



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Effets des nutriments dissous sur la
prolifération de macroalgues sur les collecteurs
de moules : Bassin de Havre-Aubert
(Îles-de-la-Madeleine)*

Rapport scientifique

Dossier n° 710.95

Rapport commandité par la SODIM

19 mars 2007

Rapport scientifique

EFFETS DES NUTRIMENTS DISSOUS SUR LA PROLIFÉRATION DE MACROALGUES SUR LES COLLECTEURS DE MOULES: BASSIN DE HAVRE-AUBERT (ÎLES-DE-LA-MADELEINE)

Par

Guglielmo TITA ^{1*} et François BOURQUE ²

¹ Université du Québec à Rimouski, Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Entente MAPAQ-UQAR, Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine, 107-125, ch. du Parc, Cap-aux-Meules (QC) G4T 1B3
E-mail: guglielmo_tita@uqar.qc.ca

² Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 107-125, ch. du Parc, Cap-aux-Meules (QC) G4T 1B3
E-mail: francois.bourque@mapaq.gouv.qc.ca

* *Adresse présente*: Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes (CERMIM), Université du Québec à Rimouski, 37 ch. Central, C.P. 2280, Havre-aux-Maisons, Îles-de-la-Madeleine (QC), G4T 5P4 Tél. (1) 418-969-2100 #223 Fax (1) 418-969-2872

Présenté à

- Direction de l'innovation et des technologies (DIT), Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)
- et
- Société de développement de l'industrie maricole (SODIM)

Le 19 mars 2007

1. Introduction

Depuis quelques années, les mytiliculteurs de l'Île Prince Édouard accusent des problèmes croissants dans le captage de naissain dus à la prolifération d'algues vertes (*Enteromorpha* sp. et *Cladophora* sp.) sur les collecteurs (Johnston, 2004). En effet, le naissain fixé sur les cordages des capteurs migrerait sur la fronde des algues. De plus, dès que la biomasse algale atteint un certain niveau, le naissain se fixant plus tardivement se fixerait directement sur les algues couvrant les capteurs. Avec la croissance en poids des jeunes moules, les algues servant de support se détacheraient des capteurs causant la perte du naissain. Les mytiliculteurs souffriraient ainsi des pertes significatives affectant leur cycle de production.

À l'été 2004, ce même problème a touché les activités de captage des mytiliculteurs des Îles-de-la-Madeleine avec une prolifération d'algues vertes sur les capteurs installés dans le Bassin du Havre-Aubert (BHA) et une perte presque totale du naissain de la même saison de captage. À cet égard, les biologistes du Centre maricole du MAPAQ ont planifié un projet visant le contrôle de cette problématique (projet présenté à la SODIM par F. Bourque et B. Myrand: *Développement de stratégies pour contrer l'effet négatif des algues sur la collecte de moules*).

L'étude présentée ici avait pour objectif l'identification des causes de la problématique des algues vertes sur les capteurs. Cet objectif reposait sur l'hypothèse que la prolifération algale est due à l'introduction par les rivières de substances azotées et/ou phosphorées dissoutes d'origine agricole ou domestique (effluents d'eau) dans le bassin accueillant les structures de captage de naissain. Cette hypothèse est supportée par des études (Taylor et Rees, 1999; Fong et al., 2004) qui montrent une corrélation entre ces nutriments et la croissance rapide de la biomasse algale.

2. Matériels et méthodes

2.1 Zone d'étude et échantillonnage

Le suivi environnemental a prévu l'échantillonnage de trois sites. Deux d'entre eux se trouvaient dans le Bassin de Havre-Aubert, respectivement à l'intérieur du site de captage mytilicole du MAPAQ (BHA2) et à l'embouchure de la Grande Rivière (BHA1) (figure 1). Le troisième site se trouvait à l'intérieur du site mytilicole expérimental du MAPAQ dans la lagune de Havre-aux-Maisons (HAM).

Dans chaque site, une série de 45 capteurs a été installée à l'intérieur d'un rayon d'environ 50 m. Chaque capteur consistait en un cordage de type "fuzzy-rope" d'une longueur de 60 cm (diamètre = 12 mm). Ce type de cordage est du même type que celui utilisé par le producteur de moules de Havre-aux-Maisons pour le captage de naissain. Les capteurs ont été ancrés individuellement au fond à l'aide de blocs de ciment et maintenus à environ 1 m de la surface de l'eau à l'aide de petites bouées en styromousse.

Trois capteurs par site et par date d'échantillonnage ont été prélevés à une fréquence bimensuelle afin d'en suivre le recouvrement par les algues, du 30 mai au 17 octobre 2005. Lors de l'échantillonnage, chaque capteur a été placé dans un sac en plastique de type zip-lock et analysé en rentrant au laboratoire. Des échantillons d'eau ont été prélevés en triplicata à chaque site afin d'analyser les concentrations de la chlorophylle *a* (chl-*a*) et des nutriments (azote, phosphore et silicium). Les échantillons d'eau ont été prélevés aux mêmes dates que les capteurs et à 1 m de profondeur à l'aide d'une bouteille Niskin. L'eau était versée immédiatement après le prélèvement dans des bouteilles en polyuréthane et à travers un tamis de 400 µm. Les bouteilles en polyuréthane avaient été préalablement nettoyées et rincées deux fois respectivement avec de l'acétone et de l'eau distillée. Les bouteilles contenant les échantillons d'eau ont été placées à l'abri de la lumière jusqu'à la filtration de l'eau dans une chambre obscure au laboratoire. La filtration de l'eau était réalisée dans les 4 heures suivant l'échantillonnage.

La salinité et la température de l'eau ont été mesurées à chaque date et chaque site à l'aide d'une sonde portable YSI. Des lectures de ces deux variables ont été réalisées aussi le 5 et le 25 mai.

2.2 Analyses sur les capteurs

Le recouvrement algal de chaque capteur a été estimé à l'aide d'un support en plastique dans lequel une ouverture (surface 1 x 1 cm) avait été découpée afin d'évaluer le recouvrement moyen de chaque capteur (figure 2A). Ce recouvrement moyen a été obtenu en plaçant le support en plastique sur 15 points distribués de façon aléatoire le long d'un côté de chaque capteur. La même opération était répétée en

tournant le capteur. On a ainsi obtenu 30 lectures de recouvrement par capteur permettant de calculer le recouvrement moyen par capteur.

D'autres analyses de la biomasse algale étaient prévues (estimation du poids humide et rayon moyen d'occupation du volume d'eau entourant le capteur par analyse d'images). Cependant, des problèmes techniques (fin de contrat du personnel technique) en ont empêché la réalisation. Nous nous limitons donc à présenter les photographies effectuées sur un certain nombre de capteurs représentatifs des différentes dates aux trois sites d'échantillonnage. Ces photographies ont été prises à l'aide d'une caméra digitale et en immergeant chaque capteur dans un cylindre en plexiglas remplis d'eau de mer (figure 2B).

2.3 Analyses chimiques de l'eau

Chlorophylle a (Chl-a)

Pour chaque échantillon d'eau, un sous-échantillon de 500 ml a été passé à travers un filtre GF/F (0,7 µm). Les filtres GF/F ont été congelés immédiatement après la filtration de chaque échantillon et conservés à -80° jusqu'à l'analyse de la Chl-a par fluorimétrie (fluorimètre Turner & ass. 111).

Nutriments

Les échantillons des dates comprises entre le 5 mai et le 27 juin ont été envoyés par avion à un laboratoire privé de Rimouski (Laboratoire biologie aménagement B.S.L. inc.) pour leur analyse dans les 24 heures suivant l'échantillonnage. Cependant, le contrat avec la compagnie a été interrompu car son équipement analytique n'était pas adapté aux exigences requises (limite de détection faible). Les analyses des échantillons des dates suivantes ont été réalisées à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER) par spectrophotométrie de masse, selon un protocole analytique standard pour le dosage de l'azote, du phosphore et du silicium.

Tests statistiques

Les analyses statistiques (ANOVA à deux facteurs) ont été réalisées à la suite d'une transformation logarithmique [$\log(x+1)$] des données, afin d'atteindre les critères conventionnels de normalité et d'homoscédasticité de leurs distributions respectives.

3. Résultats et discussion

3.1 Température et salinité de l'eau

La salinité de l'eau est généralement plus élevée dans le site HAM (30,0-1,3 PSU), comparativement aux sites BHA1 (27,3-31,3 PSU) et BHA2 (28,7-31,2 PSU), notamment au début et à la fin de la saison estivale (figure 3).

La température de l'eau est assez comparable entre les deux plans d'eau, jusqu'à la mi-juillet. Par la suite, l'eau du Bassin du Havre-Aubert présente des températures d'environ 1,5 °C plus élevées (figure 3).

3.2 Nutriments et chlorophylle a

Chlorophylle a (Chl-a)

L'ANOVA à deux facteurs montrent des différences significatives des concentrations de Chl-a aux échelles spatiale (sites: $F = 214,8$, $p < 0,001$) et temporelle (dates: $F = 144,9$, $p < 0,001$) (figure 3). Le site BHA1 présente une concentration moyenne pour la période ($2,2 \pm 1,51 \mu\text{g l}^{-1}$) supérieure à celles des sites BHA2 ($1,85 \pm 1,28 \mu\text{g l}^{-1}$) et HAM ($1,17 \pm 0,73 \mu\text{g l}^{-1}$).

Dans les trois sites, on observe deux pics: le premier à la mi-juin et le deuxième, plus important, en septembre. Au site BHA1, on observe un troisième pic à la fin du mois de juillet. Ce dernier pourrait être un effet indirect des précipitations relativement abondantes des cinq jours précédant l'échantillonnage du 25 juillet (figure 3) qui auraient augmenté le débit de la Grande Rivière et donc l'apport de débris végétal terrigène. Toutefois, aucune corrélation statistiquement significative montre cette relation. Les raisons de ce manque de corrélations peuvent être du même ordre que celles mentionnées pour l'azote (voir paragraphe suivant).

Azote total (N)

Comme pour la Chl-a, des différences significatives des concentrations d'azote sont observées aux échelles spatiale (sites: $F = 5,53$ $p < 0,01$) et temporelle (dates: $F = 5,26$, $p < 0,001$) (figure 3). Le site BHA2 présente des concentrations moyennes ($1,2 \pm 1,14 \mu\text{g l}^{-1}$) significativement plus faibles que celles des sites BHA1 ($1,9 \pm 1,72 \mu\text{g l}^{-1}$) et HAM ($1,9 \pm 1,51 \mu\text{g l}^{-1}$).

Dans les trois sites, les concentrations de l'azote varient de manière substantielle. Nos séries de données ne permettent pas d'expliquer ces variations qui pourraient dépendre de plusieurs facteurs naturels, notamment les précipitations et le brassage des eaux causé par les vents. Dans le cas des précipitations, Souchu et Mayzaud (1991) montrent qu'elles représentent la source principale d'azote inorganique dissous des écosystèmes lagunaires des Îles-de-la-Madeleine. Une comparaison entre les graphiques de la figure 3, semble en effet suggérer une certaine corrélation entre ce facteur environnemental et les concentrations d'azote total des eaux. Cependant, une corrélation statistique significative, bien que faible, est observée seulement pour le site BHA2 ($r = 0,684$, $p < 0,05$). Le manque ou la faiblesse de corrélation pourrait être due à plusieurs facteurs, comme par exemple: (i) le facteur de dilution associé aux bassins d'eau (i.e. volume d'eau des précipitations / volume d'eau du bassin d'accueil) et (ii) le délai entre le moment des précipitations sur le territoire émergé et l'introduction de cette eau dans les bassins d'accueil par les rivières.

Les concentrations d'azote observées dans les deux bassins d'eau sont légèrement plus élevées de celles rapportées par Souchu *et al.* (1991) et Roy *et al.* (1991) ($< 0,1 \mu\text{M}$ ou $< 1,4 \mu\text{g l}^{-1}$) pour la lagune de Grande-Entrée. Cette dernière étant un habitat très similaire à celui de la lagune de Havre-aux-Maisons, la différence des concentrations d'azote est probablement due au fait que ces auteurs ont quantifié l'azote dissous dans l'eau après micro-filtration. Leurs résultats ne tiennent donc pas compte de l'azote "particulaire" (e.g. incorporé dans les cellules phytoplanctoniques ou des ciliés).

Phosphore total (P)

Des différences significatives des concentrations de P sont aussi observées aux échelles spatiale (sites: $F = 134,7$ $p < 0,001$) et temporelle (dates: $F = 132,4$, $p < 0,001$) (figure 3). Le site HAM présente des concentrations moyennes ($14,7 \pm 4,8 \mu\text{g l}^{-1}$) significativement plus faibles que les sites BHA2 ($19,5 \pm 9,6 \mu\text{g l}^{-1}$) et BHA1 ($27,3 \pm 13,7 \mu\text{g l}^{-1}$).

Dans les deux sites du Bassin de Havre-Aubert, les concentrations de phosphore tendent à présenter les valeurs maximums pendant le mois de juillet, pour ensuite diminuer significativement. Nos données ne permettent pas d'expliquer ce phénomène. Cependant, il est probable qu'il soit le fruit d'une combinaison de facteurs comme, par exemple: (i) la présence de plusieurs ruisseaux déversant leurs eaux dans le Bassin de Havre-Aubert (figure 3), (ii) les précipitations de juillet se traduisant en des apports de ruissellement plus importants que dans la lagune de Havre-aux-Maisons, (iii) une densité de population estivale relativement importante jusqu'à la mi-août (saison touristique) résultant en une augmentation des effluents domestiques pendant cette période.

Les concentrations de phosphore observées sont du même ordre de grandeur que celles rapportées par Souchu *et al.* (1991) et Roy *et al.* (1991) ($0,25$ - $0,7 \mu\text{M}$ ou $7,7$ - $21,7 \mu\text{g l}^{-1}$) pour la lagune de Grande-Entrée.

Silicium total (Si)

Des différences significatives des concentrations de silicium sont aussi observées aux échelles spatiale (sites: $F = 267,0$ $p < 0,001$) et temporelle (dates: $F = 196,7$, $p < 0,001$) (figure 3). Comme pour le phosphore, le site HAM présente des concentrations moyennes de Si ($21,0 \pm 10,0 \mu\text{g l}^{-1}$) significativement plus faibles que les sites BHA2 ($34,8 \pm 19,1 \mu\text{g l}^{-1}$) et BHA1 ($43,0 \pm 22,3 \mu\text{g l}^{-1}$).

Les variations temporelles des concentrations de Si sont grossièrement semblables à celles qu'on observe pour l'azote.

Les concentrations de silicium observées sont du même ordre de grandeur que celles rapportées par Souchu *et al.* (1991) et Roy *et al.* (1991) ($0,3$ - $1,5 \mu\text{M}$ ou $46,6$ - $50,1 \mu\text{g l}^{-1}$) pour la lagune de Grande-Entrée. Par ailleurs, ces auteurs suggèrent que les concentrations de cet élément représente un facteur limitant de la production primaire locale.

3.3 Recouvrement algal des capteurs

Le recouvrement algal de la surface des collecteurs augmente rapidement de la fin-mai à la fin-juin, notamment dans les sites HAM et BHA2 (figure 3). Les collecteurs du site BHA1, bien que rapidement colonisés par des algues filamenteuses, présentent encore un certain pourcentage de surface exposée. Dans ce même site, le recouvrement chute vers la fin-août pour ensuite reprendre des valeurs proches de 100 %. Nous ne sommes pas en mesure d'expliquer ce phénomène.

D'après l'observation visuelle, dans le site HAM, la prolifération d'algues filamenteuses sur les capteurs était plus importante que dans le site du Bassin de Havre-Aubert (figure 4). Sans avoir procédé à l'identification des espèces colonisatrices, nous avons pu tout de même observer un changement des communautés algales du début à la fin de la période d'échantillonnage. En effet, les espèces filamenteuses vertes (type *Cladophora* sp.) dominantes dans la première partie de l'été ont été progressivement remplacées par d'autres espèces d'algues brunes à caractère prostré et constituant un revêtement relativement épais et compact sur les collecteurs. Toutefois, ce revêtement était presque absent des capteurs du site BHA1 échantillonnés entre le 22 août et le 6 septembre.

Il est aussi important de mentionner que les épizoontes contribuent à la couverture de la surface des capteurs, particulièrement dans la deuxième partie de la période étudiée. Les valeurs de "recouvrement algal" présentées à la figure 3 incluent donc cette composante épibiontique, bien que la composante algale soit dominante.

La présence de naissain de moules a été observée à partir du début du mois d'août, mais seulement dans les sites BHA2 et HAM. Les capteurs du site BHA1 ont été caractérisés par la presque absence ou, en tout cas, très faible présence de naissain pendant toute la durée de l'échantillonnage.

A partir de la mi-août, la présence d'étoiles de mer a commencé à être observée sur les capteurs des sites BHA2 et HAM. Les étoiles ont persisté jusqu'à la fin de l'échantillonnage (17 octobre).

4. Conclusion

Cette étude a permis de suivre au courant de l'été 2005 la prolifération d'algues sur des collecteurs mytilicoles du Bassin de Havre-Aubert et de la comparer avec celle d'un site témoin dans la lagune de Havre-aux-Maisons. Toutefois, cette prolifération n'a pas été de la même entité que celle de l'année précédente (2004) qui s'était révélée désastreuse pour l'industrie mytilicole lors du captage de naissain.

Il s'ensuit que nous ne sommes pas en mesure de pouvoir expliquer le phénomène qui s'est produit en 2004 avec les données recueillies en 2005. Cette considération prend encore plus de valeur si l'on considère les concentrations relativement faibles des nutriments (N, P et Si) pouvant être responsables de la prolifération d'algues.

Par contre, les causes des apports de phosphore dans le Bassin de Havre-Aubert méritent d'être mieux comprises dans le but d'une meilleure gestion de son habitat aquatique et de la protection de la source de naissain mytilicole locale.

Remerciements

Nous tenons à remercier Marie-Claude Miousse et le personnel du Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine pour leurs contributions respectives dans les activités de terrain et de laboratoire

Cette étude a été réalisée grâce à l'appui financier de la Direction de l'innovation et des technologies (DIT-MAPAQ) et de la Société du développement de l'industrie maricole (SODIM).

Références

- Fong P., Fong J.J. et Fong C.R. (2004). Growth, nutrient storage, and release of dissolved organic nitrogen by *Enteromorpha intestinalis* in response to pulses of nitrogen and phosphorus. *Aquatic Botany*, 78: 83-95
- Johnston B. (2004). Green algae fouling mussel seed collectors in PEI. *Northern Aquaculture*, Septembre 2004, p. 23
- Roy S., Mayzaud P., Souchu P. (1991). Environnement physicochimique et trophique d'un site mytilicole, Îles-de-la-Madeleine (Québec). I. Matière particulaire, composition biochimique et productivité primaire. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 113: 219-230
- Souchu P. et Mayzaud P. (1991). Inorganic nutrients in precipitation over the Magdalen Islands area (Quebec, Canada) and their impact on the primary productivity of the lagoons. *Atmospheric Research* 26 (6): 543-554
- Souchu P., Mayzaud P. et Roy S. (1991). Environnement physicochimique et trophique d'un site mytilicole, Îles-de-la-Madeleine (Québec). I. Evolution estivale des composés de l'azote, du phosphore et du silicium. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 113: 208-218
- Taylor M.W. et Rees T.A. (1999). Kinetics of ammonium assimilation in two seaweeds, *Enteromorpha* sp. (Chlophyceae) and *Osmundaria colensoi* (Rhodophyceae). *J. Phycol.*, 35: 740-746

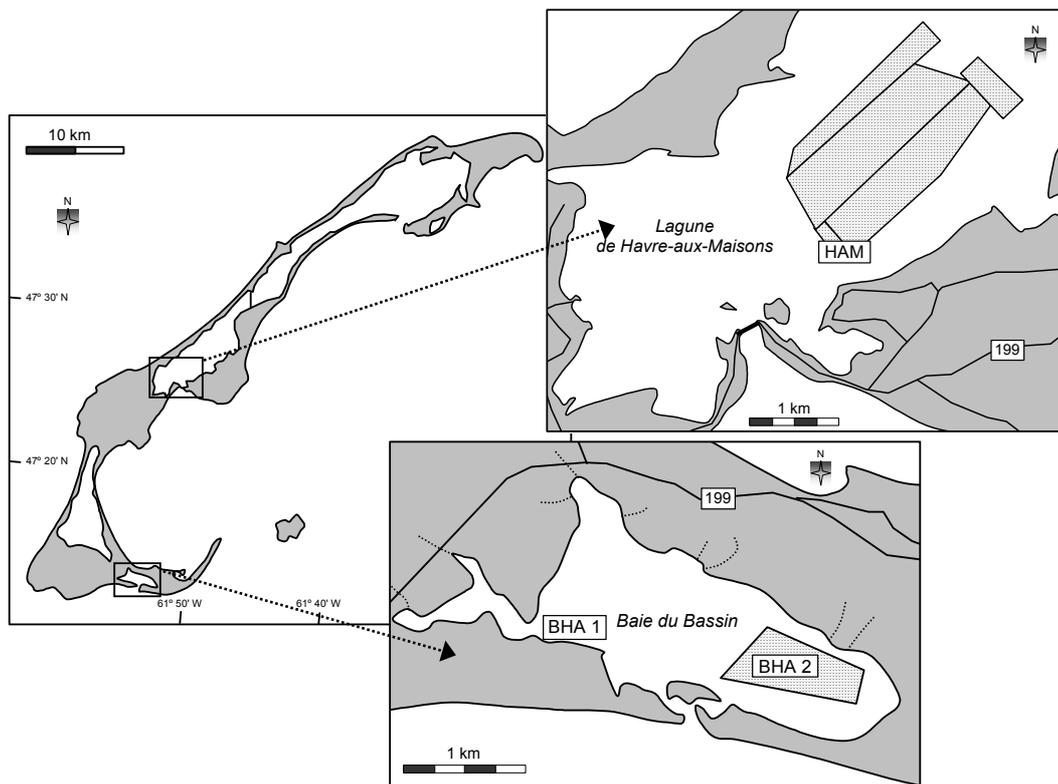


Figure 1. Position des trois stations: BHA1, BHA2 et HAM. Les embouchures de ruisseaux sont marquées en traits pointillés.

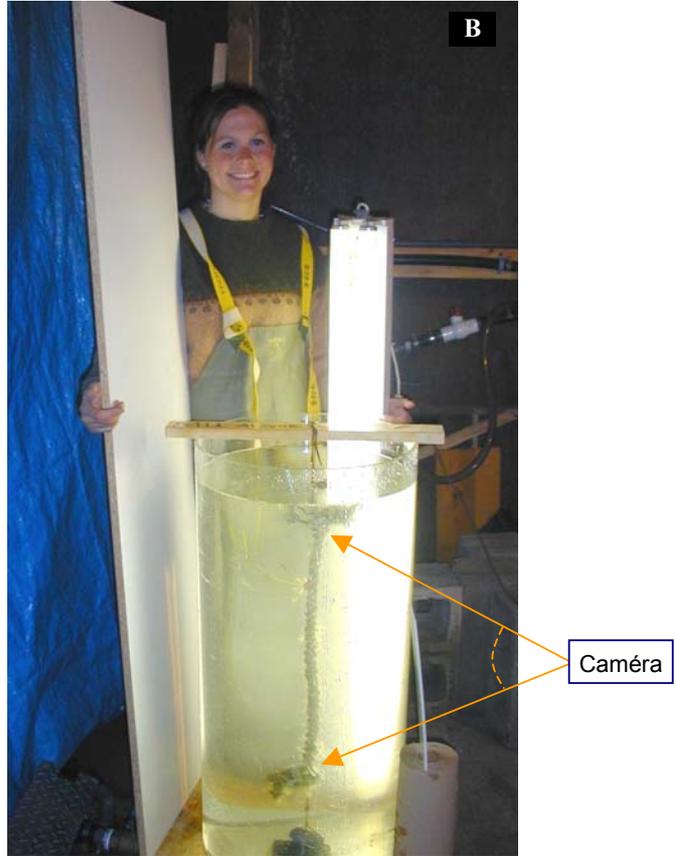


Figure 2. (A) Support en plastique servant à d'évaluation du recouvrement de la surface des capteurs par des algues (surface de l'ouverture = 1 x 1 cm). (B) Dispositif expérimental (cylindre en plexiglas rempli d'eau de mer) permettant la photographie des capteurs en immersion. Un fond blanc (planche en bois peinte en blanc) est placé à l'arrière du cylindre afin d'augmenter le contraste des algues sur le photogramme. Une lumière de néon est placée latéralement. Le capteur est suspendu à une structure en bois et maintenu en tension en ajoutant un point à son extrémité inférieure.

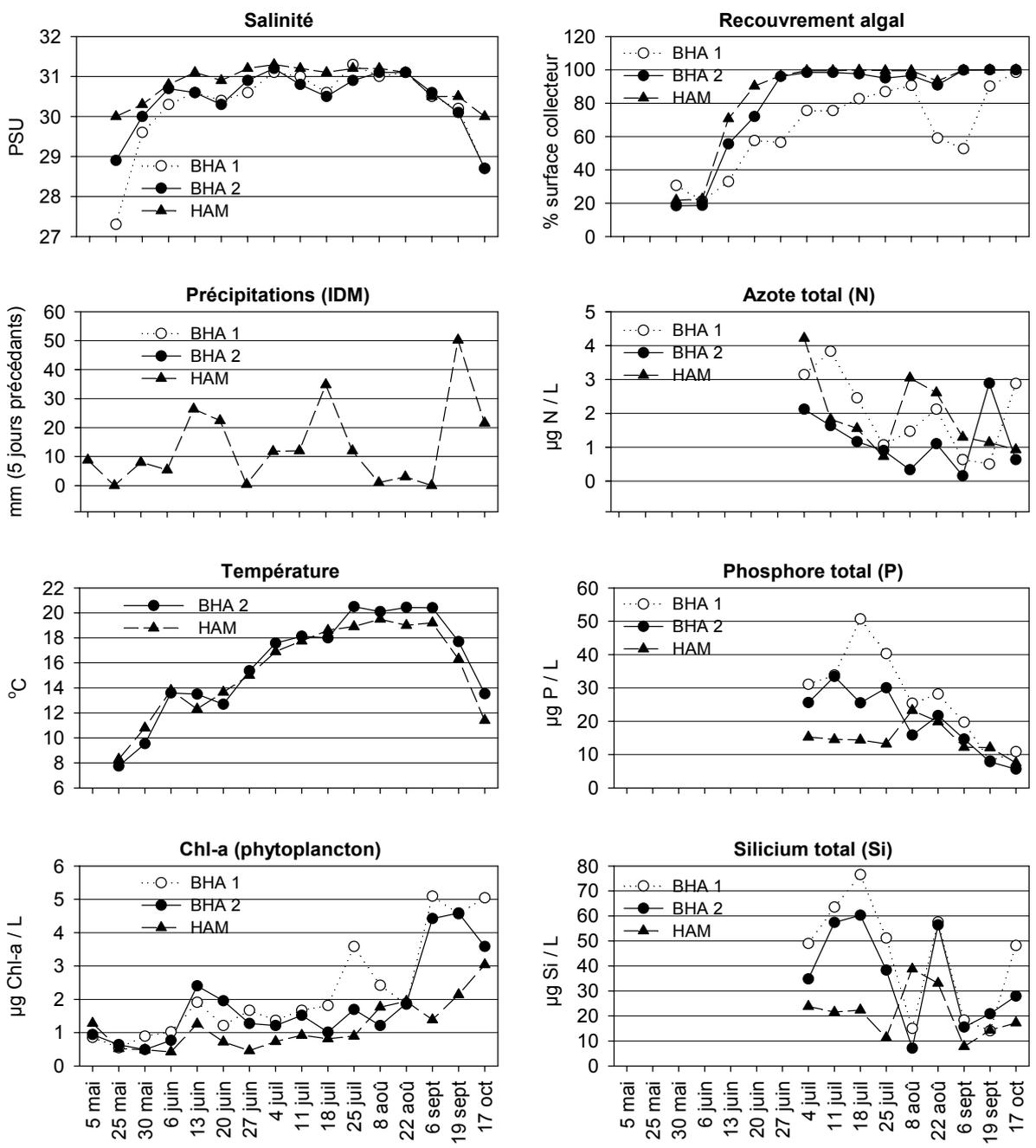


Figure 3. Position des trois stations: BHA1, BHA2 et HAM. Les précipitations représentent la somme des précipitations pendant les quatre jours précédant chaque date plus celles de la même date.

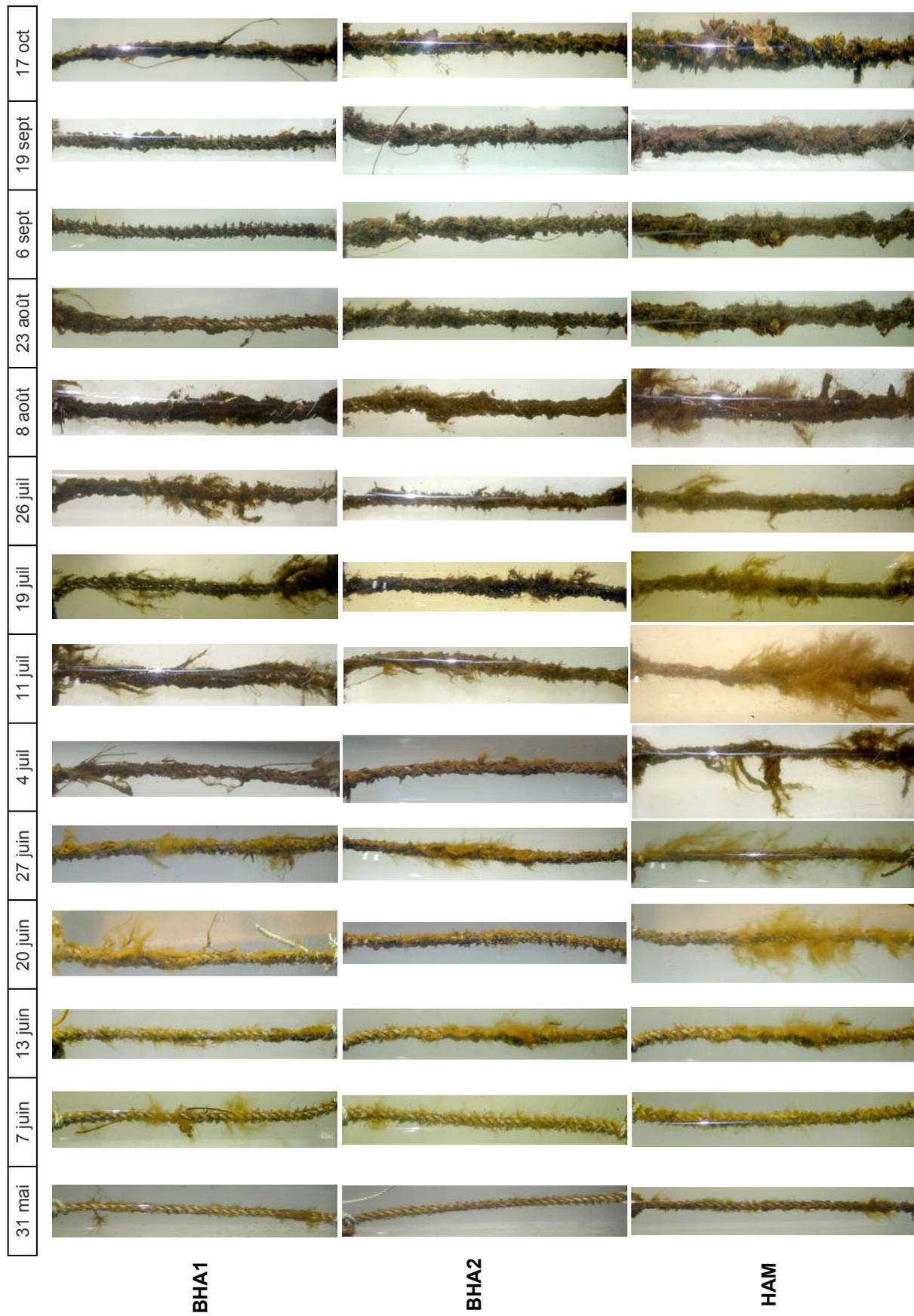


Figure 4. Collecteurs prélevés dans les trois sites d'échantillonnage du 31 mai au 17 octobre.