



ENRICHISSEMENT ORGANIQUE À PROXIMITÉ DE TROIS SITES AQUACOLES DE POISSONS PROPOSÉS DANS LE COMTÉ DE SHELBURNE (NOUVELLE-ÉCOSSE)

Contexte

Le 31 mai 2011, la Division de la gestion de l'habitat, Région des Maritimes, de Pêches et Océans Canada a demandé au secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, de formuler des conseils concernant les populations de saumon sauvage et d'autres poissons à proximité de trois sites aquacoles de poissons proposés à Middle Head, à Jordan Bay et à Blue Island, dans le comté de Shelburne, en Nouvelle-Écosse. Elle souhaite aussi obtenir des renseignements quant à la probabilité que le projet de développement proposé ait une incidence négative sur l'habitat. La demande de conseils repose sur l'examen d'une évaluation environnementale (ÉE) effectuée par la Division de la gestion de l'habitat pour un projet de développement de l'aquaculture proposé en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*. En particulier, la Division de la gestion de l'habitat a demandé à savoir ce qui suit :

- 1) Quelle est la zone de vulnérabilité concernant l'enrichissement organique prévu par le modèle DEPOMOD dans chaque site aquacole, pour un niveau de stock de 700 000 poissons avec :
 - a) le taux d'alimentation quotidien maximal;
 - b) le taux d'alimentation quotidien moyen.
- 2) Quelle est la zone de vulnérabilité concernant l'enrichissement organique prévu par le modèle DEPOMOD dans chaque site aquacole, pour un niveau de stock de 1 000 000 poissons avec :
 - a) le taux d'alimentation quotidien maximal;
 - b) le taux d'alimentation quotidien moyen.
- 3) À quel taux d'alimentation quotidien le taux de dépôt de $5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ serait-il dépassé pour chaque site?
- 4) Quelle est la zone de vulnérabilité concernant l'enrichissement organique pour les trois sites avec le taux d'alimentation maximal lorsqu'il y a remise en suspension?

Le processus spécial de réponse des Sciences (PSRS) de Pêches et Océans Canada a été utilisé pour répondre à cette demande en raison de l'échéance serrée pour la transmission des recommandations, fixée au 31 août 2011. Ce rapport de réponse des Sciences a été élaboré et examiné par courriel. Aucune réunion d'examen n'a eu lieu.

Renseignements de base

La Division de la gestion de l'habitat, Région des Maritimes, examine une évaluation environnementale qui porte sur trois sites aquacoles de poissons marins qui doivent être situés

dans le comté de Shelburne, en Nouvelle-Écosse (figure 1, annexe 2), pour déterminer s'il est probable que les sites aient des répercussions négatives sur les poissons et leur habitat. L'évaluation des risques de la Division de la gestion de l'habitat relativement au projet de développement de l'aquaculture proposé a relevé le risque que l'enrichissement organique ait des conséquences sur l'habitat à proximité des sites de développement proposés. Dans le cadre du processus fédéral d'évaluation environnementale, Pêches et Océans Canada peut fournir des conseils à Transports Canada sur les répercussions qui s'inscrivent dans le mandat de Pêches et Océans Canada. De plus, Pêches et Océans Canada peut conseiller le ministère des Pêches et de l'Aquaculture de la Nouvelle-Écosse sur le développement proposé de l'aquaculture. De plus amples renseignements sur l'évaluation environnementale concernant ce projet figurent dans le Registre canadien d'évaluation environnementale, sous le numéro de référence 11-01-61095.

Analyse

Le logiciel DEPOMOD (version 2.2) a été utilisé pour prévoir les conséquences qu'aurait le dépôt de déchets solides sur le fond marin à proximité des sites aquacoles proposés. Le modèle DEPOMOD est un modèle informatique conçu en Écosse et disponible dans le commerce (Cromey *et al.* 2002). Il a notamment servi à prévoir les effets de l'élevage du saumon sur le benthos en Colombie-Britannique (Chamberlain et Stucchi 2007; Chamberlain *et al.* 2005). Des études sur l'utilisation du modèle DEPOMOD ont aussi été menées dans certaines exploitations salmonicoles proposées du sud-ouest du Nouveau-Brunswick (SONB) et de la Nouvelle-Écosse (Page *et al.* 2009; MPO 2009; Page *et al.* en cours d'élaboration).

Grâce à des données sur l'emplacement des cages et leurs tailles, le taux d'alimentation, la vitesse du courant, la bathymétrie aux environs de sites, les taux de déchets alimentaires et le taux de particules fécales qui sombrent, le modèle DEPOMOD prévoit la répartition spatiale du carbone organique sur le fond marin (en $\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) obtenue à l'aide des estimations en matière de déchets alimentaires et d'excréments produits par les poissons d'élevage en cage. Ces taux de dépôt sont liés à la classification des exploitations salmonicoles du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, elle-même obtenue grâce à la concentration en sulfures des sédiments du suivi annuel (NBDENV 2006; NSDFA 2011); voir le tableau 1 (d'après des données de Hargrave *et al.* 2008 et Hargrave 2010).

Vous trouverez ci-dessous une description des données de sortie par la modélisation DEPOMOD qui ont été réalisées pour les sites aquacoles proposés. À l'annexe 1 se trouvent les détails concernant les données d'entrée et la méthodologie utilisées pour procéder à la modélisation DEPOMOD.

Réponse

Vitesse du courant

La figure 2 (annexe 2) présente les rosaces directionnelles du courant pour les différents sites proposés. On a observé que la direction des courants fluctue en fonction de la profondeur, en particulier à Middle Head et Blue Island. À Middle Head, le courant près de la surface est de direction sud-est, à mi-profondeur de direction nord-ouest et sud-est, et le courant proche du fond est de direction nord-nord-ouest et est-sud-est. À Jordan Bay, la direction du courant est

principalement nord-nord-ouest et sud-sud-est, indépendamment de la profondeur. À Blue Island, le courant près de la surface est de direction sud-sud-est, à mi-profondeur de direction nord-nord-ouest, tandis que vers le fond, le courant est de direction nord-nord-ouest et sud-sud-est.

Les données sur la vitesse du courant se trouvent dans la figure 3 et le tableau 6 (annexe 2). Les vitesses moyenne et maximale sont moindres à Jordan Bay. Dans ce site, les enregistrements de la vitesse du courant près du fond qui dépassent le seuil de remise en suspension ($9,5 \text{ cm s}^{-1}$) du modèle DEPOMOD sont également moins nombreux que dans les autres sites. Dans les trois sites, les vitesses moyenne et maximale du courant sont plus grandes près de la surface.

Taux de dépôt de carbone

Les figures 4 à 6 de l'annexe 2 présentent les tracés de contours des taux de dépôt de carbone prévus par la modélisation DEPOMOD. Les tableaux 7 et 8 de l'annexe 2 recensent les superficies des contours. Les paramètres de la relation linéaire entre le taux d'alimentation et taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine DEPOMOD se trouvent dans le tableau 9. Le tableau 10 (annexe 2) présente la quantité de poissons par cage qui permettrait de maintenir le taux de dépôt de carbone inférieur ou égal à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de grille du domaine.

Middle Head (site 1357)

a) *Sans remise en suspension*

S'il n'y a pas de remise en suspension, le modèle DEPOMOD prévoit qu'en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé avec un stock de 1 000 000 poissons, de grandes zones auront des taux de dépôt de carbone élevés : $101\,200 \text{ m}^2$ ayant des taux de dépôt de carbone de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ et $65\,300 \text{ m}^2$ en conditions anoxiques ($>10 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Avec un stock de 700 000 poissons (et le taux d'alimentation maximal), ces zones sont réduites à $74\,900 \text{ m}^2$ ayant des taux de dépôt de carbone supérieurs à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ et à $47\,600 \text{ m}^2$ en conditions anoxiques. Au niveau de stock le plus élevé, il y a six cages de plus et l'ensemble des cages couvre une plus grande aire; en outre, il y a un nombre légèrement plus grand de poissons par cage et un taux d'alimentation légèrement plus élevé par cage.

Avec le taux d'alimentation moyen proposé, la zone ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ est réduite à $43\,100 \text{ m}^2$ pour le stock de 1 000 000 poissons et à $29\,200 \text{ m}^2$ pour 700 000 poissons. Les zones en conditions anoxiques sont réduites à 900 m^2 pour 1 000 000 poissons et à 30 m^2 pour 700 000 poissons.

Le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD, en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé et avec un stock de 1 000 000 poissons, est de $38,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, taux environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé, soit $12,2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Avec un stock de 700 000 poissons, le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal est de $34,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, ce qui est également environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé, soit $8,2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Les taux d'alimentation maximaux proposés ($1\,050 \text{ kg d}^{-1}$ par cage de 700 000 poissons et $1\,184 \text{ kg d}^{-1}$ par cage de 1 000 000 poissons)

sont environ trois fois plus élevés que les taux d'alimentation moyens proposés (339 kg d⁻¹ par cage de 700 000 poissons et 374 kg d⁻¹ par cage de 1 000 000 poissons).

Le taux d'alimentation estimatif qui maintiendrait le taux de dépôt prévu inférieur ou égal à 5 g C m⁻² d⁻¹ dans toutes les cellules de grille du domaine du modèle DEPOMOD (fondé sur la relation linéaire entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD) est de 151 kg d⁻¹ par cage. Au cours de la période d'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est la plus élevée), ce taux d'alimentation nourrirait de 4 200 à 4 300 poissons par cage (au lieu de 29 167 à 33 333 poissons si l'on utilise le niveau de stock proposé).

b) *Avec remise en suspension*

S'il y a remise en suspension, et qu'on utilise le taux d'alimentation maximal proposé avec un stock de 1 000 000 poissons, la zone ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ est réduite à 74 200 m², soit de 27 %. Avec un stock de 700 000 poissons, cette zone est réduite à 54 600 m², soit de 27 % également. Les zones en conditions anoxiques sont réduites à 51 800 m², soit de 21 %, pour un stock de 1 000 000 poissons, et à 36 100 m², soit de 24 %, pour un stock de 700 000 poissons.

S'il l'on utilise le taux d'alimentation moyen proposé avec un stock de 1 000 000 poissons, la zone ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ est réduite à 6 300 m², soit de 85 %. Avec un stock de 700 000 poissons, cette zone est réduite à 1 300 m², soit de 96 %. La zone en conditions anoxiques est réduite à 0 m² aux deux niveaux de stock.

Le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé et avec un stock de 1 000 000 poissons est de 345,7 g C m⁻² d⁻¹, taux plus de cinq fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé (7,2 g C m⁻² d⁻¹). Avec un stock de 700 000 poissons, le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal est de 30,7 g C m⁻² d⁻¹, ce qui est plus de quatre fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé (7,2 g C m⁻² d⁻¹).

Le taux d'alimentation estimatif qui maintiendrait le taux de dépôt prévu inférieur ou égal à 5 g C m⁻² d⁻¹ dans toutes les cellules de grille du modèle DEPOMOD (fondé sur la relation linéaire entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD) est de 274 kg d⁻¹ par cage. Au cours de la période d'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est la plus élevée), ce taux d'alimentation nourrirait de 7 600 à 7 700 poissons par cage.

Jordan Bay (site 1358)

a) *Sans remise en suspension*

S'il n'y a pas de remise en suspension, le modèle DEPOMOD prévoit qu'en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé avec un stock de 1 000 000 poissons, de grandes zones auront des taux de dépôt de carbone élevés : 78 100 m² ayant des taux de dépôt de carbone de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ et 56 100 m² en conditions anoxiques (>10 g C m⁻² d⁻¹). Avec un stock de 700 000 poissons (et le taux d'alimentation maximal), ces zones sont réduites à 61 600 m² ayant des taux de dépôt de carbone de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ et à 42 900 m² en conditions

anoxiques. Au niveau de stock le plus élevé, il y a six cages de plus et l'ensemble des cages couvre une plus grande aire; en outre, il y a un nombre légèrement plus grand de poissons par cage et un taux d'alimentation légèrement plus élevé par cage.

Avec le taux d'alimentation moyen proposé, la zone ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ est réduite à $36\,700 \text{ m}^2$ pour un stock de $1\,000\,000$ poissons et à $26\,000 \text{ m}^2$ pour un stock de $700\,000$ poissons. Les zones en conditions anoxiques sont réduites à $13\,000 \text{ m}^2$ pour le stock de $1\,000\,000$ poissons et à $8\,000 \text{ m}^2$ pour le stock de $700\,000$ poissons.

Le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé et avec un stock de $1\,000\,000$ poissons est de $68,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, taux environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé ($21,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Avec un stock de $700\,000$ poissons, le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal est de $57,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, ce qui est également environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé ($18,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).

Le taux d'alimentation estimatif qui maintiendrait le taux de dépôt prévu inférieur ou égal à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de grille du domaine du modèle DEPOMOD (fondé sur la relation linéaire entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD) est de 93 kg d^{-1} par cage. Au cours de la période d'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est la plus élevée), ce taux d'alimentation nourrirait $2\,600$ poissons par cage.

b) Avec remise en suspension

S'il y a remise en suspension, et qu'on utilise le taux d'alimentation maximal proposé avec un stock de $1\,000\,000$ poissons, la zone ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ est réduite à $73\,500 \text{ m}^2$, soit de 6 %. Avec un stock de $700\,000$ poissons, cette zone est réduite à $56\,000 \text{ m}^2$, soit de 7 %. Les zones en conditions anoxiques sont réduites à $53\,100 \text{ m}^2$, soit de 5 % pour un stock de $1\,000\,000$ poissons, et à $38\,300 \text{ m}^2$, soit de 8 % pour un stock de $700\,000$ poissons.

S'il l'on utilise le taux d'alimentation moyen proposé avec un stock de $1\,000\,000$ poissons, la zone ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ est réduite à $29\,800 \text{ m}^2$ (19 %). Avec un stock de $700\,000$ poissons, cette zone est réduite à $20\,900 \text{ m}^2$ (20 %). Les zones en conditions anoxiques sont réduites à $10\,000 \text{ m}^2$ (23 %) pour un stock de $1\,000\,000$ poissons, et à $5\,600 \text{ m}^2$ (30 %) pour un stock de $700\,000$ poissons.

Le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé et avec un stock de $1\,000\,000$ poissons est de $67,4 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, taux plus de trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé ($20,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Avec un stock de $700\,000$ poissons, le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal est de $56,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, ce qui est également environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen ($17,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).

Le taux d'alimentation estimatif qui maintiendrait le taux de dépôt prévu inférieur ou égal à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de grille du domaine du modèle DEPOMOD (fondé sur la relation entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du

modèle DEPOMOD) est de 113 kg d⁻¹ par cage. Au cours de la période d'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est la plus élevée), ce taux d'alimentation nourrirait de 3 100 à 3 200 poissons par cage.

Blue Island (site 1359)

a) *Sans remise en suspension*

S'il n'y a pas de remise en suspension, le modèle DEPOMOD prévoit qu'en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé avec un stock de 1 000 000 poissons, de grandes zones auront des taux de dépôt de carbone élevés : 100 900 m² ayant des taux de dépôt de carbone de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ et 64 800 m² en conditions anoxiques (>10 g C m⁻² d⁻¹). Avec un stock de 700 000 poissons (et le taux d'alimentation maximal), ces zones sont réduites à 77 200 m² ayant des taux de dépôt de carbone de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ et à 46 900 m² en conditions anoxiques. Au niveau de stock le plus élevé, il y a six cages de plus et l'ensemble des cages couvre une plus grande aire; en outre, il y a un nombre légèrement plus grand de poissons par cage et un taux d'alimentation légèrement plus élevé par cage.

Avec le taux d'alimentation moyen proposé, la zone ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ est réduite à 40 000 m² avec un stock de 1 000 000 poissons et à 25 700 m² avec 700 000 poissons. La zone en conditions anoxiques est réduite à 3 800 m² avec un stock de 1 000 000 poissons et à 200 m² avec 700 000 poissons.

Le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé et avec un stock de 1 000 000 poissons est de 44,3 g C m⁻² d⁻¹, taux environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé (14,0 g C m⁻² d⁻¹). Avec un stock de 700 000 poissons, le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé est de 37,4 g C m⁻² d⁻¹, qui est également environ trois fois plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé (12,1 g C m⁻² d⁻¹).

Le taux d'alimentation estimatif qui maintiendrait le taux de dépôt prévu supérieur ou égal à 5 g C m⁻² d⁻¹ dans toutes les cellules de la grille du domaine du modèle DEPOMOD (basé sur la relation entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD) est de 141 kg d⁻¹ par cage. Au cours de la période d'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est au point le plus élevé), ce taux d'alimentation nourrirait de 3 900 à 4 000 poissons par cage.

b) *Avec remise en suspension*

S'il y a remise en suspension, la zone ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé avec un stock de 1 000 000 poissons est réduite de 48 % à 52 600 m², tandis qu'avec un stock de 700 000 poissons, la zone est réduite de 54 % à 35 500 m². Les zones en conditions anoxiques sont réduites de 58 % à 27 300 m² avec un stock de 1 000 000 poissons, et de 66 % à 16 000 m² avec un stock de 700 000 poissons.

Avec le taux d'alimentation moyen proposé, la zone ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ (y compris les zones en conditions anoxiques) est réduite à 0 m² aux deux niveaux de stock.

Le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux maximal d'alimentation proposé et avec un stock de 1 000 000 poissons est de $33,8 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, taux beaucoup plus élevé qu'en utilisant le taux d'alimentation moyen proposé ($4,4 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Avec un stock de 700 000 poissons, le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD en utilisant le taux d'alimentation maximal proposé est de $27 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, qui est également beaucoup plus élevé qu'en utilisant le taux moyen d'alimentation proposé ($3,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).

Le taux d'alimentation estimatif qui maintiendrait le taux de dépôt prévu supérieur ou égal à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de la grille du domaine du modèle DEPOMOD (basé sur la relation entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt prévu le plus élevé dans le domaine du modèle DEPOMOD) est de 388 kg d^{-1} par cage. Au cours de la période d'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est au point le plus élevé), ce taux d'alimentation nourrirait de 10 800 à 10 900 poissons par cage.

Comparaison entre les sites

Avec un stock de 1 000 000 poissons, le taux d'alimentation maximal proposé et sans la remise en suspension, les zones des trois sites prévues comme ayant des taux de dépôt de carbone élevés ont une taille assez semblable : la zone ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ varie entre $78\,100$ et $101\,200 \text{ m}^2$, et la zone ayant des sédiments anoxiques varie entre $56\,100$ et $65\,300 \text{ m}^2$. Avec le taux d'alimentation moyen proposé, les zones ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ont également une taille semblable parmi les sites, variant entre $36\,700$ et $43\,100 \text{ m}^2$. Toutefois, le site de Jordan Bay a une plus grande zone en conditions anoxiques ($13\,000 \text{ m}^2$), par rapport à 900 m^2 à Middle Head et à $3\,800 \text{ m}^2$ à Blue Island. La comparaison des sites ayant un stock de 700 000 poissons produit des résultats similaires à ceux observés aux sites ayant 1 000 000 poissons, mais avec des valeurs inférieures dans tous les cas.

En effectuant la modélisation DEPOMOD avec la remise en suspension, la taille des zones ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ et en conditions anoxiques diminue aux trois sites. Les effets de la remise en suspension sont plus grands à Blue Island et sont moindres à Jordan Bay. À Jordan Bay, la remise en suspension réduit la zone ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ de 6 à 7 % en utilisant les taux d'alimentation maximaux proposés et de 19 à 20 % en utilisant les taux d'alimentation moyens proposés. À Middle Head, la réduction est de 27 % en utilisant les taux d'alimentation maximaux proposés et de 85 à 96 % en utilisant les taux d'alimentation moyens proposés. Quant à Blue Island, la réduction est de 48 à 54 % en utilisant les taux d'alimentation maximaux proposés et de 100 % en utilisant les taux d'alimentation moyens proposés. Ces résultats reflètent les différences entre les vitesses du courant, qui sont plus petites à Jordan Bay et plus grandes à Blue Island (tableau 6 et figures 2 et 3, annexe 2).

Les plus hauts taux de dépôt de carbone prévus dans les domaines des modèles DEPOMOD en utilisant les taux d'alimentation maximaux proposés varient entre les sites. Les plus grandes valeurs sont à Jordan Bay (58 et $68 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ sans remise en suspension aux niveaux de stock de 700 000 et 1 000 000 poissons, respectivement; 56 et $67 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ avec remise en suspension); les taux sont beaucoup plus bas à Middle Head (35 et $38 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ sans remise en suspension; 30 et $35 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ avec remise en suspension) et à Blue Island (34 et $41 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ sans remise en suspension; 24 et $31 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ avec remise en suspension). Avec la remise en suspension, la réduction du taux de dépôt prévu le plus élevé dans le

domaine du modèle DEPOMOD est plus grande à Blue Island (entre 24 et 28 %), plus petite à Jordan Bay (2 %), et intermédiaire à Middle Head (entre 10 et 12 %).

Puisque que la remise en suspension a pour conséquence le transport de certaines particules hors des environs de l'exploitation aquacole, les zones prévues comme ayant des taux de dépôt élevés sont plus petites lorsque la modélisation DEPOMOD est effectuée avec remise en suspension. Le module de remise en suspension a été validé à certaines exploitations salmonicoles écossaises (Cromey *et al.* 2002), où les vitesses moyennes du courant près du fond étaient faibles (de 3,6 à 6,2 cm s⁻¹). Cependant, il a été établi à une exploitation de la Colombie-Britannique, où la vitesse moyenne du courant était plus élevée (7,9 cm s⁻¹), que le module de remise en suspension surestimait le transport des particules hors des exploitations (Chamberlain et Stucchi 2007); il semble que ce soit également le cas à certaines exploitations du sud-ouest du Nouveau-Brunswick où le modèle DEPOMOD a été testé, à l'exception de celles où les vitesses du courant sont très basses (Page *et al.* en cours d'élaboration). Cela laisse supposer que les prédictions du modèle DEPOMOD avec la remise en suspension devraient être utilisées avec précaution, puisqu'on ne sait pas si le seuil de la vitesse du courant pour la remise en suspension, soit 9,5 cm s⁻¹ (près du fond), et le temps de consolidation de quatre jours sont appropriés pour les conditions des sites aquacoles examinés dans la présente étude. La vitesse moyenne du courant au site de Jordan Bay (6,3 cm s⁻¹) était à l'extrémité supérieure de l'étendue des vitesses moyennes du courant près du fond dans l'étude de Cromey *et al.* (2002). Cependant, les vitesses moyennes du courant près du fond aux deux autres sites étaient plus élevées (7,6 à 8 cm s⁻¹) et semblables à celles de l'étude de Chamberlain et Stucchi (2007).

Récapitulation

Les réponses ci-dessous aborderont les questions précises posées par la Division de la gestion de l'habitat. Ces réponses supposent que la zone de vulnérabilité est la zone où le modèle DEPOMOD prédit que le taux de dépôt de carbone sera plus élevé que 5 g C m⁻² d⁻¹.

- 1) Quelle est la zone de vulnérabilité concernant l'enrichissement organique prévu par le modèle DEPOMOD (sans remise en suspension) pour chaque site aquacole, d'après un niveau de stock s'élevant à 700 000 poissons :

a) au taux d'alimentation maximal quotidien

Middle Head : 74 900 m²
Jordan Bay : 60 200 m²
Blue Island : 77 200 m²

b) au taux d'alimentation moyen quotidien

Middle Head : 29 200 m²
Jordan Bay : 26 000 m²
Blue Island : 25 700 m²

- 2) Quelle est la zone de vulnérabilité concernant l'enrichissement organique prévu par le modèle DEPOMOD (sans remise en suspension) pour chaque site aquacole, d'après un niveau de stock s'élevant à 1 000 000 poissons :

a) au taux d'alimentation maximal quotidien

Middle Head : 101 200 m²
Jordan Bay : 78 100 m²
Blue Island : 100 900 m²

b) le taux d'alimentation quotidien moyen.

Middle Head : 43 100 m²
Jordan Bay : 36 700 m²
Blue Island : 40 000 m²

3) À quel taux d'alimentation quotidien le taux de dépôt de 5 g m⁻² d⁻¹ serait-il dépassé pour chaque site (sans la remise en suspension)?

Le taux de dépôt de carbone prévu (dans toute cellule de grille du domaine du modèle DEPOMOD) dépassera 5 g C m⁻² d⁻¹ aux taux d'alimentation suivants :

Middle Head : 151 kg d⁻¹ par cage
Jordan Bay : 93 kg d⁻¹ par cage
Blue Island : 141 kg d⁻¹ par cage

4) Quelle est la zone de vulnérabilité concernant l'enrichissement organique pour les trois sites avec le taux d'alimentation maximal lorsqu'il y a remise en suspension?

a) à un niveau de stock de 700 000 poissons

Middle Head : 54 600 m²
Jordan Bay : 56 000 m²
Blue Island : 35 500 m²

a) à un niveau de stock de 1 000 000 poissons

Middle Head : 74 200 m²
Jordan Bay : 73 500 m²
Blue Island : 52 600 m²

Conclusions

Avec la désactivation du module de remise en suspension du modèle DEPOMOD, les zones touchées prévues sont de tailles assez similaires parmi les trois sites aux deux niveaux de stock : de grandes zones ayant un taux de dépôt prévu de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ et de grandes zones en conditions anoxiques (plus de 10 g C m⁻² d⁻¹) sont prévues aux trois sites, avec les taux d'alimentation maximaux et moyens proposés.

Avec la remise en suspension, les zones ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ sont plus petites aux trois sites, mais il y a des différences entre les sites. Avec les taux d'alimentation maximaux, les zones prévues comme ayant des taux de dépôt de plus de 5 g C m⁻² d⁻¹ sont toujours importantes dans tous les sites, les zones les plus grandes se

trouvant à Jordan Bay et les plus petites, à Blue Island. Avec les taux d'alimentation moyens, les zones ayant des taux de dépôt de plus de $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ sont toujours importantes à Jordan Bay, mais sont petites à Middle Head et inexistantes à Blue Island.

Sans la remise en suspension, les taux de dépôt prévus les plus élevés dans les domaines du modèle DEPOMOD (avec les taux d'alimentation maximaux et moyens proposés) sont plus élevés à Jordan Bay qu'aux autres sites, dont les taux sont semblables entre eux, mais bien plus faibles qu'à Jordan Bay. Avec la remise en suspension, les taux de dépôt prévus les plus élevés dans les domaines du modèle DEPOMOD ont diminué aux trois sites. La réduction est plus grande à Blue Island et plus petite à Jordan Bay.

Une réduction considérable du taux d'alimentation et du niveau de stock serait nécessaire pour maintenir les taux de dépôt inférieur ou égal à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de la grille du domaine du modèle DEPOMOD au moment de l'alimentation la plus intense (lorsque la biomasse de poissons est au point le plus élevé) aux trois sites.

Collaborateurs

<i>Nom</i>	<i>Affiliation</i>
F. Page	MPO, Région des Maritimes, Sciences
B. Chang	MPO, Région des Maritimes, Sciences
R. Losier	MPO, Région des Maritimes, Sciences

Approuvé par :

Alain Vézina
Directeur régional des Sciences, MPO Région des Maritimes
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Tél. : 902-426-3490
Date : le 15 décembre 2011

Sources de renseignements

Chamberlain, J., Stucchi, D. 2007. Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish aquaculture. *Aquaculture* 272:296-311.

Chamberlain, J., Stucchi, D., Lu, L., Levings, C. 2005. La pertinence de DEPOMOD comme outil de gestion de la pisciculture, plus particulièrement pour la Région du Pacifique. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2005/35.

Cromey, C.J., Nickell, T.D., Black, K.D. 2002. DEPOMOD – modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture* 214:211-239.

Hargrave, B.T. 1994. A benthic enrichment index. *In*: Hargrave, B.T. (éd.) *Modelling benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture*. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 1949. p. 79-91.

- Hargrave, B.T. 2010. Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. *Aquacult. Environ. Interact.* 1:33-46.
- Hargrave, B.T., Holmer, M., Newcombe, C.P. 2008. Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Mar. Poll. Bull.* 56:810-824.
- MENVNB (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick). 2006. Le Programme de gestion environnementale pour l'industrie aquacole des poissons de mer en cage au Nouveau-Brunswick. Version 2.0. Fredericton (N.-B.) : MENVNB. 21 p. Accès : <http://www.gnb.ca/0009/0369/0017/pdfs/0010-f.pdf> (consulté en novembre 2011).
- MPANE (ministère des Pêches et de l'Aquaculture de la Nouvelle-Écosse). 2011. Environmental Monitoring Program Framework for Marine Aquaculture in Nova Scotia. Halifax (N.-É.) : MPANE. 19 p. Accès : <http://www.gov.ns.ca/fish/aquaculture/ns-emp-framework-march2011.pdf> (consulté en novembre 2011).
- 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.
- Page, F.H., Chang, B., Losier, R., McCurdy, P. 2009. Courants, trajectoires de bouées dérivantes et estimation de la probabilité que des particules organiques provenant d'un élevage de saumons proposé pour l'anse Little Musquash, dans le sud du Nouveau-Brunswick, pénètrent dans la zone de protection marine de la Musquash. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2009/003.
- SIMC (Sweeney International Management Corp.), SMEI (SIMCorp Marine Environmental Inc.) 2010. Environmental impact assessment: proposed aquaculture sites at Middle Head, Jordan Bay & Blue Island. Préparé pour Kelly Cove Salmon Ltd., Woods Harbour (N.-É.).
- SIMC (Sweeney International Management Corp.), SMEI (SIMCorp Marine Environmental Inc.) 2011. Baseline assessment & current data report: proposed sites #1357, 1358 & 1359; Middle Head, Jordan Bay & Blue Island, NS. Préparé pour Kelly Cove Salmon Ltd., Woods Harbour (N.-É.) et les ministères de l'Agriculture et des Pêches et de l'Aquaculture de la Nouvelle-Écosse, Halifax (N.-É.)

Annexes

Annexe 1

Méthodologie

Les données sur l'emplacement et la taille des cages, les taux d'alimentation proposés et la vitesse du courant ont été fournis par le promoteur (SIMC et SMEI 2010 et 2011, en plus de données supplémentaires fournies par Sweeney International Management Corp. au nom du promoteur, Kelly Cove Salmon Ltd.). Les données sur la vitesse du courant ont été recueillies par Sweeney International Management Corp. au moyen d'un profileur de courant à effet Doppler Sentinel de RDI de 600 kHz, installé sur le fond marin au centre de chacune des concessions proposées. L'emplacement, la période et la durée des déploiements du courantomètre sont indiqués dans le tableau 2 (l'emplacement exact du déploiement du courantomètre dans la concession proposée de Jordan Bay n'était pas connu). Le profileur mesure la vitesse et la direction du courant à des intervalles de temps de 15 min et à des intervalles de profondeur d'un mètre dans toute la colonne d'eau.

Le modèle DEPOMOD a été utilisé pour prévoir les taux de dépôt de carbone au moyen du scénario de distribution des aliments en continu; il s'agit du scénario habituellement utilisé pour les exploitations proposées ou opérationnelles. Le modèle prévoit les taux de dépôt dans un domaine défini par l'utilisateur; celui-ci définit également la taille des cellules de la grille. La taille du domaine de cette étude était de 1 000 m par 1 000 m et la taille d'une cellule de la grille était de 10 m par 10 m. Le modèle DEPOMOD permet à l'utilisateur de définir des grilles distinctes pour les grandes et les petites tailles; toutefois, dans cette étude, une seule grille a été utilisée pour tout le domaine.

Le modèle DEPOMOD comprend un module de remise en suspension, qui permet d'activer ou de désactiver la remise en suspension. Le modèle a d'abord été effectué avec remise en suspension, puis sans remise en suspension. Le seuil (contrainte de cisaillement critique) pour la remise en suspension dans le modèle DEPOMOD correspond à une vitesse du courant près du fond d'environ $9,5 \text{ cm s}^{-1}$, et ne peut pas être modifié. La remise en suspension n'a une incidence que sur les particules non consolidées; le modèle a été effectué avec le temps de consolidation des particules par défaut de quatre jours.

Les tracés de contours pour le taux de dépôt de carbone par cellule de grille ont été obtenus grâce à la 3^e version du logiciel Vertical Mapper de MapInfo. On a eu recours à une interpolation bilinéaire avec les valeurs par défaut (calculées par le programme) de la taille des cellules (0,0001 unité de cellule) et du rayon de recherche (0,0039 unité cartographique). L'intervalle entre les contours a été défini par les taux de dépôt de carbone correspondant à la classification des sédiments du tableau 1. On considère que les taux de dépôt inférieurs à $0,3 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ correspondent au taux de dépôt naturel. Il s'agit du taux de dépôt de carbone des sites de contrôle du sud-ouest du Nouveau-Brunswick rapportés dans Hargrave (1994).

Dans le cas où le taux de dépôt de carbone prévu dépasse $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans n'importe quelle cellule de grille du domaine du modèle DEPOMOD, on s'est intéressé à déterminer quel serait le taux d'alimentation le plus haut avec lequel le dépôt de carbone serait maintenu sous cette valeur dans toutes les cellules. Dans le modèle DEPOMOD, la relation entre le taux d'alimentation et le taux de dépôt de carbone prévu le plus élevé (dans toutes les cellules) est une relation linéaire :

$$D_{Max} = a + bA$$

où D_{Max} est le taux de dépôt de carbone prévu le plus élevé ($\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) de toutes les cellules dans le domaine du modèle DEPOMOD, A est le taux d'alimentation (kg d^{-1} par cage), a est le point d'intersection avec l'axe des ordonnées et b est la pente de la droite. Les valeurs de a et b pour n'importe quel site peuvent être déterminées en traçant le graphique du taux d'alimentation en fonction du taux de dépôt de carbone maximal prévu pour deux taux d'alimentation, ou plus, à chaque site. A_{D5} , le taux d'alimentation à l'origine de $D_{Max} = 5 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ peut alors être estimé d'après la relation linéaire. P_{D5} , le plus grand nombre de poissons par cage qui permettrait de maintenir $D_{Max} \leq 5 \text{ g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$, peut alors être calculé comme suit :

$$S_{D5} = \frac{F_{D5}}{F_{Max}} S_{Proposed}$$

où A_{Max} est le taux d'alimentation maximal proposé (kg d^{-1} par cage), et $P_{Proposé}$ est le nombre de poissons par cage proposé.

Données d'entrée

Les renseignements sur la production des exploitations salmonicoles proposées pour les deux niveaux de stock figurent dans le tableau 3 (annexe 2). On propose de commencer par mettre en charge dans chaque exploitation 700 000 saumoneaux répartis dans 24 cages (en 2012 pour les sites de Jordan Bay et Blue Island; en 2013 pour le site de Middle Head), puis d'augmenter leur nombre à 1 000 000 saumoneaux répartis dans 30 cages lors de la mise en charge suivante (en 2015 pour Jordan Bay et Blue Island; en 2016 pour Middle Head). La modélisation du logiciel DEPOMOD a été faite pour les trois exploitations avec les deux niveaux de stock et en présupposant qu'il n'y a pas de mortalité.

La modélisation DEPOMOD a été faite en utilisant les taux d'alimentation moyens et maximaux proposés par cage et les deux niveaux de stock. Les taux d'alimentation maximaux sont environ trois fois plus élevés que les taux d'alimentation moyens. Le nombre de poissons par cage et le taux d'alimentation sont légèrement plus élevés quand le niveau de stock est de 1 000 000 saumoneaux.

Pour la vitesse du courant, des enregistrements horaires (pas de temps par défaut), ont été extraits des fichiers de données brutes du courantomètre pour trois zones de profondeur (nombre de zones recommandé par Cromey *et al.* 2002), une fois les fichiers vérifiés pour détecter les erreurs. Les trois zones de profondeur sont proches de la surface, à mi-profondeur et proches du fond (voir tableau 4, annexe 2).

Les données bathymétriques ont été obtenues auprès du Service hydrographique du Canada (SHC). Une grille de valeurs de profondeur, qui correspondent au centre de chaque cellule de grille DEPOMOD, a été créée par interpolation des données du SHC. Les profondeurs moyennes, par rapport au zéro des cartes (marée normale la plus basse), pour chaque concession proposée sont les suivantes :

Middle Head (site 1357) :	18,8 m
Jordan Bay (site 1358) :	12,7 m
Blue Island (site 1359) :	18,4 m

La hauteur de marée moyenne est fixée à 1,4 m au-dessus du zéro des cartes dans l'écran principal de dialogue et de saisie du logiciel DEPOMOD.

Les autres valeurs d'entrée du modèle DEPOMOD se trouvent dans le tableau 5 de l'annexe 2. Dans la plupart des cas, ces valeurs sont des valeurs par défaut du logiciel DEPOMOD ou sont tirées des articles Cromey *et al.* (2002) ou Chamberlain et Stucchi (2007).

Annexe 2

Tableau 1. Classifications des sites des exploitations aquacoles au Nouveau-Brunswick (NBDENV 2006) et en Nouvelle-Écosse (NSDFA 2011) selon la concentration en sulfures des sédiments et les taux de dépôt de carbone correspondants (d'après Hargrave et al. 2008 et Hargrave 2010).

Classification du site : Nouveau-Brunswick	Classification du site : Nouvelle-Écosse	Concentration en sulfures des sédiments (μM)	Taux de dépôt de carbone (DEPOMOD) ($\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$)
Oxique A	Oxique A	<750	<1,0
Oxique B	Oxique B	750 à 1 500	1,0 à 2,0
Hypoxique A	Hypoxique A	1 500 à 3 000	2,0 à 5,0
Hypoxique B	Hypoxique B	3 000 à 4 500	5,0 à 7,5
Hypoxique C		4 500 à 6 000	7,5 à 10,0
Anoxique	Anoxique	>6 000	>10,0

Tableau 2. Dates et durée des mouillages de courantomètres dans les exploitations salmonicoles proposées dans la région de Shelburne. On ne connaît pas l'emplacement exact du mouillage à Jordan Bay (n.d.), mais il reste dans les limites des concessions proposées (voir figure 1).

Emplacement	Site	Latitude	Longitude	Date de début	Date de fin	Durée (jours)
Middle Head	1357	43.64297° N	65.26759° W	4 mai 2010	31 mai 2010	27
Jordan Bay	1358	n.d.	n.d.	27 avr. 2011	20 mai 2011	23
Blue Island	1359	43.68057° N	65.20458° W	29 oct. 2010	26 nov. 2010	28

Tableau 3. Renseignements sur la production de trois exploitations salmonicoles dans la région de Shelburne pour les niveaux de stock de 700 000 et 1 000 000 poissons par site. Les valeurs sont les mêmes pour les trois exploitations à l'exception de la profondeur des filets des cages qui est de 8 m à Jordan Bay et de 10 m dans les autres exploitations.

Paramètre	700 000 saumoneaux	1 000 000 saumoneaux
Superficie des concessions	40 ha	40 ha
Nombre de cages	24	30
Circonférence des cages	100 m	100 m
Diamètre des cages	32 m	32 m
Profondeur des filets des cages (sous la surface)	8 à 10 m	8 à 10 m
Nombre de poissons par cage	29 167	33 333
Taux d'alimentation moyen par cage	339 kg d ⁻¹	374 kg d ⁻¹
Taux d'alimentation maximal par cage	1 050 kg d ⁻¹	1 184 kg d ⁻¹

Tableau 4. Données de la vitesse du courant selon la profondeur et l'exploitation salmonicole de la région de Shelburne utilisées pour la modélisation DEPOMOD. La profondeur moyenne est la distance entre la surface de l'eau et le plancher océanique à l'emplacement du mouillage du courantomètre, d'après les données bathymétriques et maréales du Service hydrographique du Canada.

Exploitation	Profondeur moyenne de l'eau au courantomètre (m)	Zone de profondeur	Nombre d'enregistrements à l'heure	Lieu de la zone de profondeur
Middle Head (site 1357)	20,0	Proche de la surface	650	2,5 m sous la surface
		Mi-profondeur	650	8,6 m au-dessus du fond
		Proche du fond	650	3,6 m au-dessus du fond
Jordan Bay (site 1358)	14,2	Proche de la surface	543	2,5 m sous la surface
		Mi-profondeur	543	7,7 m au-dessus du fond
		Proche du fond	543	4,7 m au-dessus du fond
Blue Island (site 1359)	20,0	Proche de la surface	672	2,5 m sous la surface
		Mi-profondeur	672	10,6 m au-dessus du fond
		Proche du fond	672	3,6 m au-dessus du fond

Tableau 5. Valeur des paramètres saisis dans le modèle DEPOMOD

Paramètre	Valeur
Module de génération de grille	
Dimensions des cellules de grille (grilles pour les grandes et les petites tailles)	10 x 10 m
Nombre de cellules de grille pour les grandes tailles	99 x 99
Nombre de cellules de grille pour les petites tailles	98 x 98
Module de suivi des particules	
Type de matière	Carbone
Type de distribution des aliments	Distribution des aliments en continu
<i>Renseignements sur les particules (voir Chamberlain et Stucchi 2007; Cromey et al. 2002)</i>	
Teneur en eau des aliments	10 %
Digestibilité des aliments	90 %
% d'aliments gaspillés dans les aliments distribués	3 %
% de carbone dans les aliments agglomérés (poids sec)	57 %
% de carbone dans les excréments (poids sec)	33 %
Vitesse de sédimentation des aliments agglomérés (moyenne ± écart-type)	10,8 ± 2,7 cm s ⁻¹
Vitesse de sédimentation des excréments (moyenne ± écart-type)	3,2 ± 1,1 cm s ⁻¹
<i>Données de vitesse du courant (voir Cromey et al. 2002)</i>	
Zones de vitesse du courant	3 : proche de la surface, mi-profondeur, proche du fond
Pas de temps pour la vitesse du courant (valeur par défaut)	3 600 s (1 h)
<i>Modèle de turbulence (valeurs par défaut)</i>	
Modèle de parcours aléatoire	Oui
Coefficient de dispersion (x)	0,100 m ⁻² s ⁻¹
Coefficient de dispersion (y)	0,100 m ⁻² s ⁻¹
Coefficient de dispersion (z)	0,001 m ⁻² s ⁻¹
<i>Modèle de trajectoire des particules (valeurs par défaut)</i>	
Nombre de particules libérées (pour chaque type de particule, par cage et à chaque pas de temps)	10
Précision de l'évaluation de la trajectoire	Élevée (60 s)
Module de remise en suspension	
Nombre de boucles pour lequel le modèle est exécuté	2
Temps de consolidation des particules (valeur par défaut)	4 jours
Seuil d'érosion critique (non ajustable)	9,5 cm s ⁻¹

Tableau 6. Résumé des données sur la vitesse du courant des mouillages de courantomètres dans les trois exploitations salmonicoles proposées de la région de Shelburne. Les valeurs données sont obtenues d'après les enregistrements horaires de la vitesse du courant lors des mouillages de courantomètres sur 23 à 28 jours (voir tableau 2). Dans les zones proches du fond, une vitesse de courant d'environ $9,5 \text{ cm s}^{-1}$ constitue le seuil de contrainte de cisaillement critique pour la remise en suspension selon le modèle DEPOMOD.

Zone de profondeur	Vitesse du courant (cm s^{-1})			% d'enregistrements proches du sol > $9,5 \text{ cm s}^{-1}$
	Minimale	Moyenne	Maximale	
Middle Head (site 1357)				
Proche de la surface	1,3	9,9	31,5	
Mi-profondeur	1,5	8,2	21,2	
Proche du fond	1,7	7,6	21,1	23,8
Jordan Bay (site 1358)				
Proche de la surface	1,5	7,7	22,0	
Mi-profondeur	0,8	6,8	21,6	
Proche du fond	0,4	6,3	14,8	12,3
Blue Island (site 1359)				
Proche de la surface	1,3	10,1	36,7	
Mi-profondeur	0,8	7,6	27,0	
Proche du fond	0,7	8,0	25,7	31,3

Tableau 7a. Prévisions du modèle DEPOMOD de la superficie de zones selon leur taux de dépôt de carbone dans les trois exploitations salmonicoles proposées de la région de Shelburne, en Nouvelle-Écosse, pour un niveau de stock de 700 000 saumoneaux et le taux d'alimentation maximal proposé (1 050 kg d⁻¹ par cage). Les zones qui ont un taux de dépôt naturel (< 0,3 g C m⁻² d⁻¹) sont exclues des zones oxiques A.

Classification du site	Taux de dépôt de carbone (g C m ⁻² d ⁻¹)	Superficie de la zone (m ²) (taux d'alimentation maximal)		Changements dus à la remise en suspension	
		Sans remise en suspension	Avec remise en suspension	Superficie (m ²)	Pourcentage
Middle Head (site 1357)					
Oxique A	0,3 à 1,0	21 300	9 800	-11 500	-54
Oxique B	1,0 à 2,0	10 500	9 900	-600	-6
Hypoxique A	2,0 à 5,0	19 100	21 700	2 600	14
Hypoxique B	5,0 à 7,5	17 000	10 000	-7 000	-41
Hypoxique C	7,5 à 10,0	10 300	8 500	-1 800	-17
Anoxique	>10,0	47 600	36 100	-11 500	-24
> 5 g C m ⁻² d ⁻¹	>5,0	74 900	54 600	-20 300	-27
Jordan Bay (site 1358)					
Oxique A	0,3 à 1,0	13 400	7 600	-5 800	-43
Oxique B	1,0 à 2,0	7 700	10 700	3 000	39
Hypoxique A	2,0 à 5,0	23 400	19 000	-4 400	-19
Hypoxique B	5,0 à 7,5	10 300	9 400	-900	-9
Hypoxique C	7,5 à 10,0	8 400	8 300	-100	-1
Anoxique	>10,0	41 500	38 300	-3 200	-8
> 5 g C m ⁻² d ⁻¹	>5,0	60 200	56 000	-4 200	-7
Blue Island (site 1359)					
Oxique A	0,3 à 1,0	20 700	18 000	-2 700	-13
Oxique B	1,0 à 2,0	10 900	15 100	4 200	39
Hypoxique A	2,0 à 5,0	15 800	19 400	3 600	23
Hypoxique B	5,0 à 7,5	19 200	12 200	-7 000	-36
Hypoxique C	7,5 à 10,0	11 100	7 300	-3 800	-34
Anoxique	>10,0	46 900	16 000	-30 900	-66
> 5 g C m ⁻² d ⁻¹	>5,0	77 200	35 500	-41 700	-54

Tableau 7b. Prévisions du modèle DEPOMOD de la superficie de zones selon leur taux de dépôt de carbone dans les trois exploitations salmonicoles proposées de la région de Shelburne, en Nouvelle-Écosse, pour un niveau de stock de 700 000 saumoneaux et le taux d'alimentation moyen proposé (339 kg d¹ par cage). Les zones qui ont un taux de dépôt naturel (< 0,3 g C m⁻² d¹) sont exclues des zones oxiques A.

Classification du site	Taux de dépôt de carbone (g C m ⁻² d ⁻¹)	Superficie de la zone (m ²) (taux d'alimentation moyen)		Changements dus à la remise en suspension	
		Sans remise en suspension	Avec remise en suspension	Superficie (m ²)	Pourcentage
Middle Head (site 1357)					
Oxique A	0,3 à 1,0	18 400	21 000	2 600	14
Oxique B	1,0 à 2,0	22 300	16 300	-6 000	-27
Hypoxique A	2,0 à 5,0	35 600	24 400	-11 200	-31
Hypoxique B	5,0 à 7,5	21 500	1 300	-20 200	-94
Hypoxique C	7,5 à 10,0	7 700	0	-7 700	-100
Anoxique	>10,0	30	0	-30	-100
> 5 g C m ⁻² d ¹	>5,0	29 200	1 300	-27 900	-99
Jordan Bay (site 1358)					
Oxique A	0,3 à 1,0	19 300	16 400	-2 900	-15
Oxique B	1,0 à 2,0	17 800	12 500	-5 300	-30
Hypoxique A	2,0 à 5,0	28 700	23 900	-4 800	-17
Hypoxique B	5,0 à 7,5	11 000	9 100	-1 900	-17
Hypoxique C	7,5 à 10,0	7 000	6 200	-800	-11
Anoxique	>10,0	8 000	5 600	-2 400	-30
> 5 g C m ⁻² d ¹	>5,0	26 000	20 900	-5 100	-20
Blue Island (site 1359)					
Oxique A	0,3 à 1,0	18 800	34 600	15 800	84
Oxique B	1,0 à 2,0	20 400	14 900	-5 500	-27
Hypoxique A	2,0 à 5,0	40 200	3 500	-36 700	-91
Hypoxique B	5,0 à 7,5	16 500	0	-16 500	-100
Hypoxique C	7,5 à 10,0	9 000	0	-9 000	-100
Anoxique	>10,0	200	0	-200	-100
> 5 g C m ⁻² d ¹	>5,0	25 700	0	-25 700	-100

Tableau 8a. Prévisions du modèle DEPOMOD de la superficie de zones selon leur taux de dépôt de carbone dans les trois exploitations salmonicoles proposées de la région de Shelburne, en Nouvelle-Écosse, pour un niveau de stock de 1 000 000 saumoneaux et le taux d'alimentation maximal proposé (1 184 kg d⁻¹ par cage). Les zones qui ont un taux de dépôt naturel (< 0,3 g C m⁻² d⁻¹) sont exclues des zones oxiques A.

Classification du site	Taux de dépôt de carbone (g C m ⁻² d ⁻¹)	Superficie de la zone (m ²) (taux d'alimentation maximal)		Changements dus à la remise en suspension	
		Sans remise en suspension	Avec remise en suspension	Superficie (m ²)	Pourcentage
Middle Head (site 1357)					
Oxique A	0,3 à 1,0	23 300	11 200	-12 100	-52
Oxique B	1,0 à 2,0	12 300	7 700	-4 600	-37
Hypoxique A	2,0 à 5,0	17 800	28 300	10 500	59
Hypoxique B	5,0 à 7,5	22 900	12 400	-10 500	-46
Hypoxique C	7,5 à 10,0	13 000	10 000	-3 000	-23
Anoxique	>10,0	65 300	51 800	-13 500	-21
> 5 g C m ⁻² d ⁻¹	>5,0	101 200	74 200	-27 000	-27
Jordan Bay (site 1358)					
Oxique A	0,3 à 1,0	14 600	9 800	-4 800	-33
Oxique B	1,0 à 2,0	8 200	10 600	2 400	29
Hypoxique A	2,0 à 5,0	27 500	24 000	-3 500	-13
Hypoxique B	5,0 à 7,5	12 300	11 200	-1 100	-9
Hypoxique C	7,5 à 10,0	9 700	9 200	-500	-5
Anoxique	>10,0	56 100	53 100	-3 000	-5
> 5 g C m ⁻² d ⁻¹	>5,0	78 100	73 500	-4 600	-6
Blue Island (site 1359)					
Oxique A	0,3 à 1,0	25 400	17 100	-8 300	-33
Oxique B	1,0 à 2,0	12 400	19 800	7 400	60
Hypoxique A	2,0 à 5,0	16 300	22 700	6 400	39
Hypoxique B	5,0 à 7,5	22 300	13 800	-8 500	-38
Hypoxique C	7,5 à 10,0	13 800	11 500	-2 300	-17
Anoxique	>10,0	64 800	27 300	-37 500	-58
> 5 g C m ⁻² d ⁻¹	>5,0	100 900	52 600	-48 300	-48

Tableau 8b. Prévisions du modèle DEPOMOD de la superficie de zones selon leur taux de dépôt de carbone dans les trois exploitations salmonicoles proposées de la région de Shelburne, en Nouvelle-Écosse, pour un niveau de stock de 1 000 000 saumoneaux et le taux d'alimentation moyen proposé (374 kg d¹ par cage). Les zones qui ont un taux de dépôt naturel (< 0,3 g C m⁻² d¹) sont exclues des zones oxiques A.

Classification du site	Taux de dépôt de carbone (g C m ⁻² d ⁻¹)	Superficie de la zone (m ²) (taux d'alimentation moyen)		Changements dus à la remise en suspension	
		Sans remise en suspension	Avec remise en suspension	Superficie (m ²)	Pourcentage
Middle Head (site 1357)					
Oxique A	0,3 à 1,0	21 600	26 400	4 800	31
Oxique B	1,0 à 2,0	23 600	17 600	-6 000	-14
Hypoxique A	2,0 à 5,0	44 000	34 300	-9 700	-22
Hypoxique B	5,0 à 7,5	28 200	6 300	-21 900	-88
Hypoxique C	7,5 à 10,0	14 000	0	-14 000	-100
Anoxique	>10,0	900	0	-900	-100
> 5 g C m ⁻² d ¹	>5,0	43 100	6 300	-36 800	-91
Jordan Bay (site 1358)					
Oxique A	0,3 à 1,0	21 000	20 500	-500	20
Oxique B	1,0 à 2,0	22 400	15 000	-7 400	-36
Hypoxique A	2,0 à 5,0	35 000	30 000	-5 000	-11
Hypoxique B	5,0 à 7,5	14 600	11 800	-2 800	-21
Hypoxique C	7,5 à 10,0	9 100	8 000	-1 100	-12
Anoxique	>10,0	13 000	10 000	-3 000	-26
> 5 g C m ⁻² d ¹	>5,0	36 700	29 800	-6 900	-21
Blue Island (site 1359)					
Oxique A	0,3 à 1,0	21 400	42 900	21 500	100
Oxique B	1,0 à 2,0	20 500	19 700	-800	-4
Hypoxique A	2,0 à 5,0	48 700	8 900	-39 800	-82
Hypoxique B	5,0 à 7,5	24 000	0	-24 000	-100
Hypoxique C	7,5 à 10,0	12 200	0	-12 200	-100
Anoxique	>10,0	3 800	0	-3 800	-100
> 5 g C m ⁻² d ¹	>5,0	40 000	0	-40 000	-100

Tableau 9. Relation linéaire entre le taux d'alimentation (kg d⁻¹ par cage) et le taux de dépôt de carbone prévu le plus élevé (g C m⁻² d⁻¹) dans le domaine du modèle DEPOMOD. Figure aussi le taux d'alimentation qui entraînerait le taux de dépôt le plus élevé (5 g C m⁻² d⁻¹) en fonction de la relation linéaire. Les relations linéaires sont obtenues grâce aux taux de dépôt prévus les plus élevés selon les quatre taux d'alimentation dans chaque site : 339, 374, 1 050, et 1 184 kg d⁻¹ par cage.

Site	Remise en suspension	Pente (b)	Point d'intersection avec l'axe des ordonnées intercept (a)	r ²	Taux d'alimentation (kg d ⁻¹ par cage) qui entraîne le taux de dépôt le plus élevé (5 g C m ⁻² d ⁻¹)
Middle Head (site 1357)	Non	0,033	-0,06	>0,99	151
Jordan Bay (site 1358)	Non	0,057	-0,31	>0,99	93
Blue Island (site 1359)	Non	0,037	-0,19	>0,99	141
Middle Head (site 1357)	Oui	0,033	-3,95	>0,99	274
Jordan Bay (site 1358)	Oui	0,057	-1,40	>0,99	113
Blue Island (site 1359)	Oui	0,035	-8,54	>0,99	388

Tableau 10. Taux d'alimentation et nombre de poissons par cage nécessaires au maintien d'un taux de dépôt de carbone supérieur ou égal à $5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de grille du domaine du modèle DEPOMOD pour les trois exploitations salmonicoles proposées de la région de Shelburne, en Nouvelle-Écosse.

Emplacement	Niveau de stock proposé (nombre de poissons par cage)	Taux de dépôt prévu le plus élevé avec le taux d'alimentation maximal proposé ($\text{g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	Taux d'alimentation (kg d^{-1} par cage) pour maintenir un taux de dépôt $\leq 5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ dans toutes les cellules de grille	Nombre de poissons par cage pour maintenir un taux de dépôt $\leq 5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ avec le taux d'alimentation le plus élevé
24 cages (700 000 poissons) – sans remise en suspension				
Middle Head (site 1357)	29 167	34,8	151	4 200
Jordan Bay (site 1358)	29 167	57,6	93	2 600
Blue Island (site 1359)	29 167	37,4	141	3 900
30 cages (1 000 000 poissons) – sans remise en suspension				
Middle Head (site 1357)	33 333	38,5	151	4 300
Jordan Bay (site 1358)	33 333	68,5	93	2 600
Blue Island (site 1359)	33 333	44,3	141	4 000
24 cages (700 000 poissons) – avec remise en suspension				
Middle Head (site 1357)	29 167	30,7	274	7 600
Jordan Bay (site 1358)	29 167	56,5	113	3 100
Blue Island (site 1359)	29 167	27,0	388	10 800
30 cages (1 000 000 poissons) – avec remise en suspension				
Middle Head (site 1357)	33 333	34,5	274	7 700
Jordan Bay (site 1358)	33 333	67,4	113	3 200
Blue Island (site 1359)	33 333	33,8	388	10 900

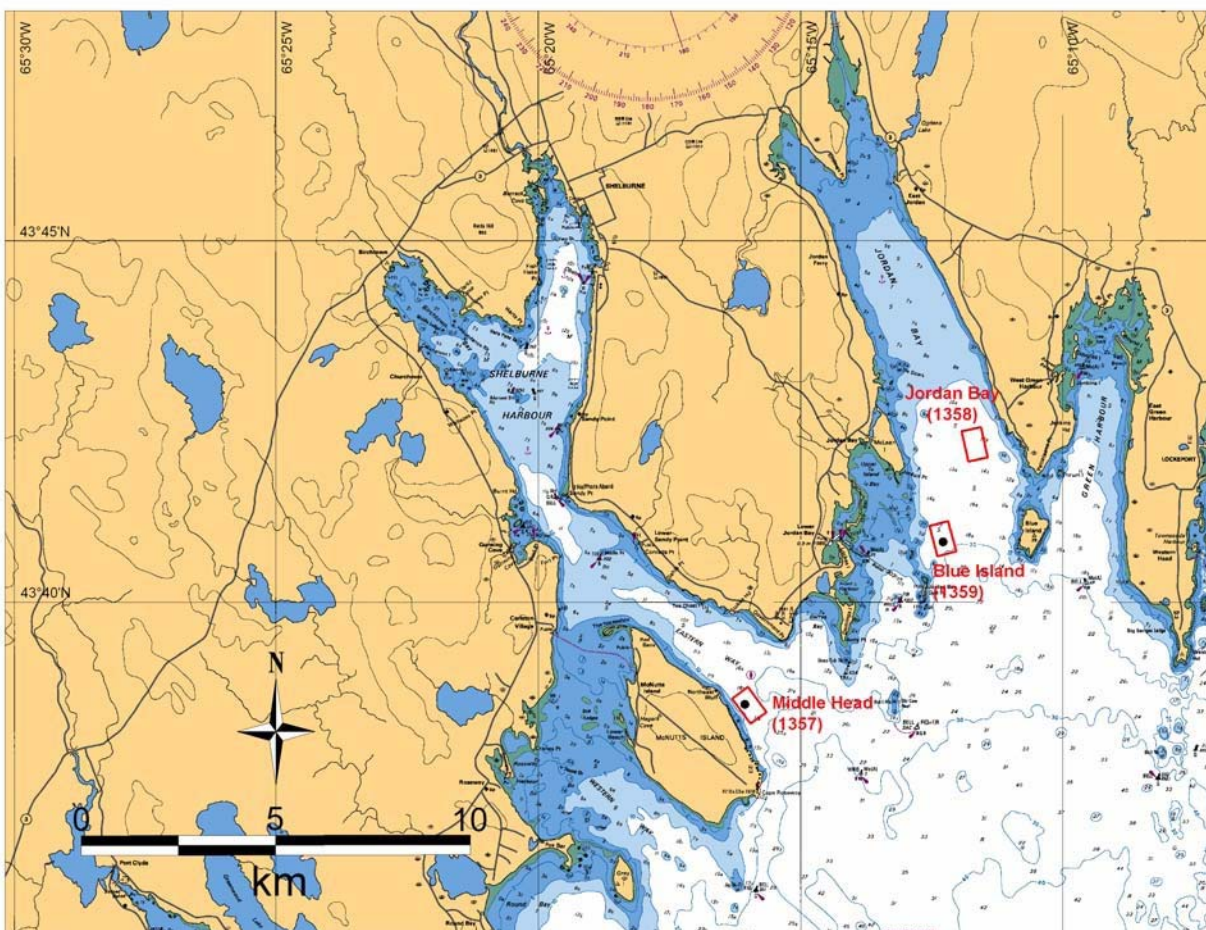


Figure 1. Carte de la région de Shelburne indiquant l'emplacement des trois exploitations salmonicoles proposées. Les points noirs indiquent les mouillages de courantomètres; le mouillage du courantomètre à Jordan Bay a été effectué dans les limites du site proposé, mais l'emplacement exact n'était pas disponible. L'arrière-plan est la carte 4241 du Service hydrographique du Canada : Lockeport à Cape Sable (2002).

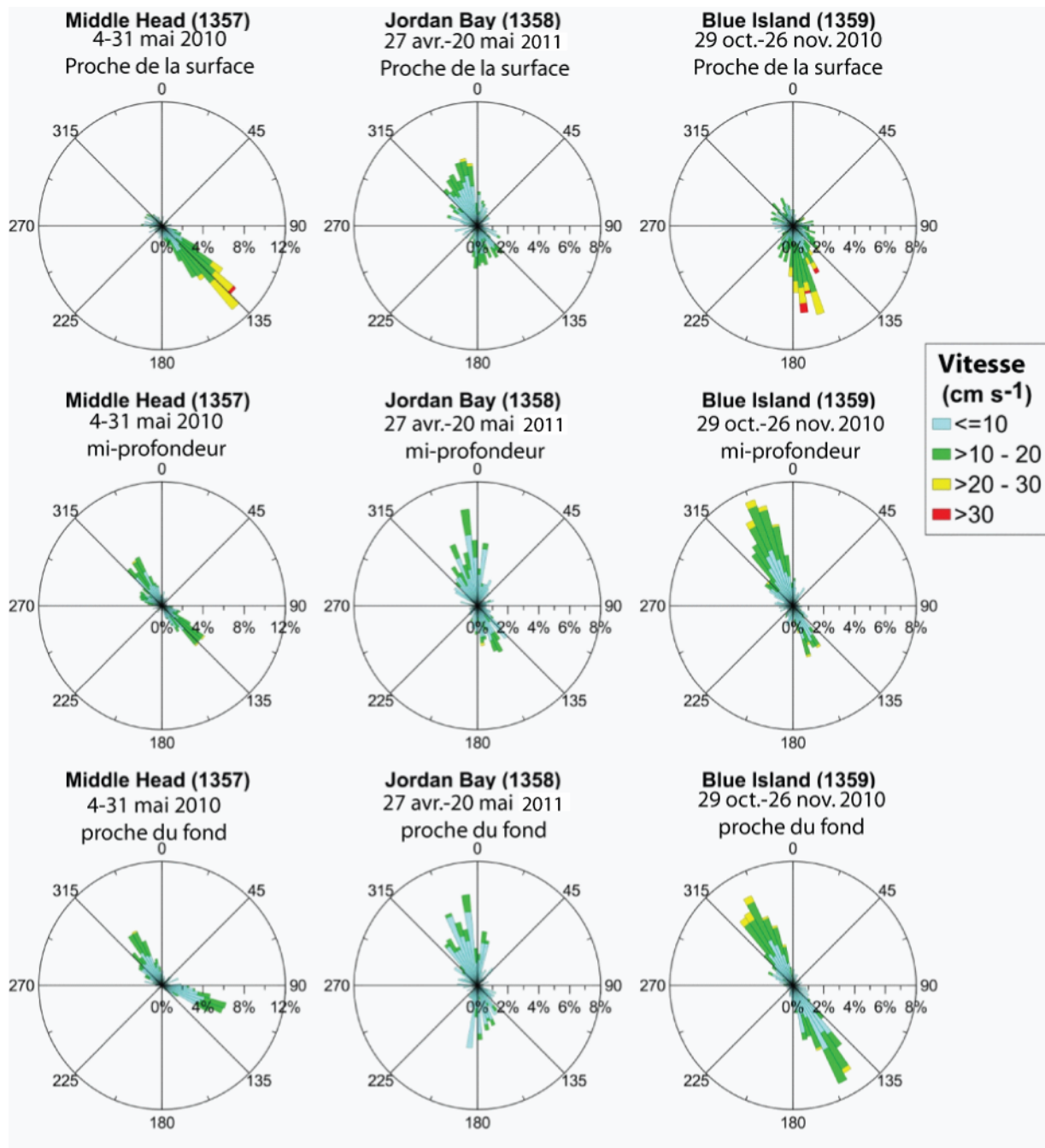


Figure 2. Rosaces directionnelles du courant obtenues lors des mouillages de courantomètres (profileur de courant à effet Doppler) aux sites de Middle Head (site 1357, colonne de gauche), de Jordan Bay (site 1358; colonne du milieu), et de Blue Island (site 1359; colonne de droite). Elles illustrent les données des enregistrements horaires pour trois zones de profondeur : proche de la surface (rangée du haut), à mi-profondeur (rangée du milieu) et proche du fond (rangée du bas).

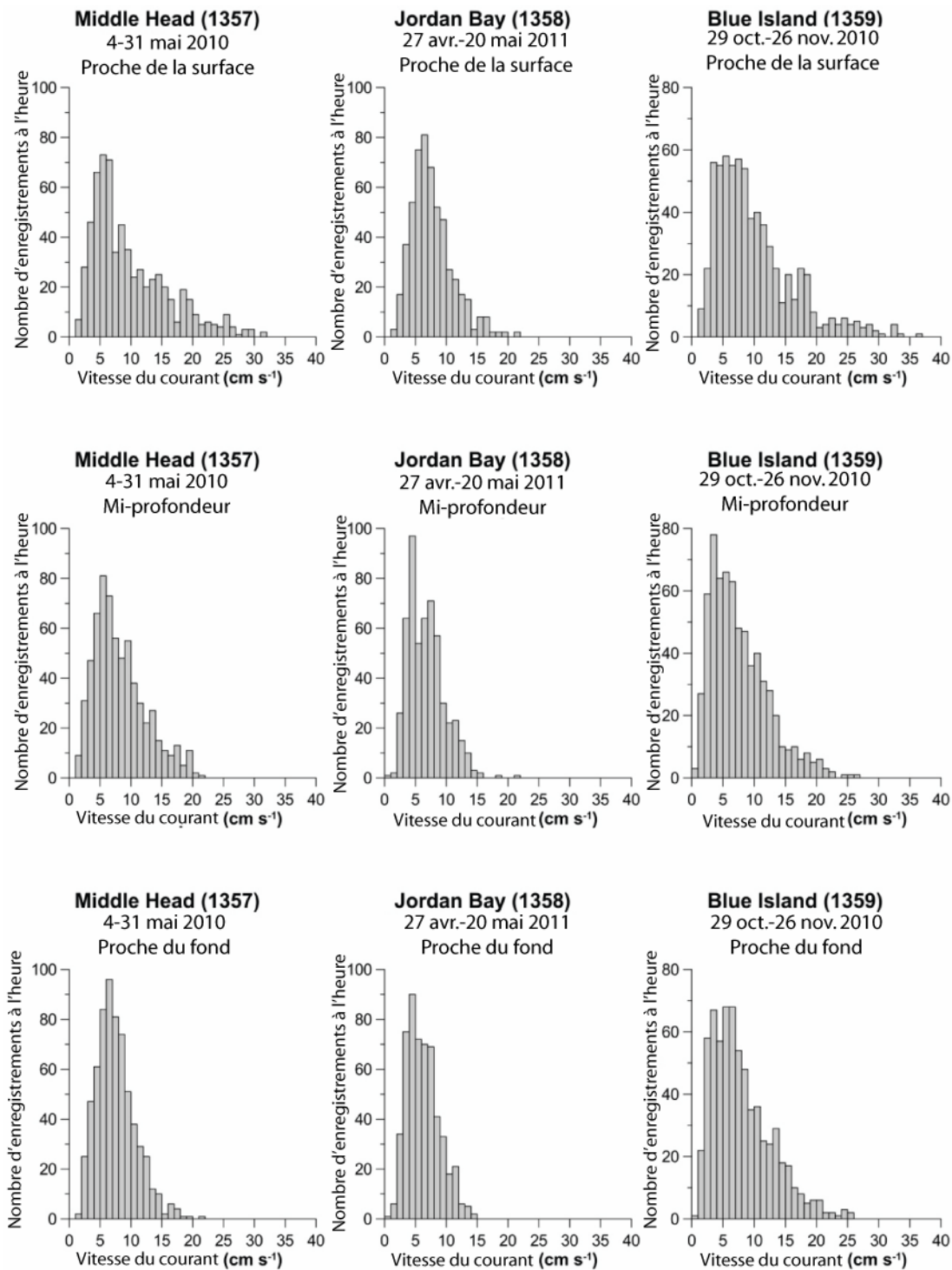


Figure 3. Histogrammes de la vitesse du courant obtenus lors des mouillages de courantomètres (profileur de courant à effet Doppler) aux sites de Middle Head (site 1357, colonne de gauche), de Jordan Bay (site 1358, colonne du milieu), et de Blue Island (site 1359, colonne de droite). Les données concernent les trois zones de profondeur : proche de la surface (rangée du haut), à mi-profondeur (rangée du milieu) et proche du fond (rangée du bas).

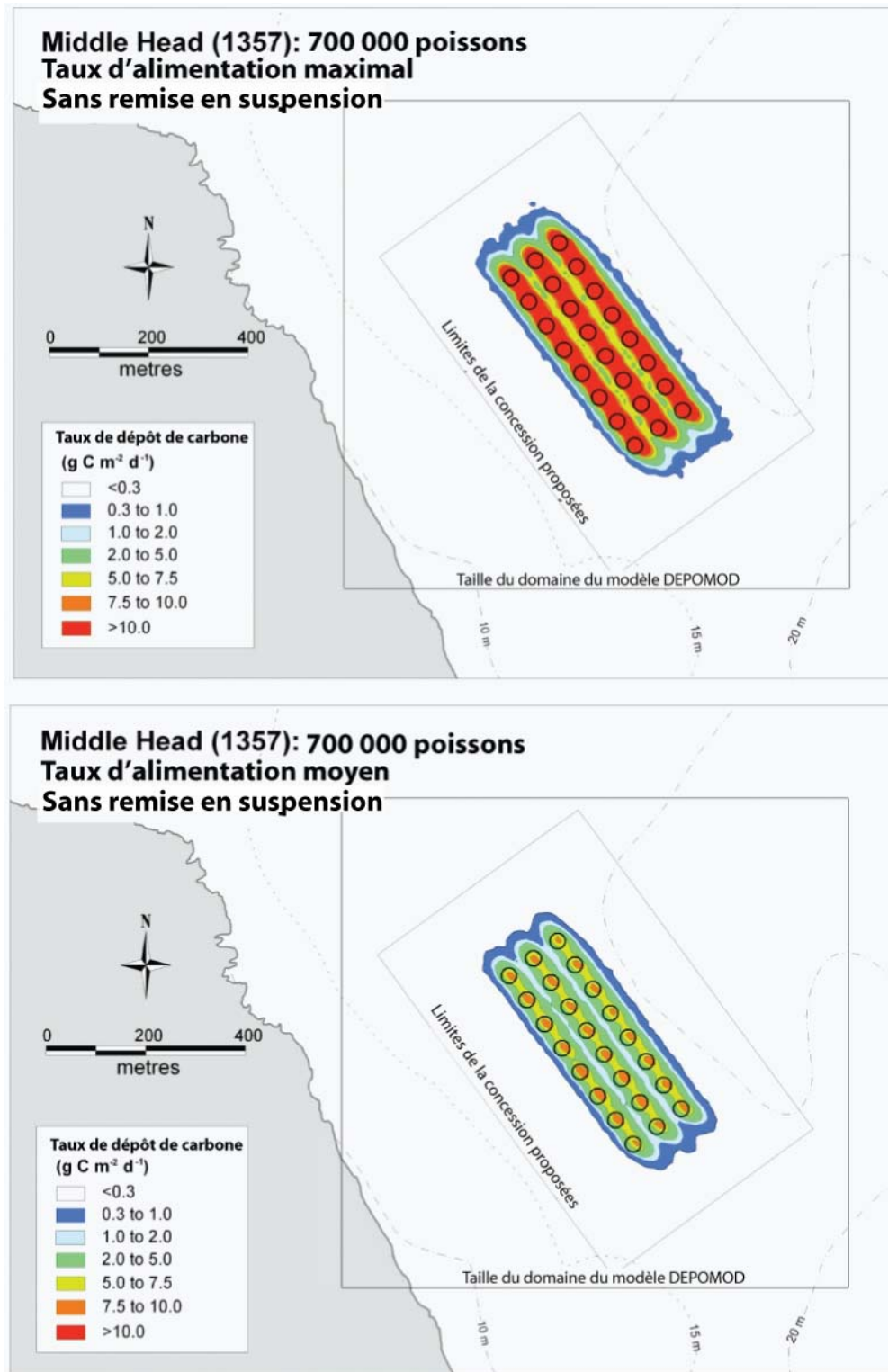


Figure 4a. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmiconicole de Middle Head (site 1357), pour un total de 700 000 poissons répartis dans 24 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il n'y a pas de remise en suspension.

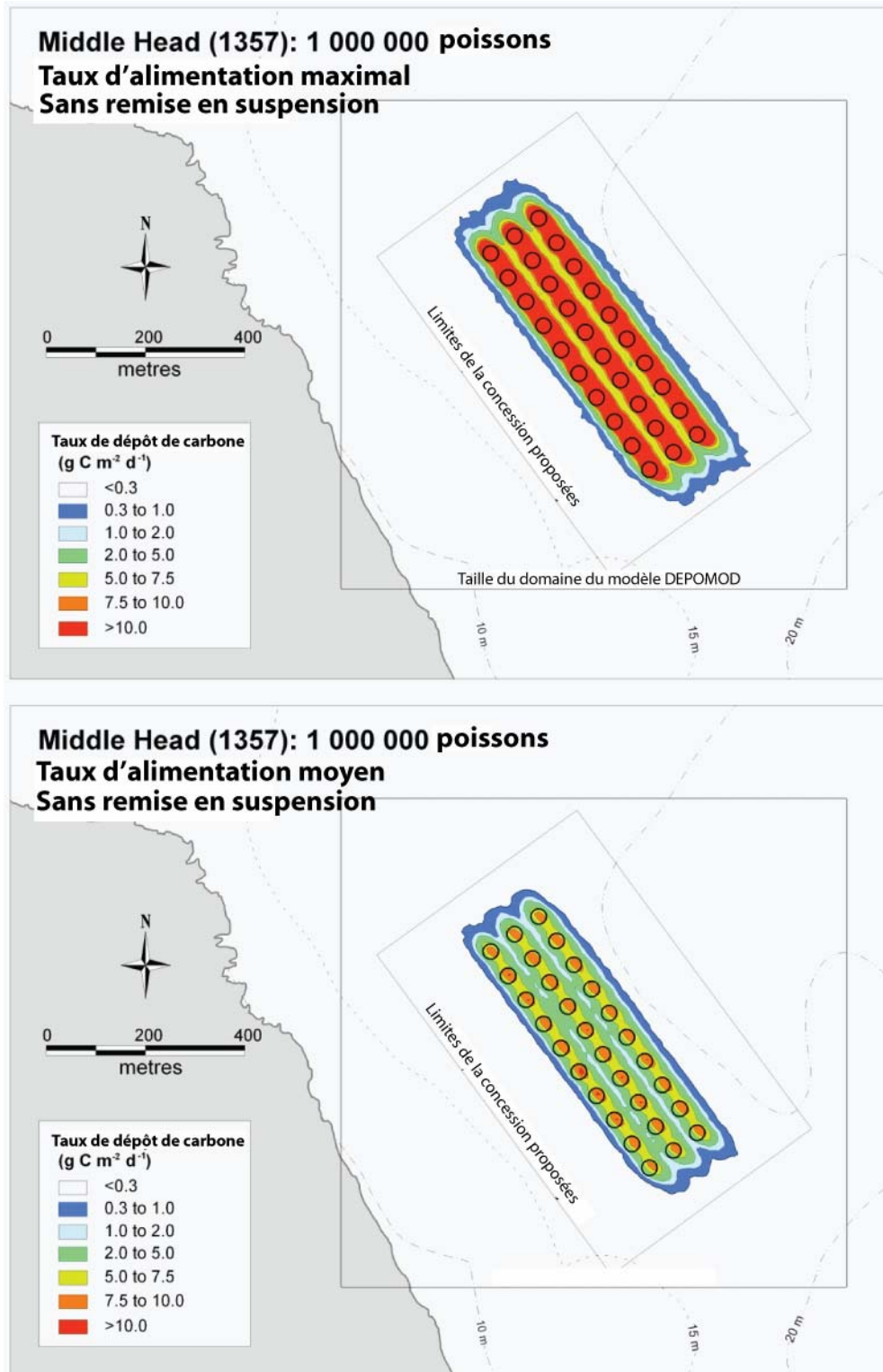


Figure 4b. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Middle Head (site1357), pour un total de 1 000 000 poissons répartis dans 30 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il n'y a pas de remise en suspension.

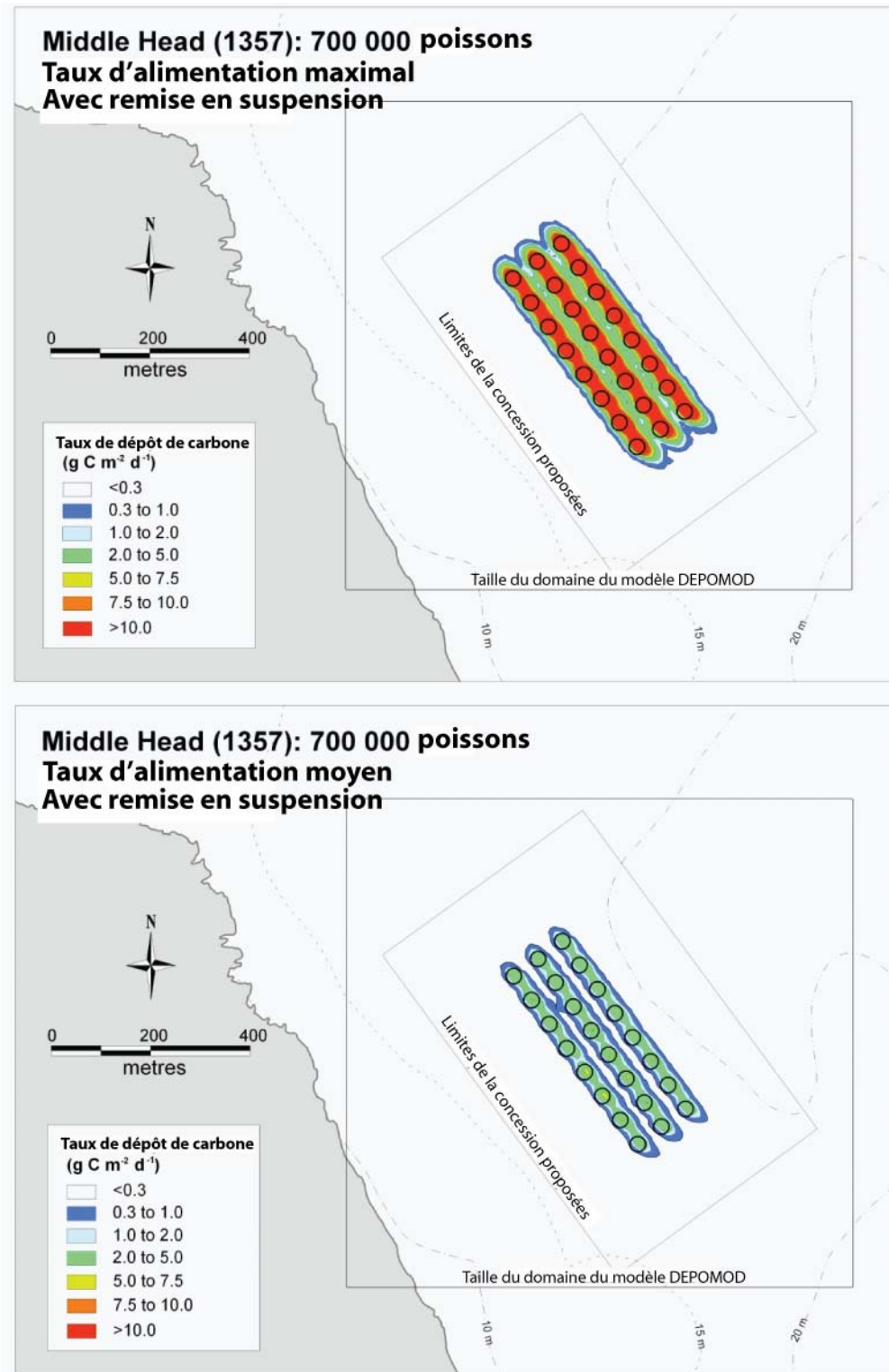


Figure 4c. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Middle Head (site 1357), pour un total de 700 000 poissons répartis dans 24 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il y a remise en suspension.

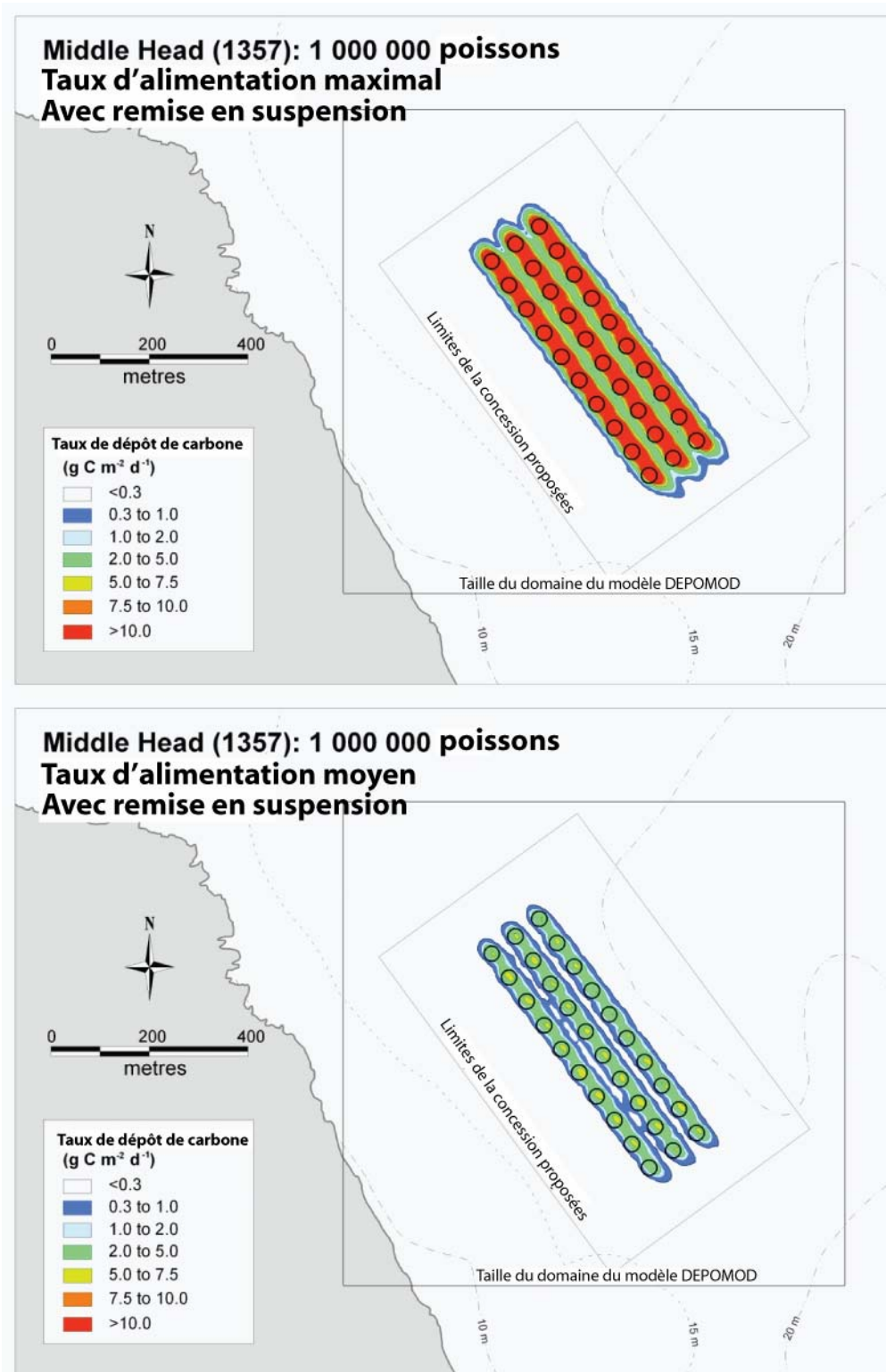


Figure 4d. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Middle Head (site1357), pour un total de 1 000 000 poissons répartis dans 30 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il y a remise en suspension.

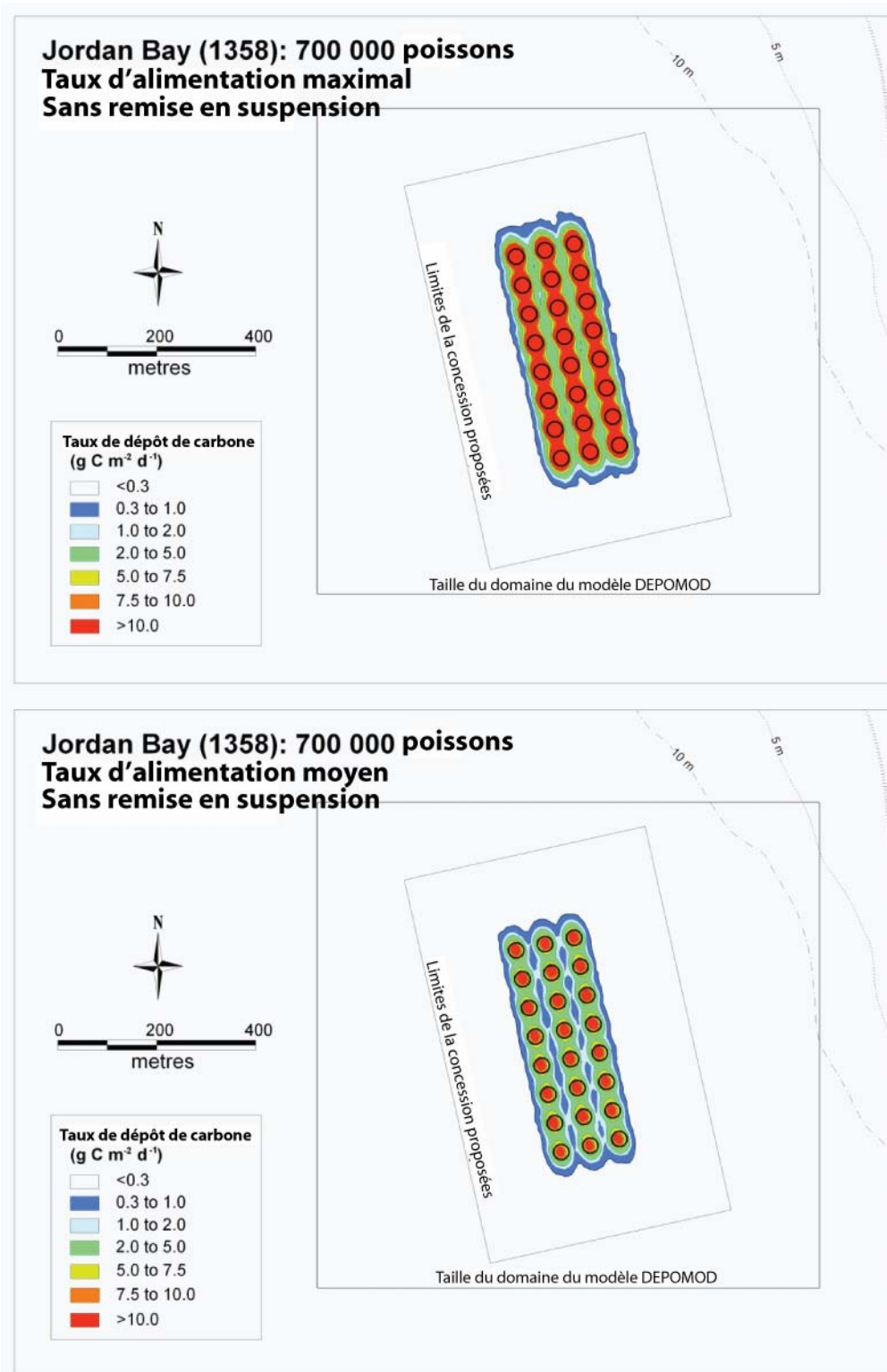


Figure 5a. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Jordan Bay (site1358), pour un total de 700 000 poissons répartis dans 24 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il n'y a pas de remise en suspension.

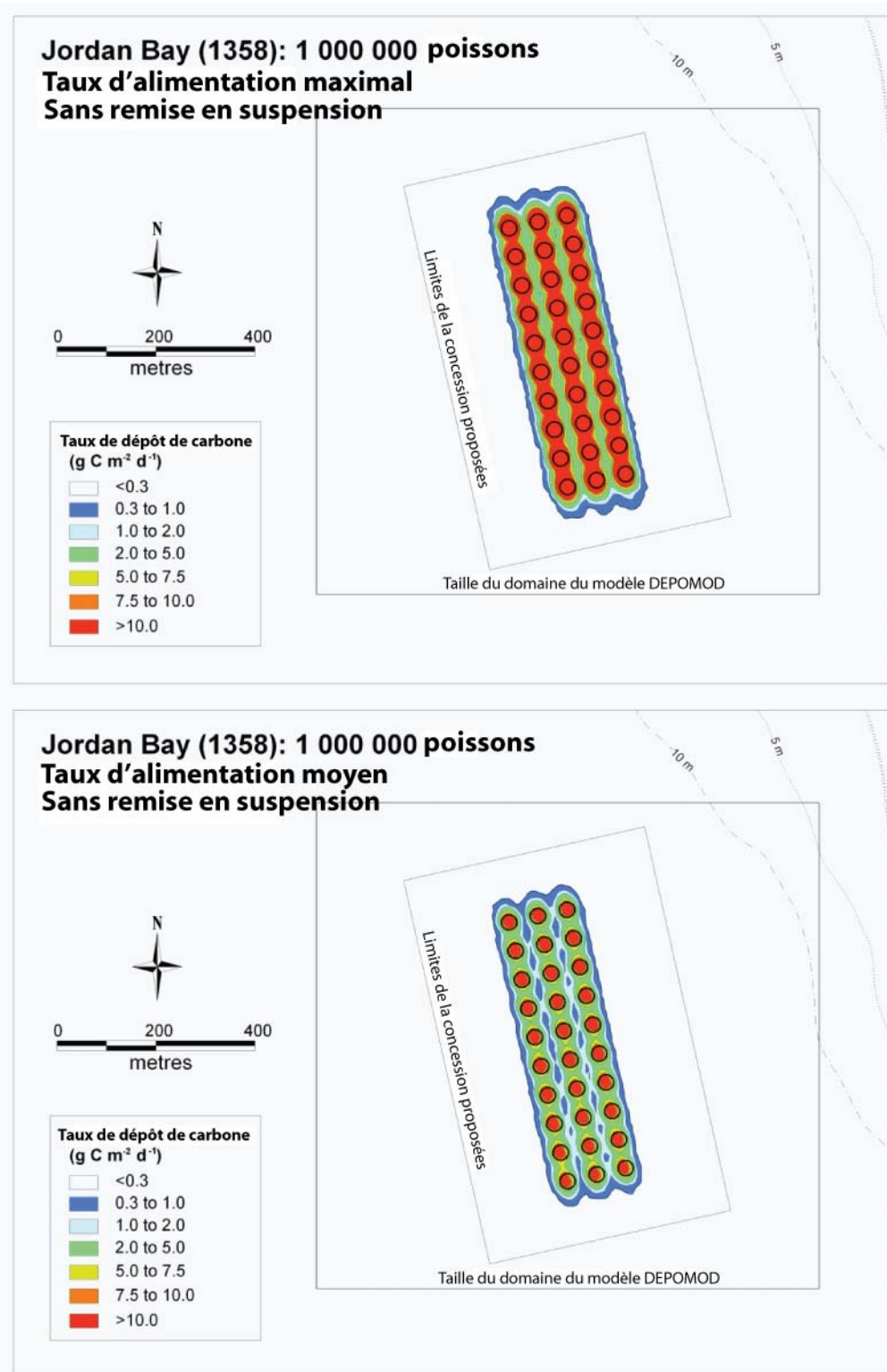


Figure 5b. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Jordan Bay (site 1358), pour un total de 1 000 000 poissons répartis dans 30 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il n'y a pas de remise en suspension.

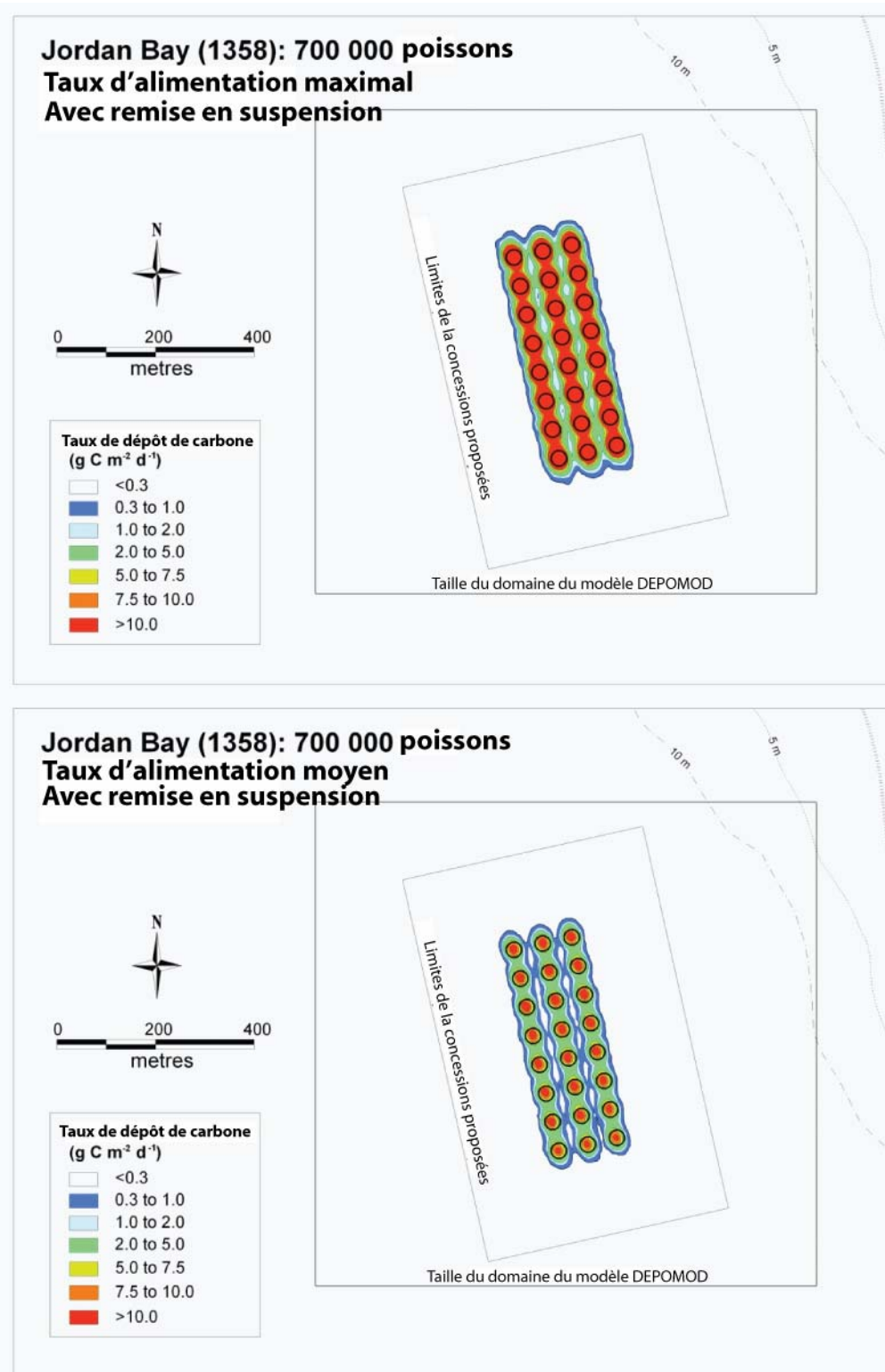


Figure 5c. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Jordan Bay (site1358), pour un total de 700 000 poissons répartis dans 24 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il a remise en suspension.

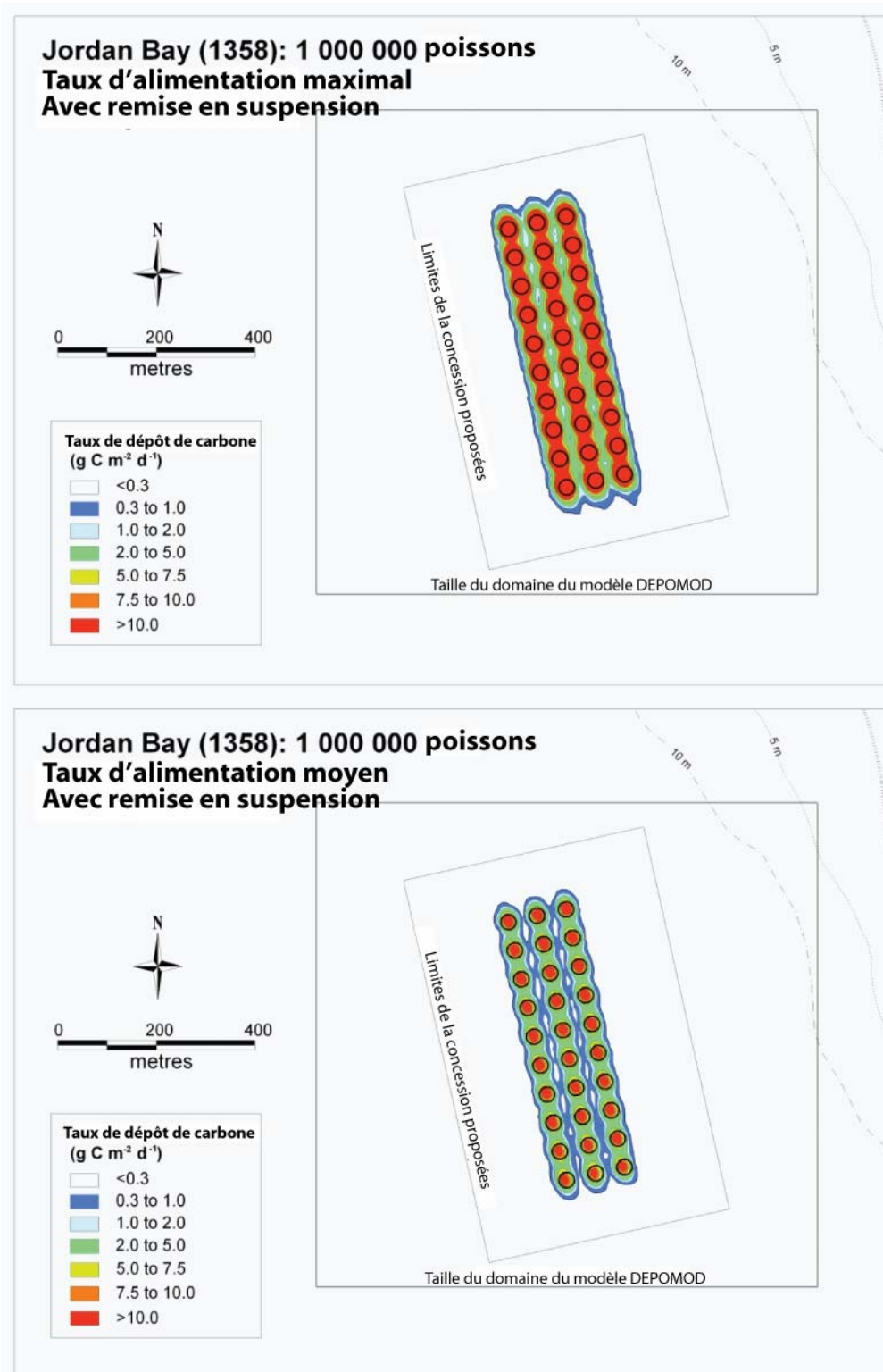


Figure 5d. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Jordan Bay (site 1358), pour un total de 1 000 000 poissons répartis dans 30 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il y a remise en suspension.

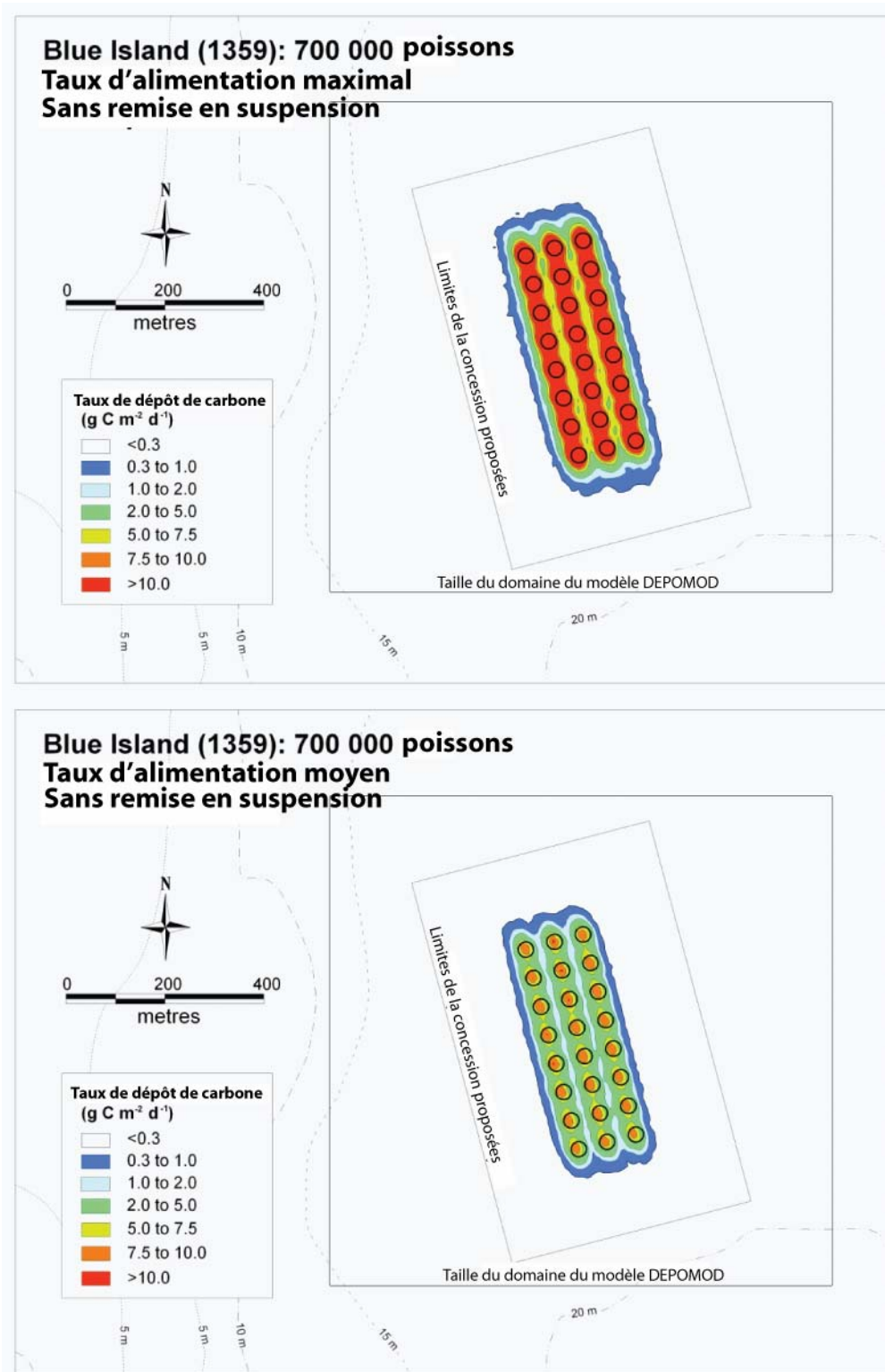


Figure 6a. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Blue Island (site1359), pour un total de 700 000 poissons répartis dans 24 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il n'y a pas de remise en suspension.

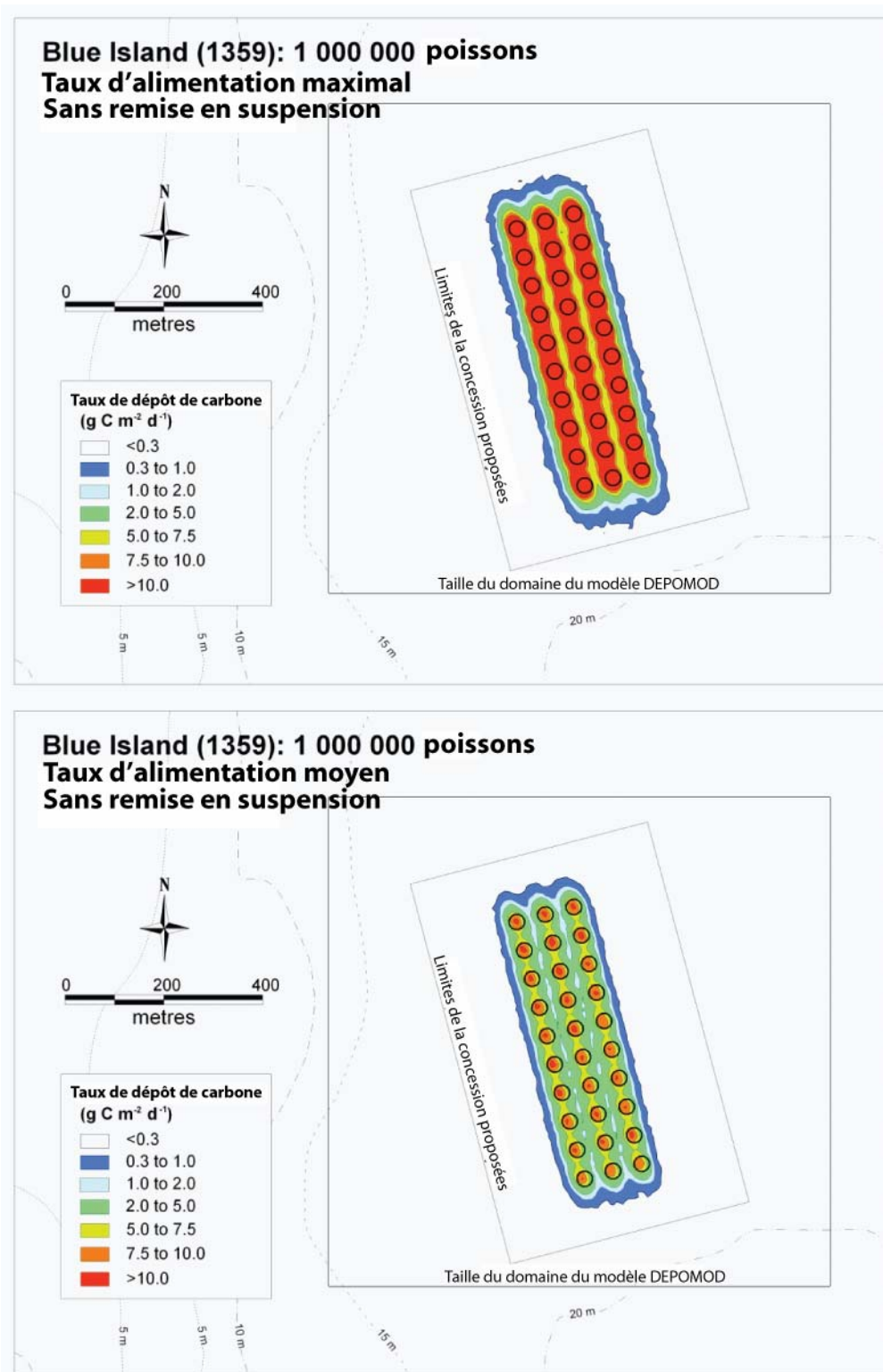


Figure 6b. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Blue Island (site 1359), pour un total de 1 000 000 poissons répartis dans 30 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il n'y a pas de remise en suspension.

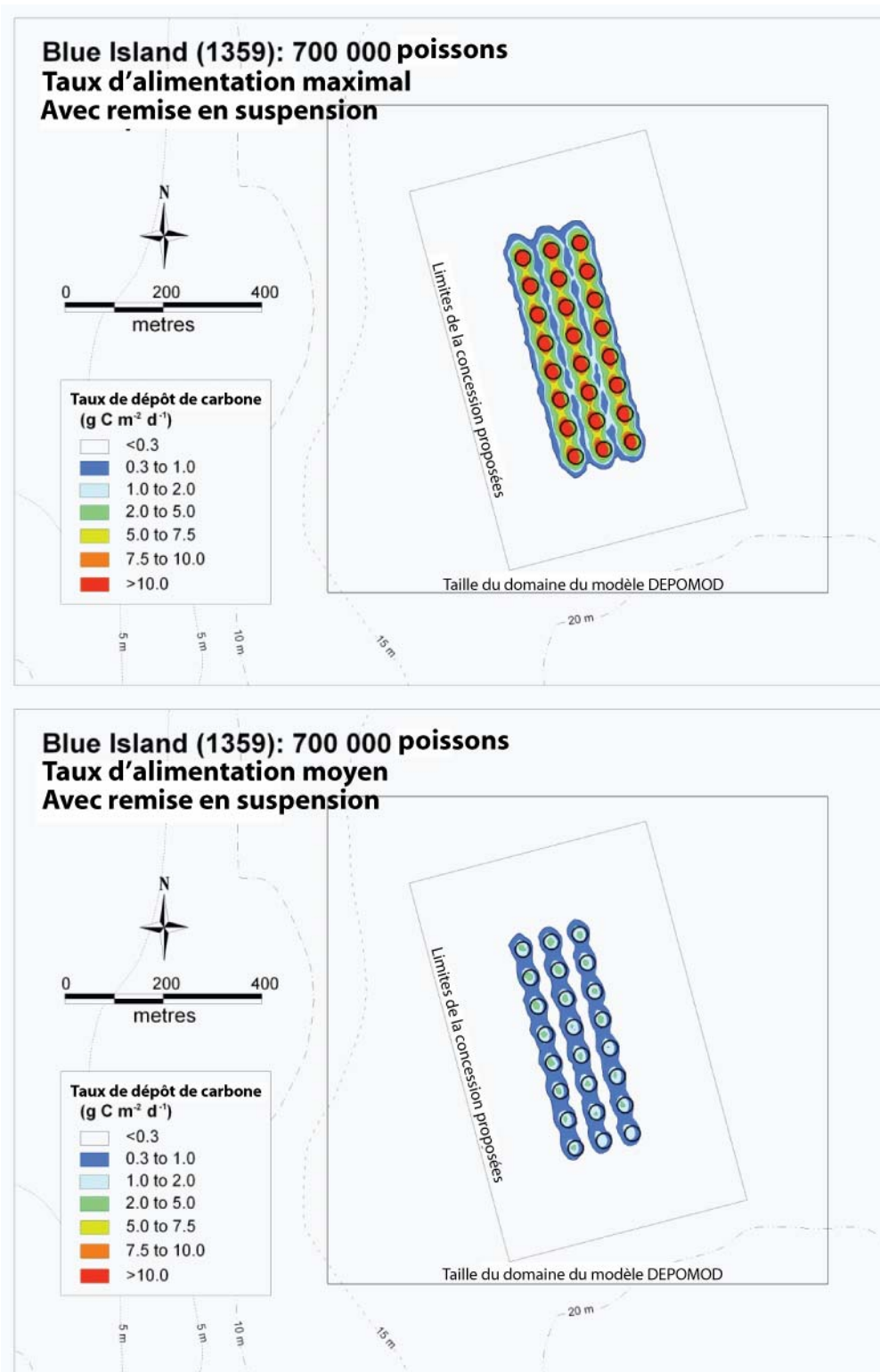


Figure 6c. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmonicole de Blue Island (site1359), pour un total de 700 000 poissons répartis dans 24 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il y a remise en suspension.

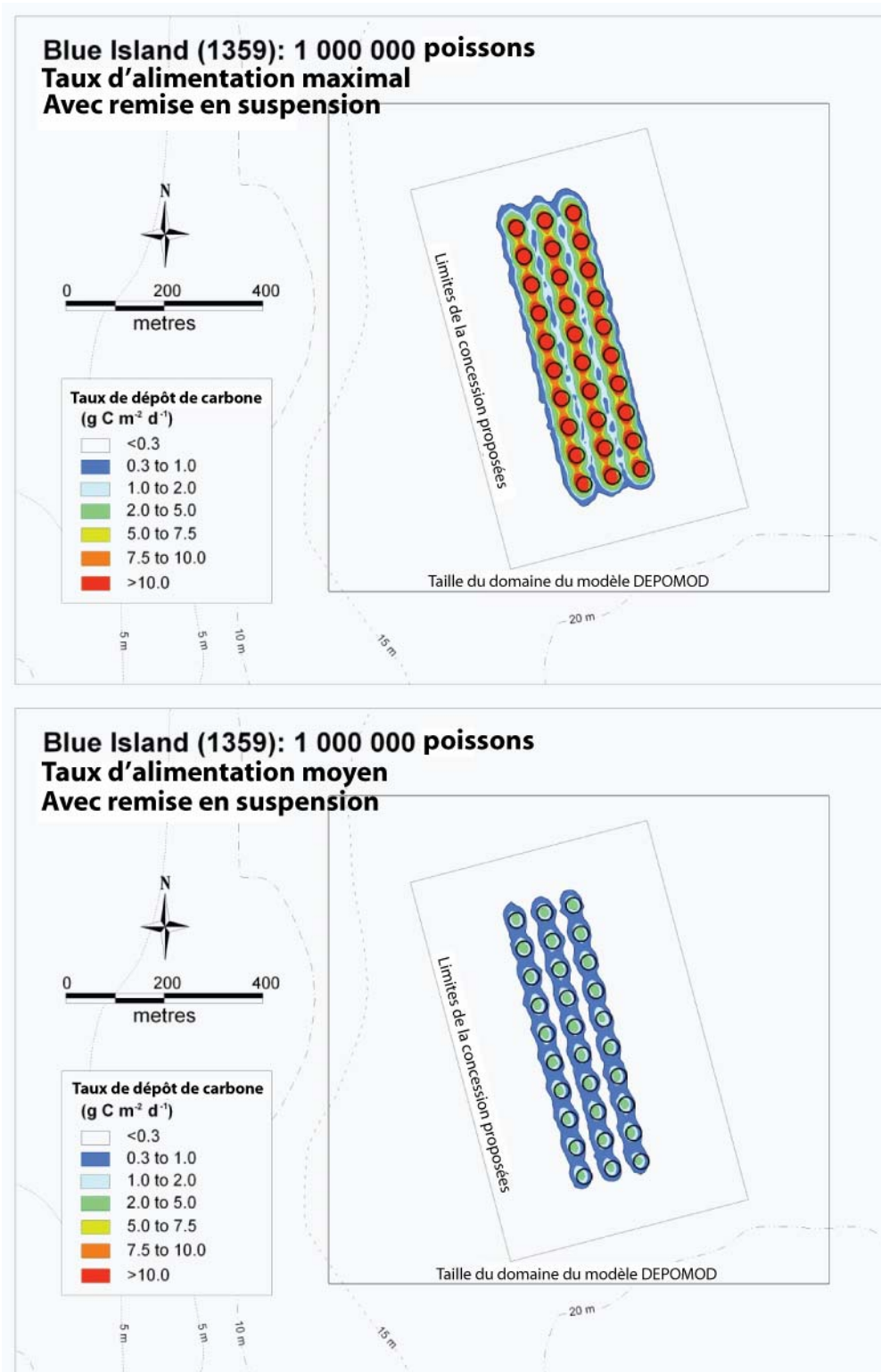


Figure 6d. Tracés de contours selon les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD sur le site d'exploitation salmiconicole de Blue Island (site 1359), pour un total de 1 000 000 poissons répartis dans 30 cages et les taux d'alimentation maximal (premier tracé) et moyen (deuxième tracé), quand il y a remise en suspension.

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région des Maritimes
Pêches et Océans Canada
C.P. 1006, Succ. 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

ISSN 1919-3793 (Imprimé)
ISSN 1919-3815 (En ligne)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012

An English version is available upon request at the above address.



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2012. Enrichissement organique à proximité de trois sites aquacoles de poissons proposés dans le comté de Shelburne (Nouvelle-Écosse). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2011/016.