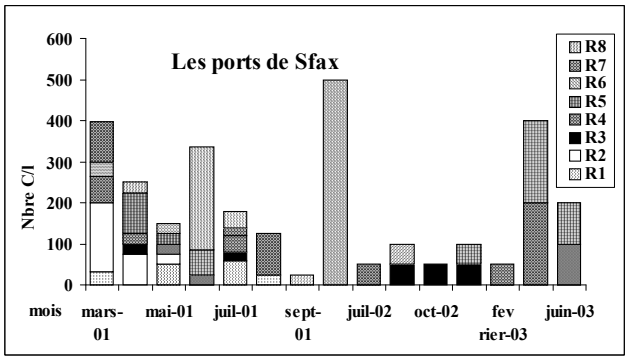


Fig. 5: Variation spatio-temporelle d'*Alexandrium insuetum* dans les ports de Sfax et dans les stations du réseau de surveillance de Sfax.

Alexandrium ostenfeldii a été signalé dans le Terminal pétrolier de Skhira en juin 2002 avec une concentration de 100 Cells /l seulement ensuite il a progressé vers Mahrès en août 2002 avec 3600 Cells /l (Fig.6).

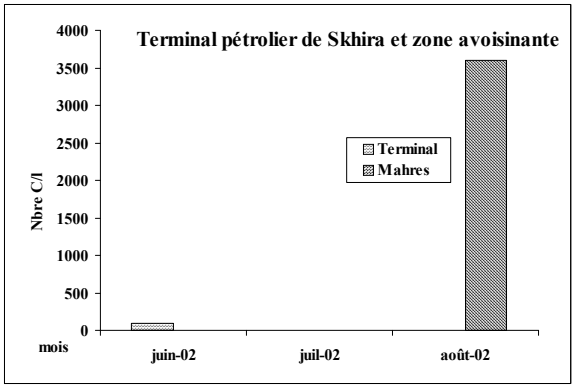


Fig. 6: Variation spatio-temporelle d'*Alexandrium ostenfeldii* dans le Terminal pétrolier de Skhira et dans la zone avoisinante du Réseau de surveillance.

La dérivation d'espèces toxiques vers les zones de collecte des palourdes a concerné aussi une espèce de Gymnodiniales à savoir *Gymnodinium catenatum*. *G. catenatum* qui est répertorié comme le seul Dinoflagellé nu responsable du syndrome PSP a été observé dans le Terminal pétrolier de Skhira en août et septembre 2002 avec un maximum de 800 Cells /l puis il a progressé vers Jaboussa en août 2002 avec 450 Cells /l. De la même façon il a été observé en juillet 2003 (100 Cells /l) dans ce même Terminal puis il a été retrouvé dans la zone de collecte de Skhira en août 2003 (1200 Cells /l) (Fig.7).

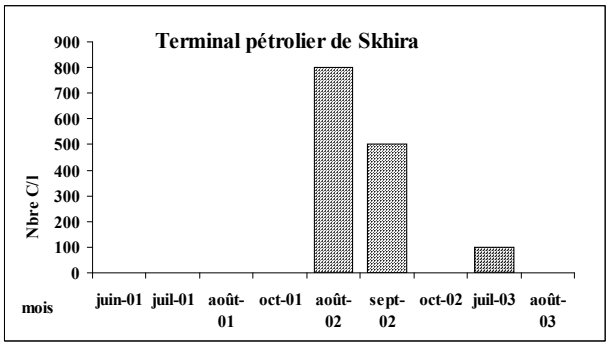


Fig. 7: Variation spatio-temporelle de *Gymnodinium catenatum* dans le Terminal pétrolier de Skhira et dans la zone avoisinante du Réseau de surveillance.

Karenia papilionacea a été enregistrée dans le port de commerce de Sfax sans progresser vers les zones de collecte avoisinante. Toutefois, son apparition dans le Terminal pétrolier de Skhira en juin et juillet 2002 (100 Cells /l) a été suivi par sa dérivation tout d'abord pendant les mois suivants octobre et décembre 2003 au large du Terminal pétrolier de Skhira puis vers les côtes Sud de Sfax essentiellement la zone de collecte de Jaboussa en août 2002 (100 Cells /l) et avec la même densité cellulaire vers la zone Ras Younga en septembre 2002 (Fig.8).

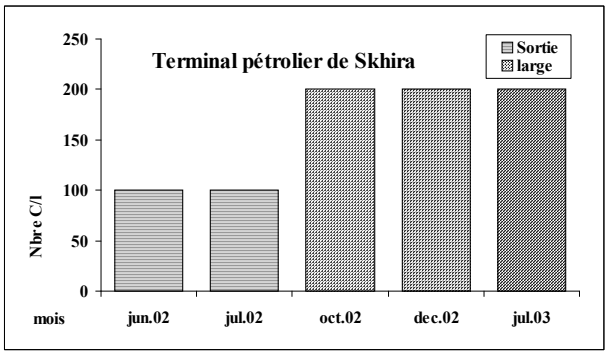


Fig. 8: Variation spatio-temporelle de *Karenia papilionacea* dans le Terminal pétrolier de Skhira et dans la zone avoisinante du Réseau de surveillance.

DISCUSSION

L'aplatissement antèro-postérieur confère à *Alexandrium margalefi* une forme trapue la rendant facilement discernable. La plaque 1', attachée à la plaque apicale est de forme hexagonale et assez bien dessinée. Cette espèce est essentiellement néritique. Elle a été signalée à maintes reprises en Méditerranée au printemps sur les côtes françaises et en Atlantique au début de l'été (Nezan et Piclet, 1993).

L'*Alexandrium fundyense* est très similaire à *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech. Les caractères qui les distinguent sont l'absence du pore ventral chez l'*Alexandrium fundyense* et la plaque 2"" est de type A pour ce dernier alors qu'elle est de type B pour l'*Alexandrium tamarense*. L'*Alexandrium fundyense* est une espèce toxique des eaux froides , elle a été reporté au côtes Atlatiques du Nord de l'Amérique (Balech, 1995).

Morphologiquement, *Alexandrium insuetum* est facilement décelable par la réticulation des thèques, et la position de la plaque 1' qui est assez décalée de la plaque apicale. Cet *Alexandrium* est classé comme espèce côtière, connu surtout au Pacifique du Nord au Japon et en Corée. En Méditerranée, il a été repéré au Sud de la France (Nezan et Piclet, 1993) et en Tunisie il a été identifié dans la liste des *Alexandrium* de la baie de Tunis (Daly Yahia–Kefi et *al*., 2001). Cette espèce a été répertoriée parmi celles qui occasionnent des eaux colorées dans le golfe du Lion (France) surtout en période estivale.

Le caractère de diagnose d'*Alexandrium ostenfeldii* c'est la forme de la plaque 1'et la position de la s a (plaque antérieure gauche) parmi les plaques sulcales (Balech, 1995). Cette espèce est décrite parmi le plancton néritique surtout en Atlantique et dans la Manche. Récemment, cette espèce est incriminée dans la production de nouvelles toxines paralysantes (PSP) décrits comme étant des spirolides (Cembella et *al*., 2000).

La particularité chez *Gymnodinium catenatum* réside essentiellement dans la forme coloniale que peuvent élaborer les cellules en s'associant en chaînettes souvent en multiple de deux. L'union cellulaire semble se faire par encastrement de l'épicône d'une cellule dans l'hypocône de la précédente. Dans le golfe de Gabès, les cellules observées dépassent 40µm et les chaînes les plus longues comptent 16 cellules. Il est important de signaler que cette organisation peut induire la confusion avec une autre espèce coloniale imputée à un autre genre le *Gymnodinium impudicum* Fraga et Bravo (espèce confirmée non toxique). La distinction entre ces deux espèces réside dans la forme plus ou moins ovale à conique avec sommet arrondi des cellules chez *Gymnodinium catenatum* et une position bien centrale du noyau. L'hypothèque plus allongée que l'épithèque présente une base plane remarquable et le

cingulum en position équatoriale est quasi fermé. Par ailleurs, cette espèce est aussi connue comme étant le seul Dinoflagellé nu responsable du syndrome PSP observé la première fois au Mexique en 1979 puis rapporté en d'autres contrées en Espagne suite à des eaux colorées (Lassus, 1988) et au Maroc où des cas de mortalité ont été même enregistrés (Tagmouti et *al.,* 1995). Des souches non toxiques ont été toutefois décrites en diverses localités et même en Méditerranée (Giaccobe et *al.,* 1995 ; Fremy et Lassus, 2001), cas de l'espèce inventoriée sur nos côtes puisqu'en situation d'alerte déclenchée suite à l'observation de ce phytoplancton, les tests biotoxiques obtenus étaient négatifs.

Karenia papilionacea, espèce rare dans le monde du phytoplancton et signalée comme nouvelle espèce en Nouvelle Zélande (Haywood et *al.*, 2004). C'est une espèce très proche de *Karenia brevis* (=*Gymnodinium breve* Davis). Elle présente une excavation hypothécale prononcé, une carène apicale pointu, des chloroplastes périphériques et son noyau occupe l'hypothèque gauche en vue dorsale. Contrairement au *Karenia brevis, Karenia papilionacea* n'est pas toxique.

Le transfert des espèces peut être due aux conditions climatologiques et océanographiques de la région de Sfax. En effet, Les vents dominants sont du secteur W, NW et SW de novembre jusqu'à avril. De mai à octobre, les vents du secteur marin (E, NE, SE) dominent (Pontanier et *al.,* 1982). Concernant la courantologie de la région, on remarque que le courant qui arrive au Sud de Ras Kapoudia rencontre les hauts fonds de Kerkennah et se bifurque en deux parties : une partie fait en quelque sorte un ricochet sur le banc et se retourne vers la côte qu'elle aborde à la hauteur de Sfax ; l'autre partie, la plus importante , continue vers le Golfe de Gabès. Les courants de marée sont établis régulièrement au Sud de Ras Kapoudia. Ils sont très fréquents dans la zone mais ils sont irréguliers ; ils peuvent être masqués et même contrariés par les vents dominants créant parfois des contre-courants assez violents. Les courants de marée et les courants côtières sont importants pour le transport littoral (Zaouari *et al.,* 1996).

CONCLUSION

La surveillance des milieux dégradés nous a permis non seulement de mettre en évidence l'introduction de nouvelles espèces via le trafic maritime et les eaux de ballast, mais aussi la capacité d'acclimatation de quelques-uns uns de ces espèces dans les zones de collecte des bivalves avoisinantes. La majorité de ces espèces nouvellement installées dans nos milieux dégradés sont répertoriées toxiques ce qui augmente le risque de contamination des zones de collecte des palourdes par effet de dispersion et de regermination.

BIBLIOGRAPHIE

Balech E., 1995 - The genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Special publication, Sherkin Island Marine Station, Cork : 151 p.

Bolch C.J. and Hallegraeff G.M., 1990. - Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Tasmania, Australia. *Bot. Mar.*, 33: 173-192.

Carlton J.T., Reid D.M. and Van Leeuwen H., 1995. - The role of shipping in the introduction of non indigenous aquatic organisms to the coastal waters of the United States (other than the Great Lakes) and an analysis of control options. National Sea Grant College Programme/ CT Sea Grant Project R/ ES6 : 213 p.

Cembella A.D., Lewis N.I. and Quillam M.A., 2000 - The marine dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* (Dinophyceae) as the causative organism of spirolide shellfish toxins. *Phycologia*, 39 : 67 - 74.

Daly Yahia-Kefi O., Nezan E. and Daly Yahia M.N., 2001 - Sur la présence du genre *Alexandrium* Halim (Dinoflagellés) dans la baie de Tunis (Tunisie). *Oceanologica acta*-24 Supplément : S17 - S25.

Dochoda M.A., Hamiltron A.L. and Bandvvrski B.L., 1991. - Int. Joint Comm. Great Lakers Fish. Com. Workshop on exotic species and the shipping industries-summary and recommandations Report. Toronto, Canada, 28 Feb.- 2 March.

Fremy J.M. and Lassus P., 2001 - Toxines d'algues dans l'alimentation. IFREMER : 560 p.

Giacobbe M.G., Oliva F., La Ferla R., Puglisi A., Crisafi E. and Maimone G., 1995 - Potentially toxic dinoflagellates in Mediterranean waters (Sicily) and related hydrobiological conditions. *Aquat. Microb. Eco*., 9 (1) : 63 - 68.

Hallegraeff G.M. and Bolch C.J., 1992. - Transport of dinoflagellate cysts in ship's ballast water : implications for plankton biogeography and aquaculture. *J. Plankton Res.*, 14: 1067-1084.

Hallegraeff G.M., Anderson D. M. and Cembella A.D., 1995. – Manual on harmful Marine Microalgae. IOC Manuals and Guides, UNESCO, Paris, 33: 551p.

Haywood A.J., Steidinger K.A., Truby E.W., Berquist P.R., Berquist P.L., Adamson J. and Makenzie L., 2004. - Comparative morphology and Molecular phylogenetic analysis of three new species of the Genus *Karenia* (Dinophyceae) from New Zealand. *J. Phycol*., 40 :165-179.

Lassus P., 1988 - Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes. IFREMER : 111p.

Mc Carthy S.A. and Khambaty F.M., 1994. - International dissemination of epidemic Vibrio cholerae by cargo ship ballast water and other nonpotable waters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60 : 2597-2601.

Mc Minn A., Hallegraeff G.M., Thomson P., Jenkinson A.V. and Heijnis H., 1997. - Cyst and and radinonucleotide evidence for the introduction of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* into Tasmania waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 161: 165-172.

Nezan E. and Piclet G., 1993 - Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton. IFREMER : 44 p.

Pontanier R., Floret C. and Emberger L., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. OSTROM Paris 1982 : 541 p.

Rigby G.R., Steverson I.G., Bolch C. J. and Hallegraeff G.M., 1993. - The transfer and treatment of shipping ballast waters to reduce the dispersal of toxic marine dinoflagellates. In: Smayda T.J. and Shimidzu Y., (Ed), toxic blooms in the sea. *Proc. fifth Int. Conf. On Toxic Marine Dinoflagellates, Newport, Rhode Island, Oct.28-Nov*. 1: 169-176.

Sonneman J.A. and Hill D.R.A., 1997. - A taxonomic survey of cyst-producing dinoflagellates from recent sediments of victorian coastal waters, Australia. *Bot. Mar* ., 40 : 149-178.

Sournia A., 1978. – Phytoplancton manuel. Muésum National d'Histoire naturelle, Paris. UNESCO , 337 p.

Tagmouti F., Chafak H., Fellat-Zarrouk R., Talbi M., Blaghen M. Mikou A. and Guitet E., 1995 - Detection of toxins in bivalves of Moroccan coasts. In: Proceedings of the 7th International Conference on toxic Phytoplankton. *July, Sendai, Japan* : 40 - 40.

Utermohl H., 1958 - Zür Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. *Comm. Ass. Int. Limol., Appl*., 9 : 1 - 38.

Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Musayera E.I. and Sorkin P.Y., 1989. - A newly acclimated species in the Black Sea : the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (cteinophore : Lobata). *Okeanolo.*, 29 (2) : 220-224.

Zaouari K., Bouzid J., Bousnina A., Chayeb M., Karray N. and Bradai Mn., 1996. – Implications des changements climatiques sur la côtière de Sfax (Tunisie). UNEP, MAP Technical Rapports Series N°99 : 326 p.