



COURANTS, TRAJECTOIRES DES BOUÉES DÉRIVANTES ET POTENTIEL DE PÉNÉTRATION DANS LA ZMP DE MUSQUASH DES PARTICULES ORGANIQUES REJETÉES DANS L'ANSE LITTLE MUSQUASH

Contexte

L'établissement d'une ferme piscicole a été proposée dans une zone adjacente (havre Little Musquash) à la nouvelle zone marine protégée de l'estuaire de la Musquash (ZMP de la Musquash). Compte tenu du potentiel d'incidence des déchets organiques de la ferme piscicole sur la ZMP de la Musquash, la Direction de la protection de l'habitat et du développement durable (PHDD) de la Région des Maritimes du MPO et la Direction des océans, de l'habitat et des espèces en péril ont demandé au Secteur des sciences du MPO d'examiner les liens océanographiques possibles entre le site d'élevage proposé et la ZMP de la Musquash. Plus précisément, PHDD a demandé que soient utilisés le modèle de suivi des particules organiques DEPOMOD ainsi que des données océanographiques propres au site pour évaluer les relations entre le site piscicole proposé et la ZMP de la Musquash. Il a été convenu que cette demande serait traitée par l'intermédiaire du processus spécial de Réponse des Sciences avec des documents à l'appui fournis sous forme d'un document de recherche.

Renseignements de base

En janvier 2008, le ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture et le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, puis le ministère des Pêches et des Océans (MPO) du Canada, ont reçu une proposition d'établissement et d'exploitation d'un site piscicole à l'embouchure de l'anse Little Musquash. Les dimensions du site proposé sont d'environ 680 x 820 m, ce qui donne une superficie d'environ 49,1 hectares. Dans le bail proposé, les cages d'élevage seraient distribuées dans deux grilles, chacune étant caractérisée par un réseau de 12 cages (3 x 4) pour un total de 24 cages. Chacune de ces cages aurait une circonférence de 100 m (et un rayon de 15,9 m), et chaque cellule de grille aurait une superficie de 55 m². Les filets de chaque cage auraient une profondeur de 10 m. La superficie couverte par chaque cage serait donc de 795,8 m², et la superficie couverte par l'ensemble du réseau de cages serait d'environ 19 099 m². La profondeur de l'eau au site d'élevage varie entre 10 et 30 m sous la basse mer moyenne environ, et la profondeur moyenne est de 17,9 m.

Chaque cage d'élevage accueillerait environ 35 000 poissons pour un total d'environ 840 000 poissons pour l'ensemble de la ferme. Les poissons seraient placés en cage lorsque leur poids se chiffrerait entre 75 et 100 g et ils seraient récoltés lorsque leur poids serait d'environ 4,5 kg. Le taux de conversion alimentaire attendu pour ces poissons est de 1,2 pour 1.

Le site proposé (figure 1) est environ à 4 km à l'est du havre Chance et à 2 km à l'ouest du havre Musquash, une zone marine protégée. La ferme piscicole en service la plus près est située près de l'embouchure de l'anse Hales, à une distance de 3 km vers l'ouest.

Le personnel de la Station biologique de St. Andrews, du Secteur des sciences de la Région des Maritimes du MPO, a entrepris un programme sur le terrain au printemps et à l'été 2008
avril 2009 (révisé : juin 2009)

afin de recueillir de nouvelles données sur les courants et les profils de dérive des particules dans la zone d'intérêt. Le programme consistait en l'utilisation d'un débitmètre ancré, en lâchers de bouées dérivantes et en simulations de modèles.

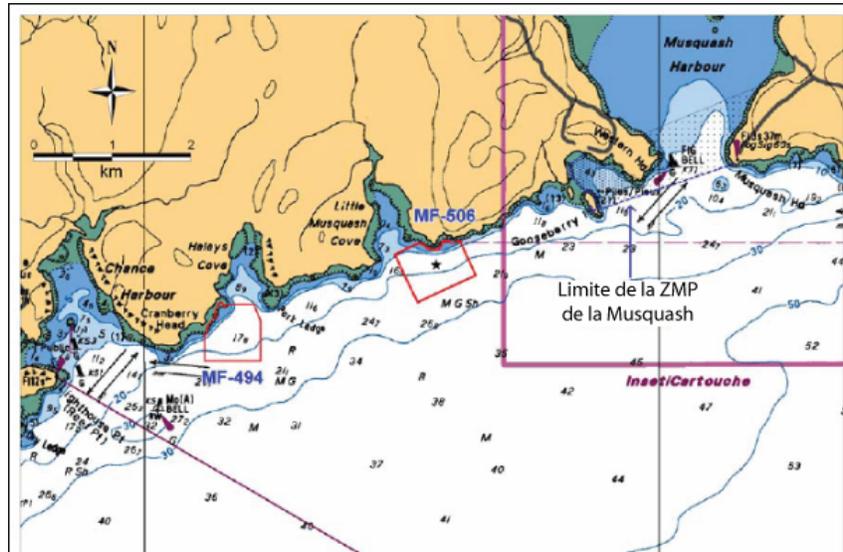


Figure 1. Carte de la zone marine protégée (ZMP) de l'estuaire de la Musquash illustrant notamment la zone la plus au large (zone 3) à l'intérieur de la ZMP, l'emplacement du site piscicole proposé MF-506 (polygone rouge foncé) près de l'anse Little Musquash, l'emplacement de la ferme piscicole existante (polygone rouge pâle) à l'embouchure de l'anse Haleys (MF-494) et le lieu d'ancrage du débitmètre du 22 février au 27 mars 2008 (représenté par une étoile près du centre du polygone MF-506).

Analyse

D'après les études antérieures menées dans la région du havre Musquash, la vitesse maximale type utilisée pour estimer le déplacement des particules est d'environ 1 m/s. Si nous supposons une telle vitesse, le déplacement des particules varie entre 0,3 et 22 km, selon la vitesse de dépôt des particules, qui varie en fonction de la taille et de l'origine des particules. Par conséquent, les estimations brutes indiquent qu'il est possible que des particules en suspension ou des substances dissoutes, p. ex. des éléments nutritifs inorganiques à vitesse de dépôt très faible (p. ex. <0,001 m/s) rejetés à la ferme proposée, pénètrent dans la ZMP de la Musquash. Le potentiel de pénétration de particules à vitesse de dépôt élevée (p. ex. 0,1 m/s), comme les granulés, dans la ZMP de la Musquash est inférieur à celui des particules à vitesse de dépôt faible puisqu'elles risquent de se déposer sur le fond marin bien avant d'atteindre la ZMP de la Musquash. Ces estimations supposent que le courant est uniforme sur le plan horizontal et vertical dans l'ensemble de la zone de déplacement et sont fondées sur très peu de données sur les courants provenant de l'extérieur de la zone d'intérêt. Les courants au large du sud-ouest du Nouveau-Brunswick sont reconnus comme étant variables à petite échelle. De ce fait, l'extrapolation de données sur les courants à des échelles de centaines de mètres ou plus doit être effectuée avec prudence.

Vitesse des courants

Dans le but de recueillir davantage de données propres au site sur la vitesse des courants, un profileur de courant à effet Doppler a été ancré près du milieu du site piscicole proposé pendant 35 jours, du 22 février au 27 mars 2008. Les résultats indiquent que la vitesse des courants

varie peu en fonction de la profondeur au site proposé (tableau 1). Les vitesses obtenues concordent avec les données d'études antérieures sur la circulation dans cette partie de la baie de Fundy (voir Page *et al.* [2009] pour obtenir plus de renseignements sur les études antérieures).

Tableau 1. Vitesses maximales, médianes et minimales des courants enregistrées par un profileur de courant à effet Doppler ancré près du milieu du site piscicole proposé à l'embouchure de l'anse Little Musquash.

	Courant près de la surface (cm/s) 3,6 m sous la surface	Courant à mi-profondeur (cm/s) 11,5 m sous la surface	Courant près du fond (cm/s) 3,6 m au-dessus du fond
Maximum	61,8	61,7	59,4
Médiane	29,6	34,8	27,7
Minimum	0,1	0,6	0,2

Déplacement des particules d'après les données sur les courants

Déplacement d'après des vitesses maximales et médianes constantes

Le tableau 2 présente les résultats des calculs du déplacement radial fondés sur les courants maximaux observés près de la surface, à mi-profondeur et près du fond, les vitesses de dépôt estimées par ordre de grandeur (0,1 m/s pour les granulés, 0,01 m/s pour les fèces de poissons et 0,001 m/s pour les particules fines) et une vitesse de courant supposée constante, pour un site piscicole ancré à une profondeur d'environ 20 m. D'après ces calculs, les déplacements des granulés se chiffrent entre 123 et 131 m, ceux des fèces des poissons varient entre 1 228 et 1 314 m, et ceux des particules qui restent en suspension varient entre 14,4 et 15,4 km. Puisque la limite extérieure de la ZMP de la Musquash est située à environ 2 km du site piscicole proposé, ces calculs suggèrent que les granulés se déposeront à l'intérieur du site piscicole et ne seront pas transportés sur une distance suffisante pour atteindre la ZMP de la Musquash, que les fèces de poissons seront transportés à l'extérieur du site piscicole et sur une distance suffisante pour s'approcher de la ZMP de la Musquash, et que les particules qui restent en suspension se déplaceront sur une distance suffisante pour pénétrer parfois dans la ZMP de la Musquash.

Tableau 2. Estimations du rayon des zones d'incursion des marées pour les particules qui restent en suspension et du déplacement horizontal des granulés et des fèces.

Profondeur	Vitesse du courant (cm/s)	Estimation du rayon des zones d'incursion des marées (m)	Déplacement des granulés (m) [vitesse de dépôt de 10 cm/s]	Déplacement des fèces (m) [vitesse de dépôt de 1 cm/s]
Courant maximal				
Près de la surface (3,5 m sous la surface)	61,8	14 461	124	1 236
Mi-profondeur (9,5 m sous la surface)	61,6	14 414	123	1 232
Près du fond (4,6 m au-dessus du fond)	61,4	14 368	123	1 228
<i>Tous les registres</i>	<i>65,7</i>	<i>15 371</i>	<i>131</i>	<i>1 314</i>
Courant moyen				
Près de la surface (3,5 m sous la surface)	29,6	6 926	59	592
Mi-profondeur (9,5 m sous la surface)	35,1	8 213	70	702
Près du fond (4,6 m au-dessus du fond)	28,9	6 763	58	578
<i>Tous les registres</i>	<i>31,7</i>	<i>7 413</i>	<i>63</i>	<i>634</i>

Ces estimations représentent les déplacements maximaux et constituent probablement des surestimations du déplacement des particules rejetées au site piscicole pour deux raisons. La vitesse des courants n'est pas toujours maximale et ne suit pas toujours la même orientation pendant une moitié du cycle de marée, et les vitesses de dépôt des fèces et des granulés sont sous-estimées de quelques centimètres par seconde, ce qui entraîne une légère surestimation des échelles de temps.

Des calculs semblables fondés sur la vitesse médiane des courants ont donné comme résultats des rayons de déplacement entre 58 et 70 m pour les granulés, entre 578 et 702 m pour les fèces et entre 6,9 et 8,2 km pour les particules qui restent en suspension. Ces calculs suggèrent également que les granulés ne se déplaceront pas sur une distance suffisante pour atteindre la ZMP de la Musquash et que la distance parcourue par les fèces de poissons est insuffisante pour atteindre la ZMP de la Musquash. Le déplacement des particules fines qui restent en suspension est réduit de plus de 50 %, mais le déplacement demeure suffisant pour que la pénétration de ces particules dans la ZMP de la Musquash soit probable.

Déplacement d'après les séries chronologiques complètes sur les courants

Les déplacements des granulés, des fèces et des particules qui restent en suspension, fondés sur la série chronologique complète sur la vitesse des courants à mi-profondeur, sont présentés au tableau 3. Nous estimons que les particules se dispersent le long d'un axe est-nord-est-ouest-sud-ouest. Comme prévu, les déplacements fondés sur la série chronologique de données sont légèrement inférieurs aux déplacements obtenus à l'aide des vitesses maximales des courants seulement. Par conséquent, ces calculs légèrement plus complets appuient l'hypothèse voulant que les granulés et les fèces de poissons ne parcourront pas la distance nécessaire pour atteindre la ZMP de la Musquash. Les déplacements des particules fines qui restent en suspension, bien qu'inférieurs à ceux calculés précédemment, demeurent suffisants pour que la pénétration dans la ZMP de la Musquash soit probable.

Tableau 3. Déplacement des granulés, des fèces de poissons et des particules qui restent en suspension, d'après la série chronologique complète sur les courants.

	Déplacement des granulés (m)	Déplacement des fèces de poissons (m)	Déplacement des particules qui restent en suspension (m)
Maximum	123	1 050	6 600
75 ^e centile	91	816	3 700
Médiane	70	628	2 800

DEPOMOD

DEPOMOD, un modèle de dispersion des déchets aquacoles mis au point en Écosse, a été utilisé avec les données de la série chronologique sur les courants près de la surface, à mi-profondeur et près du fond recueillies à l'aide du débitmètre installé au centre du site proposé à la demande de PHDD. Le modèle a été utilisé avec deux taux d'alimentation : 500 kg et 1 000 kg de nourriture par cage par jour. Ces taux étaient fondés sur les taux d'alimentation enregistrés par l'industrie pour des cages de taille et de densité d'occupation semblables à celles proposées pour le site de l'anse Little Musquash.

Le taux d'alimentation de 500 kg de nourriture par cage par jour a donné un flux de carbone maximal de 5,5 g C/m²/jour avec 96% des flux de carbone $\geq 1,0$ g C/m²/jour demeurant à l'intérieur des limites du site (figure 2). L'utilisation du taux d'alimentation de 1 000 kg de nourriture par cage par jour a donné un flux de carbone maximal de 11,1 g C/m²/jour avec 86% des flux de carbone $\geq 1,0$ C/m²/jour étant confinés à l'intérieur des limites du site (figure 3). Ce modèle suggère qu'environ 27 ha du fond marin du site piscicole (47 % de la superficie totale du site [49,1 ha]) recevrait ≥ 1 g C/m²/jour. Un taux de dépôt de 1g C/m²/jour est considéré comme le seuil entre les sédiments oxygènes et anoxiques. Les calculs du modèle DEPOMOD n'ont pas tenu compte des déplacements des particules qui restent en suspension.

Les zones d'exposition estimées d'après les sorties de DEPOMOD sont réduites comparativement aux zones estimées d'après les calculs antérieurs. Ce résultat était attendu puisque l'approche DEPOMOD a utilisé une estimation plus exacte de la vitesse de dépôt des granulés et des fèces de poissons rejetés dans chacune des cages. Les résultats du modèle sont exprimés en termes de concentration des particules déposées, et dans ce cas, nous avons choisi des unités de masse du carbone. Nous avons supposé que la vitesse de dépôt des granulés était de 11 cm/s plutôt que de 10 cm/s. Cette augmentation de 10 % de la vitesse de dépôt entraîne une réduction de la période de descente vers le fond et, de ce fait, une réduction du déplacement horizontal d'environ 10 % par rapport aux calculs simples d'ordres de grandeur. Nous avons supposé que la vitesse de dépôt des fèces de poissons était de 3,2 cm/s plutôt que de 1 cm/s. Cette hausse de 300 % entraîne une réduction considérable de la période de descente vers le fond et, de ce fait, une réduction du déplacement horizontal d'environ 300 % par rapport aux calculs simples d'ordres de grandeur. Le modèle DEPOMOD suppose également que la plupart des déchets aquacoles sont dus aux fèces de poissons plutôt qu'aux granulés. Par conséquent, le champ de concentration obtenu est dominé par la dispersion des fèces. La combinaison de ces facteurs explique l'échelle d'exposition beaucoup plus petite produite par DEPOMOD, comparativement aux calculs plus simples d'ordres de grandeur.

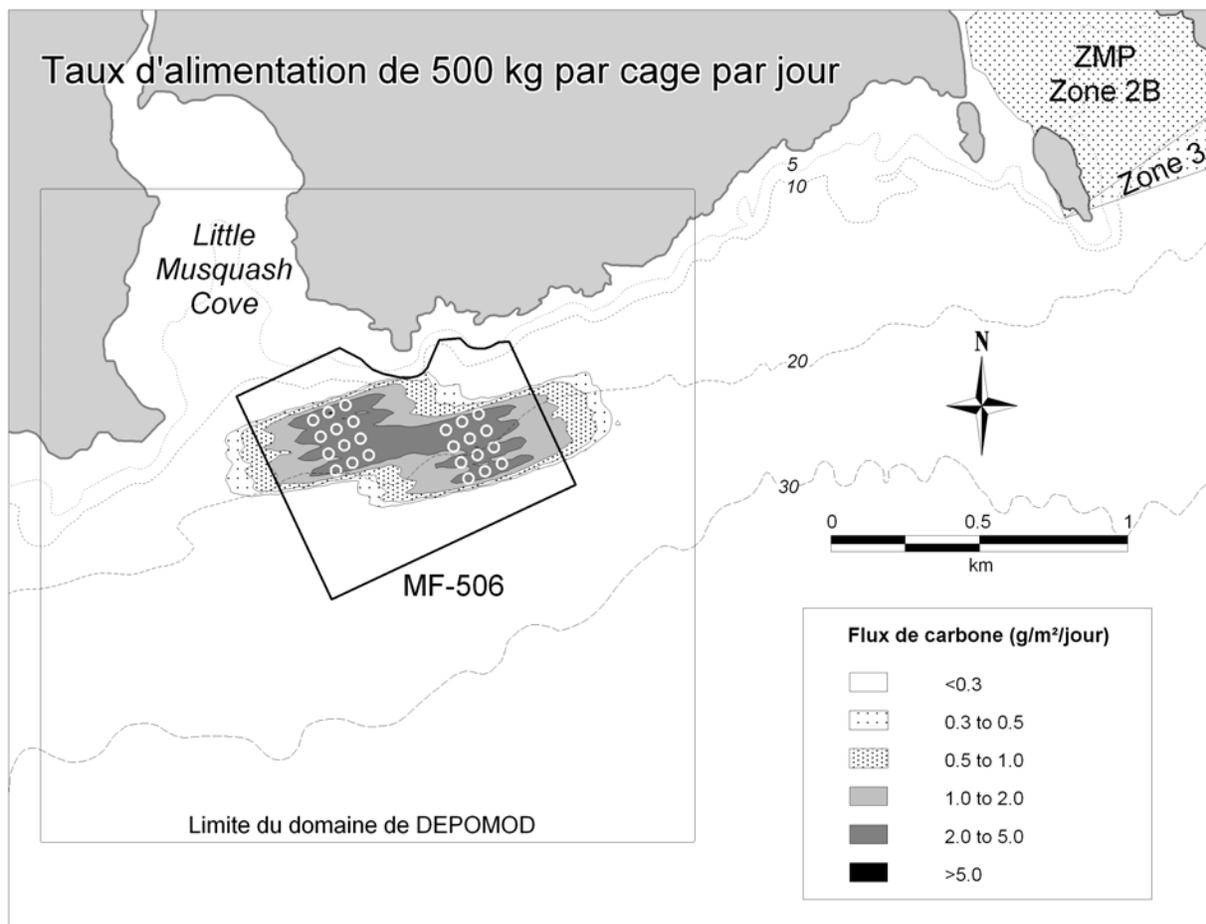


Figure 2. Les flux de carbone vers le fond marin au site piscicole proposé, selon les prévisions de DEPOMOD fondées sur un taux d'alimentation de 500 kg/cage/jour. Le grand carré représente le domaine du modèle (2 000 × 2 000 m). Sont également illustrés les limites du site proposé (MF-506) et l'emplacement des cages. La zone marine protégée de la Musquash est située dans le coin supérieur gauche de la figure.

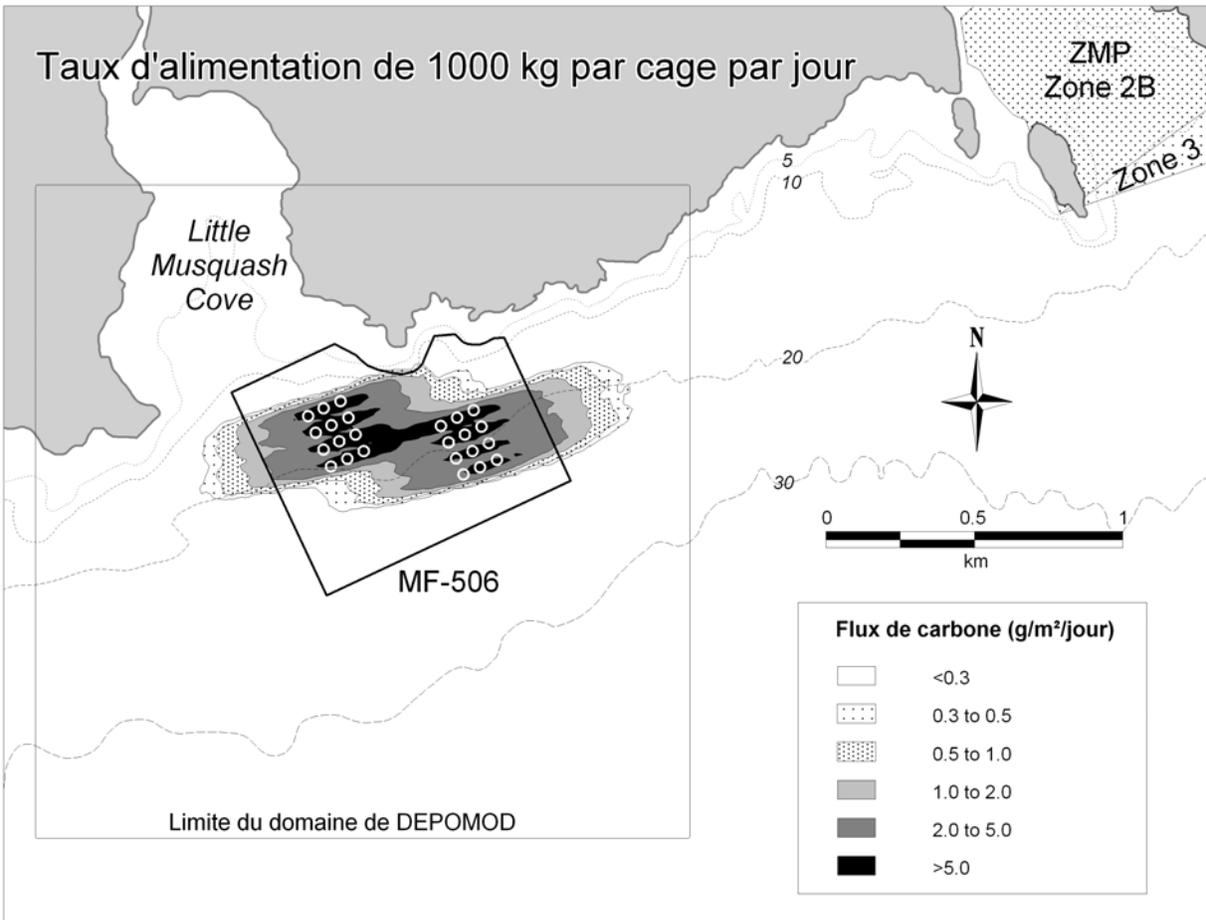


Figure 3. Les flux de carbone vers le fond marin au site piscicole proposé, selon les prévisions de DEPOMOD fondées sur un taux d'alimentation de 1 000 kg/cage/jour. Le grand carré représente le domaine du modèle (2 000 \times 2 000 m). Sont également illustrés les limites du site proposé (MF-506) et l'emplacement des cages. La zone marine protégée de la Musquash est située dans le coin supérieur gauche de la figure.

Déplacement des particules d'après les données des bouées dérivantes

La dérive en surface à proximité du site piscicole proposé a été étudiée à l'aide des bouées dérivantes CAST (Convertible Accurate Surface Tracker). Ces bouées ont été lâchées en groupes de 5 ou 6, et ces groupes ont été déployés à proximité du site piscicole proposé et de la ZMP de la Musquash en juillet et en août 2008 (tableau 4). Les bouées dérivantes ont été récupérées le jour suivant, environ 17 à 24 h après leur mise à l'eau. Certaines bouées se sont toutefois échouées quelques heures après leur mise à l'eau (tableau 4). Ces études à l'aide de bouées dérivantes sont les premières à déterminer les trajectoires de dérive durant un cycle de marée dans la région de la Musquash et à enregistrer avec exactitude l'heure à laquelle les bouées dérivantes atteignent le rivage dans la région de la Musquash. Les résultats concordent avec les données dérivées d'études antérieures à l'aide de bouées dérivantes (voir Page *et al.* [2009] pour obtenir plus de renseignements sur les études antérieures).

Tableau 4. Date, heure, emplacement, nombre de bouées dérivantes, conditions de marée et de vent au moment du déploiement des bouées dérivantes.

Date	Heure (TUC)	Emplacement	Nombre de bouées dérivantes	Marée la plus près (havre Musquash)		Vent au moment du déploiement (pointe Lepreau)	
				Type	Temps (TUC)	Direction (degrés)	Vitesse (km/h)
22 juillet 2008	12 h 21	Ferme	6	Basse	12 h 10	60 (N-E)	13
24 juillet 2008	14 h 18	Ferme	6	Basse	13 h 37	50 (N-E)	11
28 juillet 2008	11 h 12	ZMP	6	Haute	11 h 11	170 (S)	7
30 juillet 2008	13 h 36	Ferme	5	Haute	13 h 19	250 (S-O)	9
6 août 2008	13 h 03	Ferme	6	Basse	13 h 06	320 (N-O)	6
20 août 2008	11 h 57	Le long de la côte à l'est et à l'ouest de la ferme	5	Basse	11 h 41	300 (N-O)	15

Les six bouées dérivantes mises à l'eau le 22 juillet 2008 ont pénétré dans la zone 2B de la ZMP de la Musquash. Quatre se sont échouées sur les rives de l'anse moins de sept heures après leur mise à l'eau. Deux bouées ont quitté la ZMP de la Musquash pour s'échouer dans l'anse Little Musquash et dans l'anse Haleys environ 16 heures après leur mise à l'eau. Aucune autre bouée lâchée près du site piscicole proposé n'a atteint la ZMP de la Musquash, et aucune bouée lâchée à marée descendante n'a atteint la ZMP de la Musquash. Le déplacement moyen des bouées dérivantes durant une période de marée (12,42 h) se chiffrait à environ 10 km, et 6 des 19 bouées dérivantes (32 %) mises à l'eau près du site proposé à marée montante ont pénétré dans la ZMP de la Musquash. Cinq autres de ces 19 bouées ont presque atteint la ZMP de la Musquash.

Toutes les bouées dérivantes, sauf une, qui ont été mises à l'eau à la limite nord de la zone 2 de la ZMP de la Musquash à marée descendante sont demeurées dans le havre Musquash et se sont échouées dans la zone 2. La bouée dérivante qui a quitté la ZMP de la Musquash a gagné la baie de Fundy avant de retourner dans la zone 2. Cela suggère que les matériaux rejetés tout juste au large de l'embouchure de la ZMP de la Musquash ont également une chance de pénétrer dans la ZMP de la Musquash.

Il faut reconnaître que ces études à l'aide de bouées dérivantes ont été menées durant la période de l'année où l'apport d'eau douce et le débit résiduel vers l'ouest sont relativement faibles et où les vents dominants sont faibles et viennent du sud-ouest. Cela suggère que les déplacements des particules vers l'est, suivant les marées, peuvent être relativement importants et que l'écoulement en surface vers l'extérieur de la ZMP de la Musquash peut être relativement faible, ce qui suggère que le potentiel d'échange dans la ZMP de la Musquash pourrait constituer un maximum pour la saison. Les rejets durant d'autres périodes de l'année où le débit vers l'ouest est plus important et où les vents viennent du nord-ouest pourraient donner lieu à moins de cas de particules pénétrant dans la ZMP de la Musquash. Par conséquent, la probabilité annuelle d'atteinte de la ZMP de la Musquash pourrait être inférieure à la valeur indiquée précédemment. Cette suggestion est appuyée par les études à l'aide de bouées dérivantes menées par Bumpus et Lauzier (1965) et par Bugden (1980), qui indiquent que le débit prédominant le long de la côte est orienté vers l'ouest et qu'une dérive nette vers l'est et, de ce fait, l'atteinte de la ZMP de la Musquash ne constituent pas un événement fréquent. Une étude plus approfondie de cette probabilité nécessitera des travaux de modélisation et des travaux sur le terrain beaucoup plus approfondis.

Conclusions

Les courants dans la région de la Musquash et, de ce fait, le transport et la dispersion des substances rejetées au site piscicole proposé sont dominés par de forts courants de marée périodiques qui se superposent à un débit résiduel faible et variable selon les saisons. Ces courants de marée devraient varier tout au long de l'année en raison de variations du forçage des marées, mais cette variation devrait être de plusieurs dizaines de points de pourcentage.

Les courants résiduels et les trajectoires de dérive connexes varient beaucoup d'une année à l'autre sous l'influence de la variation saisonnière du débit de la rivière. Bien que le débit résiduel soit constamment orienté vers l'ouest, il augmente durant les périodes de débit élevé et il diminue durant les périodes de faible débit. Sur des échelles de temps supérieures à un cycle de marée, le débit résiduel entraîne un déplacement progressif net des particules vers l'ouest.

Outre la variation saisonnière, les courants peuvent varier à de petites échelles spatiales (centaines de mètres), une variation non enregistrée dans les résultats du débitmètre ancré fournis.

Les matériaux qui se déposent sur le fond (p. ex., les granulés et les fèces de poissons) et qui seraient rejetés au site piscicole proposé devraient demeurer à proximité du site proposé et ne devraient pas pénétrer dans la ZMP de la Musquash. Bien que l'étendue des déplacements des particules dépend de la vitesse de dépôt des particules, cette conclusion est bonne pour les vitesses de dépôt d'ordres de grandeur prudents supposés dans le présent rapport. DEPOMOD, qui est utilisé avec des taux d'alimentation de 500 et de 1 000 kg de nourriture par cage par jour, estime le flux de carbone associé aux particules qui se déposent sur le fond à $\geq 5 \text{ g C/m}^2/\text{jour}$ dans certaines zones à l'intérieur du site piscicole proposé.

Les substances qui demeurent en suspension ou dissoutes dans la colonne d'eau seront probablement déplacées sur des distances d'environ 10 km à chaque cycle de marée (le déplacement moyen des bouées dérivantes mises à l'eau dans le cadre de cette étude) et certaines de ces substances devraient pénétrer dans la ZMP de la Musquash. Dix kilomètres représentent une distance supérieure à celle séparant le site piscicole proposé et la ZMP de la Musquash. Six des dix-neuf bouées dérivantes (32 %) mises à l'eau au site proposé à marée montante ont pénétré dans la ZMP de la Musquash. Cinq autres de ces 19 bouées ont presque atteint la ZMP de la Musquash, et aucune bouée lâchée au site proposé à marée descendante n'a atteint la ZMP de la Musquash.

Cette réponse ne tient pas compte du déplacement possible des particules à la suite d'une remise en suspension. La possibilité d'un déplacement secondaire des matériaux remis en suspension vers le rivage et la ZMP de la Musquash est suggérée par les données historiques sur la dérive au fond, les débits résiduels estimés d'après les registres de données de débitmètres près du fond et des observations relatives au fait que la vitesse maximale du courant de marée montante est plus grande que la vitesse du courant de jusant. L'échelle de temps au cours de laquelle ce transport pourrait survenir est inconnue, et des connaissances insuffisantes sur la remise en suspension de sédiments et la dynamique de transport dans la région signifient qu'une évaluation plus approfondie de la possibilité que ce mécanisme de transport entraîne la pénétration de matériaux dans la ZMP de la Musquash était à l'extérieur de la portée du présent rapport.

L'embouchure de la ZMP de la Musquash ne devrait recevoir qu'une partie des matériaux rejetés au site piscicole proposé, plus précisément les matériaux qui demeurent en suspension ou qui sont dissous dans la colonne d'eau. Les apports de matériaux remis en suspension ou

transportés sur le fond demeurent une possibilité non quantifiée, et des travaux supplémentaires seraient nécessaires pour déterminer les conséquences écologiques particulières de ces apports.

Bien que des registres de données supplémentaires sur les courants pour cette région pourraient être utiles pour quantifier les variations annuelles dans le régime spatio-temporel de courants et pourraient modifier les estimations des régimes de transport et de dispersion décrits dans le présent document, il est peu probable que des données supplémentaires modifieraient de façon substantielle la conclusion selon laquelle les granulés et les fèces de poissons bien formées ont peu de chances d'être transportés directement dans la ZMP de la Musquash. Les données seraient toutefois utiles pour améliorer l'évaluation de l'exposition de la ZMP de la Musquash aux substances dissoutes et en suspension à vitesse de dépôt lente, ainsi qu'aux substances remises en suspension, de même que pour améliorer l'estimation du flux de carbone vers le fond.

Un effort pluriannuel plus étendu serait nécessaire pour estimer le régime d'exposition selon les concentrations et pour évaluer si cette exposition aurait des effets importants sur le plan écologique. En général, ces effets de champ lointain ne sont pas bien compris. Une évaluation de ces effets pourrait comprendre une bonne caractérisation de l'état de l'écosystème à l'embouchure de la ZMP de la Musquash, une quantification du degré de chargement organique graduel et une évaluation des conséquences biologiques qui pourraient être causées par cette charge.

Collaborateurs

<i>Contribution</i>	<i>Nom</i>	<i>Lieu de travail</i>
Auteur	F. Page	Sciences – Maritimes, MPO – Station biologique de St. Andrews
Auteur	B. Chang	Sciences – Maritimes, MPO – Station biologique de St. Andrews
Auteur	R. Losier	Sciences – Maritimes, MPO – Station biologique de St. Andrews
Auteur	P. McCurdy	Sciences – Maritimes, MPO – Station biologique de St. Andrews
Examineur	G. Bugden	Sciences – Maritimes, MPO – Institut océanographique de Bedford
Examineur	T. Milligan	Sciences – Maritimes, MPO – Institut océanographique de Bedford
Rédacteur	T. Worcester	Sciences – Maritimes, MPO – Institut océanographique de Bedford

Approuvé par

Michael Sinclair
Direction régional, Sciences
Dartmouth (N.-É.)
902-426-3490

Date : 12 mars 2009

Sources de renseignements

- Bugden, G.L. 1980. Point Lepreau Environmental Monitoring Ocean Drifter Release Program. Bedford Institute of Oceanography Report Series, BI-R-80-4.
- Bumpus, D.F., et L.M. Lauzier. 1965. Surface circulation on the continental shelf off eastern North America between Newfoundland and Florida. Serial Atlas of the marine Environment, Folio 7, American Geophysical Society.
- Forrester, W.D. 1959. Chapter 3 Current measurements in Passamaquoddy Bay and the Bay of Fundy 1957 and 1958. International Passamaquoddy Fisheries Board Report to International Joint Commission Appendix 1, Oceanography, octobre 1959.
- Godin, G. 1968. The 1965 current survey of the Bay of Fundy - A new analysis of the data and the interpretation of the results. Direction des sciences maritimes, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Série de rapports manuscrits n° 8.
- Mavor, J.W. 1921. Circulation of Water in Bay of Fundy and Gulf of Maine. Trans. Amer. Fish. Soc. 50: 334-344.
- Page, F.H., B. Chang, R. Losier, et P. McCurdy. 2009. Water currents, drifter trajectories and the estimated potential for organic particles released from a proposed salmon farm operation in Little Musquash Cove, southern New Brunswick to enter the Musquash Marine Protected Area. Document de recherche du SCCS 2009/003.
- Watson, E.E. 1936. Mixing and Residual Currents in Tidal Waters as Illustrated in the Bay of Fundy. J. Biol. Bd. Can. 2(2): 141-208.

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques
Région des Maritimes
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 1006, succursale B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

Téléphone : 902-426-7070
Télécopieur : 902-426-5435
Courriel : XMARMRAP@mar.dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas

© Sa Majesté la reine du chef du Canada, 2009

The English version is available at the above address.



La présente publication doit être citée comme suit :

- MPO. 2009. Courants, trajectoires des bouées dérivantes et potentiel de pénétration dans la ZMP de Musquash des particules organiques rejetées dans l'anse Little Musquash. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2009/001.