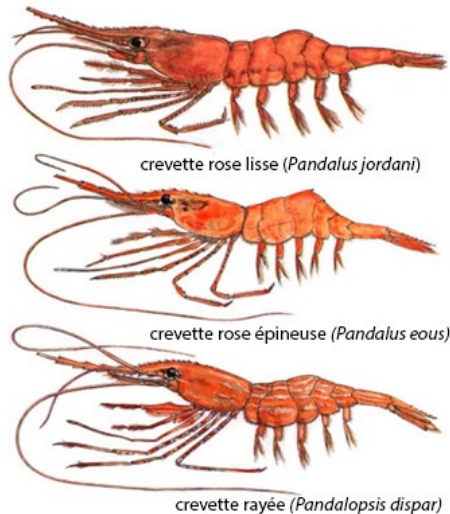




EXAMEN DE LA DÉFINITION DES STOCKS ET DU PLAN DU RELEVÉ AU CHALUT SUR LA CREVETTE POUR LA SURVEILLANCE DES STOCKS EN COLOMBIE-BRITANNIQUE



Illustrations gracieusement fournies par
A. Denbigh.

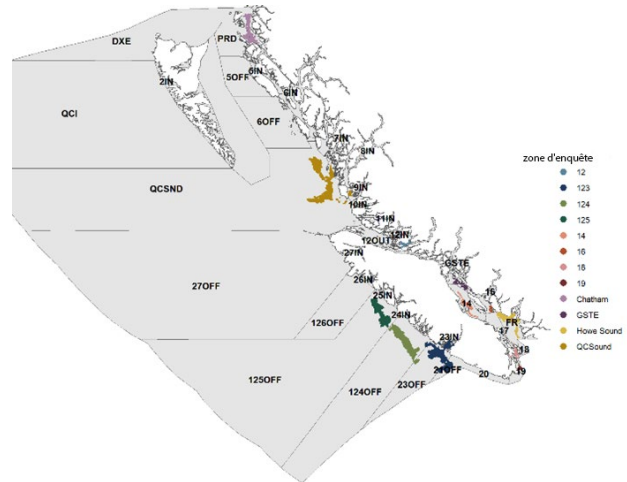


Figure 1. Carte des zones de gestion de la crevette (Southey et al. 1998) et des zones de relevé scientifique (Boutillier et al. 1999).

CONTEXTE

Le cadre actuel d'évaluation des stocks pour les espèces de crevettes visées par la pêche au chalut de la crevette en Colombie-Britannique est en place depuis 1998 et repose sur une série de relevés indépendants de la pêche. Fondés sur des études précédentes réalisées sur le terrain, les relevés ont commencé en 1998 grâce à l'établissement de stations de relevé fixes dans les zones de relevé qui couvrent actuellement des parties de 13 des 36 zones de gestion de la crevette (ZGC).

La structure des populations de crevettes en Colombie-Britannique n'est pas bien définie, ce qui entraîne des difficultés supplémentaires lors de la conception des relevés visant à générer des estimations non biaisées des indices de la biomasse. La procédure actuelle relative à l'estimation des indices de la biomasse a recours aux données de relevés pour générer des prévisions annuelles de la répartition globale de la biomasse de la crevette à l'aide d'une procédure d'interpolation spatiale fondée sur le système d'information géographique (SIG). À ce jour, il n'y a pas eu d'évaluation de l'information disponible à l'appui d'une définition du stock biologique pour les principaux stocks de crevettes du Pacifique, ni d'évaluation de l'exactitude et de la fiabilité du plan de relevé actuel ou de la méthode d'estimation des indices de biomasse.

La Gestion des pêches de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé au Secteur des sciences du MPO d'évaluer l'exactitude et la précision des plans de relevé et des méthodes d'estimation des indices potentiels pour la surveillance des stocks de crevette océanique

(*Pandalus jordani*), de crevette rose d'Alaska (*P. eous*) et de crevette à flancs rayés (*Pandalopsis dispar*) en Colombie-Britannique afin d'obtenir une référence sur laquelle fonder le plan de relevé et la méthode d'estimation des indices recommandés, ainsi qu'une évaluation des définitions spatiales des stocks conformes aux dispositions relatives aux stocks de poissons de la *Loi sur les pêches*.

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional du 1 au 3 avril 2025 sur l'examen de la méthode actuelle d'évaluation fondée sur des relevés au chalut visant à établir la biomasse de la crevette dans le cadre de la pêche de la crevette au chalut en Colombie-Britannique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera accessible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- La pêche au chalut de la crevette en Colombie-Britannique cible principalement trois espèces de crevettes (crevette océanique, crevette rose d'Alaska et crevette à flancs rayés). Pour ces espèces, la taille des stocks a été indexée au moyen de relevés annuels des aires balayées indépendants de la pêche dans les zones de relevé, qui couvrent des parties d'un sous-ensemble des 36 zones de gestion de la crevette (ZGC) le long de la côte de la Colombie-Britannique. Une méthode d'estimation de l'indice de la biomasse comprenant une procédure d'interpolation spatiale a été utilisée pour estimer la biomasse des crevettes pour l'ensemble de chaque ZGC ayant fait l'objet d'un relevé en fonction de la partie étudiée.
- À ce jour, le plan de relevé et la méthode d'estimation de l'indice de biomasse n'ont pas été évalués quant à leur efficacité sur les plans de la surveillance et de l'estimation de l'état de ces stocks de crevettes. De plus, ces stocks devraient être proposés aux fins de prescription au titre des dispositions relatives aux stocks de poissons de la *Loi sur les pêches* et nécessiteront donc une définition spatiale et une évaluation de leur état par rapport à un point de référence limite défini sur le plan biologique.
- Une série d'approches analytiques a été utilisée pour évaluer les données disponibles afin de fournir des recommandations sur la définition spatiale des stocks, la zone de relevé, le plan d'échantillonnage et les méthodes d'estimation de l'indice de biomasse à l'appui des évaluations futures de l'état des stocks de la crevette océanique, la crevette rose d'Alaska et la crevette à flancs rayés. Le rendement des indices fondés sur des données simulées a été mis à l'essai à l'échelle régionale (détroit de Georgia, côte ouest de l'île de Vancouver et plateau nord) et à l'échelle de la zone de relevé (c.-à-d. partie des ZGC visées par le relevé), selon la méthode.
- D'après les données et l'information disponibles, il n'existe actuellement aucune preuve cohérente de la présence de plusieurs stocks de crevettes pour chaque espèce dans les eaux de la Colombie-Britannique. Par conséquent, on recommande que la définition spatiale du stock biologique corresponde à un unique stock à l'échelle de la côte pour chaque espèce de crevette. Selon la géographie et la dynamique des océans de la côte du Pacifique, il peut exister une structure de stock qui n'a pas pu être discernée avec les outils et les données actuellement disponibles. Des recherches et des collectes de données supplémentaires sont nécessaires pour étudier cette hypothèse.
- La superficie totale recommandée pour le relevé est de 70 421 km², ce qui comprend l'habitat prévu de la crevette et exclut les zones qui sont actuellement considérées comme

étant non chalutables (p. ex. en raison d'obstructions, du type de fond et des fermetures de zone). Les analyses de simulation ont démontré que l'augmentation du nombre de traits dans la zone de relevé augmente la précision des estimations de l'indice de biomasse, comme l'indique une réduction du coefficient de variation associée à des échantillons de plus grande taille, ce qui pourrait améliorer la qualité des avis de gestion.

- Le nombre de stations de relevé à établir dans cette zone de relevé nouvellement définie devrait être limité par les ressources disponibles (p. ex. temps-navire et effort d'échantillonnage). Il est recommandé de poursuivre les possibilités de collaboration avec les intervenants afin d'accroître la collecte de données de relevé comparables.
- Il n'est pas recommandé de conserver le plan d'échantillonnage actuel comprenant des stations de relevé fixes, car les résultats des simulations ont donné lieu à des estimations moins précises et biaisées par rapport aux autres plans d'échantillonnage lorsque les plans ont été mis à l'essai à l'échelle régionale ou à l'échelle de la partie des ZGC faisant l'objet d'un relevé. Parmi les plans d'échantillonnage considérés comme réalisables sur le plan opérationnel, les plans d'échantillonnage systématique ont généralement donné des résultats légèrement meilleurs en ce qui a trait à l'exactitude, au biais et à la précision; ils sont donc recommandés pour éclairer l'état du stock à l'échelle de la côte.
- En ce qui concerne l'estimation de l'indice de la biomasse, il est recommandé d'utiliser un modèle spatiotemporel si suffisamment de traits annuels contenant des crevettes sont disponibles (c.-à-d. au moins 10 traits positifs pour les crevettes le long de la côte par an). Si ce critère n'est pas respecté, il est recommandé d'utiliser une méthode d'estimation de l'indice de la biomasse fondée sur la conception.
- Le cadre de gestion de l'approche de précaution et les points de référence actuellement approuvés par le MPO pour ces stocks, qui reposent sur la production d'indices de la biomasse dans 13 des 36 ZGC, ne peuvent être appuyés par le plan de relevé proposé. Le plan de relevé proposé permettra de fournir des renseignements pertinents sur l'état des stocks à l'échelle de la côte et n'exclut pas l'utilisation de mesures de gestion à plus petite échelle.
- Plusieurs incertitudes dans les données et les analyses connexes ont été relevées, notamment des hypothèses sur la structure du modèle, une non-concordance à l'échelle spatiale, une couverture spatiale et temporelle limitée, des renseignements limités sur la connectivité génétique et des populations, des changements potentiels dans les répartitions spatiales (en raison du climat ou d'autres facteurs environnementaux) et des erreurs d'observation potentielles dans les données des relevés et des journaux de bord.
- Il est recommandé que les questions relatives à l'opérationnalisation ultérieure du nouveau plan de relevé (c.-à-d. les spécifications logistiques et de mise en œuvre) ainsi que les méthodes de rechange visant à produire des avis scientifiques à des échelles spatiales appropriées fassent l'objet d'un examen avec la contribution des participants à la pêche et des intervenants. En outre, il est reconnu qu'à mesure que l'information s'accumule dans le cadre du nouveau plan de relevé, les cadres de relevé et de gestion devraient être réévalués à intervalles réguliers et ajustés au besoin.
- Des recherches futures sont recommandées pour aborder les principales incertitudes liées à l'habitat convenable de la crevette, à la connectivité des populations (p. ex. les paramètres liés à la dispersion des larves, à la génétique et au cycle biologique) et aux effets potentiels des changements climatiques sur la répartition et la dynamique des populations de crevettes.

INTRODUCTION

La pêche au chalut de la crevette en Colombie-Britannique cible sept espèces faisant l'objet d'une pêche commerciale, bien que les principales espèces ciblées soient la crevette océanique (*Pandalus jordani*), la crevette rose d'Alaska (*P. eous*) et la crevette à flancs rayés (*Pandalopsis dispar*). Ces espèces sont caractérisées par un hermaphrodisme protandrique (c.-à-d. une stratégie de reproduction selon laquelle les individus atteignent la maturité en tant que mâles, puis changent deviennent des femelles à mesure qu'ils grandissent) et sont réparties dans divers habitats allant de la Californie à la mer de Béring. Les zones de gestion de la crevette (ZGC) ont été établies à l'aide des données historiques sur les prises plutôt que de la délimitation des stocks biologiques ou génétiques, ce qui a créé un décalage qui pourrait nuire aux objectifs associés aux évaluations scientifiques et à une gestion efficace. Sans tenir compte de la structure ou de la connectivité des populations, un tel décalage peut entraîner une surexploitation ou une sous-utilisation localisée. Compte tenu des dispositions relatives aux stocks de poissons de la *Loi sur les pêches* du Canada, qui exigent des définitions spatiales des stocks et une gestion durable des principaux stocks, et du fait que ces stocks devraient éventuellement être proposés aux fins de prescription, il est nécessaire de revoir le cadre d'évaluation et les définitions de ces stocks de crevettes.

Cadre d'évaluation actuel

Le cadre d'évaluation actuel des stocks de ces espèces est en place depuis 1998 et repose sur les résultats d'une première série de relevés indépendants de la pêche (Boutillier *et al.* 1999). Les relevés (tels que décrits dans Boutillier *et al.* 1999) ont commencé en 1998 selon le nouveau cadre de gestion avec la mise en œuvre de stations de relevé supplémentaires à l'extérieur de la côte ouest de l'île de Vancouver, qui couvrent actuellement des parties de 13 des 36 ZGC le long de la côte de la Colombie-Britannique (figure 2, figure 3).

À l'heure actuelle, un indice d'abondance est estimé principalement par des procédures d'interpolation spatiale appliquées aux données de relevés indépendants de la pêche recueillies à des stations d'échantillonnage prédéterminées (« stations fixes »). Les indices sont estimés à l'aide du krigeage dans ArcGIS, une méthode géostatistique qui extrapole la densité de la biomasse à des emplacements non échantillonnés selon une fonction d'autocorrélation spatiale. Cependant, cette méthode est exigeante sur le plan informatique et manque de transparence et de reproductibilité.

La structure des populations de crevettes en Colombie-Britannique n'est pas bien définie, ce qui entraîne des difficultés supplémentaires lors de la conception de relevés qui peuvent générer des estimations non biaisées de la biomasse. À ce jour, il n'y a pas eu d'évaluation de l'information disponible à l'appui d'une définition du stock biologique pour les principaux stocks de crevettes du Pacifique, ni de l'exactitude et de la fiabilité du plan de relevé actuel ou de la méthode d'estimation des indices de biomasse.

ÉVALUATION

Données

Les données ont été obtenues à partir de relevés indépendants de la pêche (c.-à-d. des relevés plurispécifiques au chalut à petites mailles, des relevés côtiers au chalut sur la crevette et des relevés synoptiques sur le poisson de fond). Pour tous les relevés, les données antérieures à 1996 ont été supprimées, car elles sont rares pour toutes les espèces.

Les données environnementales pertinentes ont été tirées du portail canadien de données ouvertes ou de rapports publiés (Davies *et al.* 2019; Peña *et al.* 2019) et utilisées dans les modèles de présence décrits plus bas (tableau 1). La phase lunaire a été calculée à partir du progiciel écrit en R *suncalc* (Thieurmél et Elmarhraoui 2022).

Les données des journaux de bord (1987 à 2023) de la pêche commerciale au chalut de la crevette ont été utilisées pour obtenir une estimation de l’empreinte de la pêche commerciale et pour vérifier les résultats sur le terrain à partir des modèles de présence décrits plus bas.

Un modèle opérationnel spatiotemporel a été élaboré avec les données des relevés plurispécifiques au chalut à petites mailles et des relevés côtiers au chalut pour produire des observations simulées de la biomasse de la crevette à l’échelle de la côte à l’aide de *sdmTMB* (Anderson *et al.* 2025). Les résultats du modèle opérationnel ont également été utilisés dans des analyses ultérieures de la définition spatiale des stocks, et des modèles similaires ont été élaborés pour déterminer la zone de relevé (c.-à-d. les modèles de présence) et comme méthode d’estimation de l’indice de biomasse.

Méthodes

Le tableau 2 résume les méthodes utilisées pour chaque composante de l’analyse.

Définition spatiale des stocks

Pour évaluer les définitions spatiales des stocks de crevettes océanique, rose d’Alaska et à flancs rayés en Colombie-Britannique, conformément aux dispositions sur les stocks de poissons de la *Loi sur les pêches*, trois méthodes ont été utilisées : le regroupement hiérarchique des indices de la biomasse relative; des modèles binomiaux à effets mixtes pour la longueur au stade; et une visualisation des différences spatiales dans les distributions de longueur. De plus, une revue de la littérature des renseignements disponibles sur la génétique et les différences temporelles par stade entre les régions a été effectuée.

Modèles de présence servant à définir la zone de relevé

Les modèles de présence pour chacune des espèces ont été élaborés à l’aide des données sur la présence et l’absence de crevettes tirées des relevés plurispécifiques au chalut à petites mailles, des relevés côtiers au chalut sur la crevette et des relevés synoptiques sur le poisson de fond, ainsi que d’une série de covariables environnementales et de relevés (tableau 1). L’approche était fondée sur Nephin *et al.* (2023). Les modèles ont pris en compte l’autocorrélation spatiale dans les données et la probabilité de présence a été prédite à l’aide d’une grille couvrant toute la côte. L’habitat prévu a été comparé à l’empreinte de la pêche commerciale obtenue à partir des données des journaux de bord pour aider à vérifier sur le terrain les résultats. Pour en arriver à une définition de la zone de relevé fondée sur l’habitat, on a retiré les zones non chalutables de la zone d’habitat prévue de la crevette déterminée par le modèle de présence selon des seuils de probabilité variables (la probabilité de présence prédite allant de 0,3 à 0,8). Les zones ont été désignées comme étant « non chalutables » si elles étaient considérées comme un habitat non convenable pour le chalutage (p. ex. beaucoup de roches), dans un corridor à forte circulation ou contenues dans une zone protégée fermée.

Plans d’échantillonnage des relevés

Le modèle opérationnel a été utilisé pour générer des cartes annuelles de la répartition de la crevette dans chacune des trois régions de relevé hypothétiques : détroit de Georgia, le plateau nord et la côte ouest de l’île de Vancouver. Six plans d’échantillonnage ont ensuite été utilisés pour générer des données de relevé simulées, et l’estimation fondée sur la conception (c.-à-d.

une densité moyenne ou moyenne stratifiée multipliée par zone de relevé) à l'échelle régionale a été comparée aux indices « réels » de la biomasse du modèle opérationnel afin d'évaluer le rendement de chaque plan d'échantillonnage. En plus du système actuel de stations fixes, une grille régulière systématique, une grille hexagonale systématique, un système aléatoire simple, un système aléatoire stratifié selon la profondeur, un système aléatoire stratifié selon la zone de relevé et un système aléatoire stratifié selon la profondeur comprenant des plans de répartition de Neyman ont également été mis à l'essai. Le rendement des différents plans d'échantillonnage a été comparé à l'aide de l'écart moyen quadratique relatif (EMQR) et du biais relatif.

Méthodes d'estimation des indices de la biomasse

Quatre méthodes d'estimation de l'indice de la biomasse ont été mises à l'essai à l'échelle de la zone de relevé : une approche fondée sur la conception, deux méthodes d'interpolation spatiale (krigeage ordinaire [KO] et krigeage selon un rang fixe [KRF]) et une approche de modélisation spatiotemporelle (sdmTMB).

L'approche fondée sur la conception a suivi la même méthode que l'estimation fondée sur la conception susmentionnée; cette méthode intègre la complexité la plus faible des quatre approches mises à l'essai. Les méthodes d'interpolation spatiale estiment les valeurs aux emplacements sans observations. Les deux méthodes, le KO et le KRF, utilisent l'autocorrélation spatiale pour réaliser une interpolation spatiale, mais diffèrent dans la façon dont l'autocorrélation est décrite. Le KO, qui est la méthode la plus similaire à la méthode actuelle, utilise un demi-variogramme pour décrire l'autocorrélation spatiale, tandis que le KRF utilise un modèle d'effets aléatoires spatiaux. L'approche de modélisation spatiotemporelle, utilisant le progiciel écrit en R sdmTMB, était similaire à celle du modèle opérationnel et des modèles de présence dans la mesure où les modèles pouvaient tenir compte de l'autocorrélation spatiale et spatiotemporelle dans les données au moyen d'une méthode se rapprochant des champs aléatoires gaussiens (Lindgren *et al.* 2011). Le progiciel sdmTMB est un cadre de modélisation flexible qui permet différents niveaux de complexité de modèle.

Chaque méthode a été utilisée pour estimer les indices de la biomasse à partir des données simulées à l'échelle de la zone de relevé existante pour chacune des trois espèces. Les indices de la biomasse estimés ont ensuite été comparés aux valeurs réelles des indices de la biomasse générées par le modèle opérationnel. L'exactitude des diverses méthodes a été comparée à l'aide de l'erreur relative absolue médiane (ERAM), la précision a été comparée à l'aide du coefficient de variation (CV), et le biais a été évalué à l'aide de l'erreur relative (ER).

Résultats

Définition spatiale des stocks

Les méthodes utilisées, y compris le regroupement hiérarchique des indices de la biomasse relative, les modèles binomiaux généralisés à effets mixtes visant à évaluer la variabilité de la longueur au stade dans l'ensemble des zones de relevé et les visualisations des distributions de la longueur, n'ont démontré aucune preuve cohérente de la présence de plusieurs stocks distincts sur le plan spatial dans les eaux de la Colombie-Britannique pour la crevette océanique, la crevette rose d'Alaska et la crevette à flancs rayés.

Modèle de présence

La fourchette des zones de relevé estimées observées selon différents seuils de présence allant de 0,3 à 0,8 (avant et après le retrait des zones chalutables) est indiquée dans le tableau 3. À titre d'exemple, la figure 4 montre la zone de relevé fondée sur l'habitat selon un

seuil de probabilité de présence prévu de 0,3 et excluant les zones non chalutables (ce qui correspond à 70 421 km² de zone de relevé sur toute la côte).

Plans d'échantillonnage des relevés

Les plans d'échantillonnage systématique ont généralement entraîné un meilleur rendement par rapport aux autres plans en ce qui concerne l'exactitude et la précision (figure 5, figure 6). Les analyses de simulation ont démontré que l'augmentation du nombre de traits dans la zone de relevé augmente la précision des estimations de l'indice de biomasse, comme l'indique une réduction du coefficient de variation associée à des échantillons de plus grande taille (figure 6). L'approche actuelle d'échantillonnage à des stations fixes a produit une précision inférieure et un biais plus important par rapport aux autres configurations d'échantillonnage mises à l'essai à l'échelle de la côte.

Méthodes d'estimation des indices de la biomasse

Les modèles spatiotemporels ajustés à sdmTMB ont généralement produit la plus grande précision et le biais le plus faible. Cependant, lorsque le nombre moyen de traits avec présence de crevettes par an est inférieur à environ dix, la méthode fondée sur la conception avait tendance à présenter un biais plus faible et une meilleure exactitude dans le pire des cas entre les itérations, même si le progiciel sdmTMB maintenait toujours une exactitude moyenne plus élevée (figure 7).

Sources d'incertitude

Plusieurs incertitudes dans les données et les analyses connexes ont été relevées, notamment des hypothèses sur la structure du modèle, une non-concordance à l'échelle spatiale, des données spatiales et temporelles limitées, des renseignements limités sur la connectivité génétique et des populations, des changements potentiels dans les répartitions spatiales (en raison du climat ou facteurs environnementaux) et des erreurs d'observation potentielles dans les données des relevés et des journaux de bord.

Selon la géographie et la dynamique des océans de la côte du Pacifique, il peut exister une structure de stock qui n'a pas pu être discernée avec les outils et les données actuellement disponibles. Il est recommandé de poursuivre les recherches (p. ex. études génétiques et analyses des données découlant de la couverture élargie du relevé proposée dans le nouveau plan de relevé) pour mieux comprendre la structure des stocks de ces espèces.

CONCLUSION

- À l'heure actuelle, on recommande que la définition spatiale du stock biologique corresponde à un unique stock à l'échelle de la côte pour chaque espèce de crevette. Ces définitions faciliteront la mise en œuvre future des dispositions relatives aux stocks de poissons pour ces stocks.
- La superficie totale recommandée pour le relevé est de 70 421 km² d'après le seuil d'habitat prévu pour la crevette qui correspond à 0,3 et exclut les zones qui sont actuellement considérées comme étant non chalutables (figure 4). L'établissement de 200 stations par année, ce qui est considéré comme réalisable compte tenu des ressources de relevé actuelles, donnerait lieu à une station environ tous les 19,5 km dans cette zone de relevé (figure 8).
- Le nombre de stations de relevé à établir dans cette zone de relevé nouvellement définie devrait être limité par les ressources disponibles (p. ex., temps-navire et effort

d'échantillonnage). Il est recommandé de poursuivre les possibilités de collaboration avec les intervenants et les participants à la pêche afin d'accroître la collecte de données de relevé comparables.

- Il n'est pas recommandé de conserver le plan d'échantillonnage actuel comprenant des stations de relevé fixes, car les résultats des simulations ont donné lieu à des estimations moins précises et biaisées par rapport aux autres plans d'échantillonnage lorsque les plans ont été mis à l'essai à l'échelle régionale ou à l'échelle de la partie des ZGC faisant l'objet d'un relevé. Parmi les plans d'échantillonnage considérés comme réalisables sur le plan opérationnel, les plans d'échantillonnage systématique ont généralement donné des résultats légèrement meilleurs en ce qui a trait à l'exactitude, au biais et à la précision; ils sont donc recommandés pour éclairer l'état du stock à l'échelle de la côte.
- L'approche recommandée pour l'estimation des indices de la biomasse du relevé à l'échelle de la côte consiste à utiliser un modèle spatiotemporel (c.-à-d. sdmTMB) à condition qu'il y ait au moins 10 traits contenant des crevettes dans la zone modélisée chaque année de relevé. Dans tous les autres cas, on recommande la méthode fondée sur la conception pour l'estimation des indices. Lorsque le modèle spatiotemporel est utilisé, il faut comparer les échelles des estimations fondées sur le modèle et le plan. Si les échelles des estimations des indices ne sont pas semblables, il faut envisager de simplifier le modèle spatiotemporel ou d'utiliser l'estimation fondée sur la conception. En raison de la nouvelle zone de relevé plus grande et de l'indice unique, le nombre de traits positifs devrait être beaucoup plus élevé que dix, ce qui justifie l'utilisation du progiciel sdmTMB pour estimer l'indice.
- Il est recommandé que les questions relatives à l'opérationnalisation ultérieure du nouveau plan de relevé (c.-à-d. les spécifications logistiques et de mise en œuvre) ainsi que les méthodes de rechange visant à produire des avis scientifiques à des échelles spatiales appropriées fassent l'objet d'un examen avec la contribution des participants à la pêche et des intervenants. En outre, il est reconnu qu'à mesure que l'information s'accumule dans le cadre du nouveau plan de relevé, les cadres de relevé et de gestion devraient être réévalués à intervalles réguliers et ajustés au besoin.
- Pour maintenir la continuité de la série chronologique des indices de la biomasse, des travaux d'analyse supplémentaires seraient nécessaires pour relier les données des anciens et du nouveau plans de relevé.
- Des recherches futures sont recommandées pour aborder les principales incertitudes liées à l'habitat convenable de la crevette, à la connectivité des populations (p. ex. les paramètres liés à la dispersion des larves, à la génétique et au cycle biologique) et aux effets potentiels des changements climatiques sur la répartition et la dynamique des populations de crevettes.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Les participants de l'industrie ont apporté une contribution précieuse à l'examen par les pairs sur la dynamique des stocks et la répartition des espèces grâce à leurs nombreuses années d'expérience dans la pêche au chalut de la crevette en Colombie-Britannique. Deux de ces participants se sont récusés de la décision concernant l'acceptabilité du document de travail et l'élaboration subséquente de l'avis scientifique, car on ne sait pas exactement comment les changements recommandés au plan de relevé et à la méthode d'estimation des indices auront une incidence sur les futures recommandations liées à la gestion (destinées à faire l'objet de

discussions), empêchant ainsi ces participants d'apporter des contributions éclairées à la discussion.

LISTE DES PARTICIPANTS À LA RÉUNION

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Anderson	Sean	MPO, Sciences
Araujo	Andres	MPO, Sciences
Aulthouse	Brendan	MPO, Sciences
Baker	Krista	MPO, Sciences
Bureau	Dominique	MPO, Sciences
Burgess	Phil	B.C. Shrimp Trawl Association, président
Burton	Meghan	MPO, Sciences
Cao	Jie	North Carolina State University
Cargill	Coraux	MPO, Gestion des pêches
Chang	Hsiao-Yun	University of Maine
Finney	Jessica	MPO, Centre des avis scientifiques du Pacifique
Ganton	Amy	MPO, Gestion des pêches
Kanno	Roger	MPO, Gestion des pêches/Cadre pour la pêche durable
Krumsick	Kyle	MPO, Sciences
Lloyd	Russ	Pacific Shrimp Harvesters Association
Matwichuk	Kiana	PNKC
Mazur	Mackenzie	MPO, Sciences
Mijacika	Lisa	MPO, Gestion des pêches
Mitchell	Abigail	MPO, Gestion des pêches
Noble	Virginie	MPO, Sciences
Obradovich	Shannon	MPO, Sciences
Orr	Emily	T. Buck Suzuki
Paquette	Roger	B.C. Shrimp Trawlers Association
Parker	Guy	MPO, Gestion des pêches
Rooper	Chris	MPO, Sciences
Smith	Jenny	MPO, Gestion des pêches
Thiess	Mary	MPO, Sciences, présidente
Walters	Carl	Université de la Colombie-Britannique
Wyeth	Malcolm	MPO, Sciences

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

- Anderson, S.C., Ward, E.J., English, P.A., Barnett, L.A.K., and Thorson, J.T. 2025. [sdmTMB: An R package for fast, flexible, and user-friendly generalized linear mixed effects models with spatial and spatiotemporal random fields](#). In press at Journal of Statistical Software.
- Boutillier, J.A., Bond, J.A., and Nguyen, H. 1999. [Evaluation of a New Assessment and Management Framework for Shrimp Stocks in British Columbia](#). Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 99/124. 28 p.
- Davies, S.C., Gregr, E.J., Lessard, J., Bartier, P., and Wills, P. 2019. Coastal digital elevation models integrating ocean bathymetry and land topography for marine ecological analyses in Pacific Canadian waters. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3321: vi + 38 p.
- Hijmans, R. 2023. `_raster: Geographic Data Analysis and Modeling_`. R package version 3.6-26, CRAN: Package raster Accédé le 6 mars 2025.
- Lindgren, F., Rue, H. and Lindström, J. 2011. [An Explicit Link between Gaussian Fields and Gaussian Markov Random Fields: The Stochastic Partial Differential Equation Approach](#). J. Royal Stat. Soc. Series B: Statistical Methodology. 73: 423–498.
- Nepkin, J., Thompson, P.L., Anderson, S.C., Park, A.E., Rooper, C.N., Aulthouse, B., and Watson, J. 2023. Integrating disparate survey data in species distribution models demonstrate the need for robust model evaluation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 80(12): 1869–1889.
- Peña, M.A., Fine, I. and Callendar, W. 2019, Interannual variability in primary production and shelf-offshore transport of nutrients along the northeast Pacific Ocean margin. Deep-Sea Res. II. 169–170: 104637.
- Southey, K., Harbo, R., and Boutillier, J. 1998. Shrimp Trawl Fishery (1997/98). *PSARC Fishery Update*. In: Harbo, R.M. and E.S. Wylie. [editors] 2002. Pacific commercial fishery updates for invertebrate resources (1997). Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2586. 128–158.
- Thieurmél B. and Elmarhraoui, A. 2022. `suncalc: Compute Sun Position, Sunlight Phases, Moon Position and Lunar Phase`. R package version 0.5.1.

ANNEXE

Tableau 1. Covariables comprises dans les modèles de présence et leur source. Le bleu (x) indique que la covariable a été intégrée au modèle de présence pour une espèce donnée. Le blanc indique que la covariable n'a pas été intégrée au modèle de présence pour une espèce donnée.

Covariable	Source	Crevette océanique	Crevette rose d'Alaska	Crevette à flancs rayés
Profondeur	Davies <i>et al.</i> 2019; Open Maps	x	x	x
Pente	Progiciel écrit en R raster (Hijmans 2023)	x	—	x
Température moyenne du fond	Peña <i>et al.</i> 2019	x	—	x
Phase lunaire	Progiciel écrit en R suncalc (Thieurmél et Elmarhraoui 2022)	x	—	—
Substrat (facteur)	Open Maps	-	—	x
Mois (spline)	Données des relevés	x	—	—
Vitesse des traits	Données des relevés	x	x	—
Longueur des traits	Données des relevés	x	x	x
Type de relevé (facteur)	Données des relevés	x	x	x
Année (spline)	Données des relevés	x	x	x

Tableau 2. Résumé des approches analytiques utilisées pour atteindre chacun des objectifs du cadre de référence.

Objectif	Approche analytique
Définition des stocks	<ul style="list-style-type: none"> • Regroupement hiérarchique des indices de la biomasse relative • Modèle à effets mixtes calculant la longueur au stade dans l'ensemble des zones • Visualisation des différences spatiales dans les distributions de longueur • Revue de la littérature sur la génétique et le moment des stades biologiques
Zone de relevé	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluée à l'aide des prédictions en matière d'habitat d'un modèle de présence fondé sur les données des relevés et les données environnementales. Données des journaux de bord de la pêche commerciale utilisées pour vérifier sur le terrain les résultats.
Plans d'échantillonnage	<ul style="list-style-type: none"> • Mise à l'essai à l'aide d'une méthodologie fondée sur la simulation (basée sur le modèle opérationnel), y compris l'approche actuelle à stations fixes
Méthode d'estimation des indices du relevé	<ul style="list-style-type: none"> • Quatre méthodes ont été comparées : • Fondée sur la conception • Krigeage ordinaire • Krigeage selon un rang fixe • Modèles spatiotemporels – sdmTMB

Tableau 3. Zone de relevé à l'échelle de la côte avant et après le retrait des zones non chalutables sous chaque seuil de probabilité de présence. Les zones ont été désignées comme étant « non chalutables » si elles étaient considérées comme un habitat non convenable pour le chalutage (p. ex. beaucoup de roches), dans un corridor à forte circulation ou contenues dans une zone protégée fermée. La probabilité de présence est utilisée pour délimiter l'habitat de la crevette dans les eaux de la Colombie-Britannique (p. ex. le seuil de 0,3 définit la zone de la côte de la Colombie-Britannique où la probabilité de présence des crevettes est équivalente ou supérieure à 0,3).

Seuil de probabilité de présence	Superficie du relevé (km ² , avant le retrait des zones non chalutables)	Superficie du relevé (km ² , après élimination des zones non chalutables)
0,3	94 630	76 421
0,4	89 458	66 550
0,5	84 797	69 076
0,6	80 660	60 083
0,7	76 833	57 380

Seuil de probabilité de présence	Superficie du relevé (km ² , avant le retrait des zones non chalutables)	Superficie du relevé (km ² , après élimination des zones non chalutables)
0,8	72 653	54 397

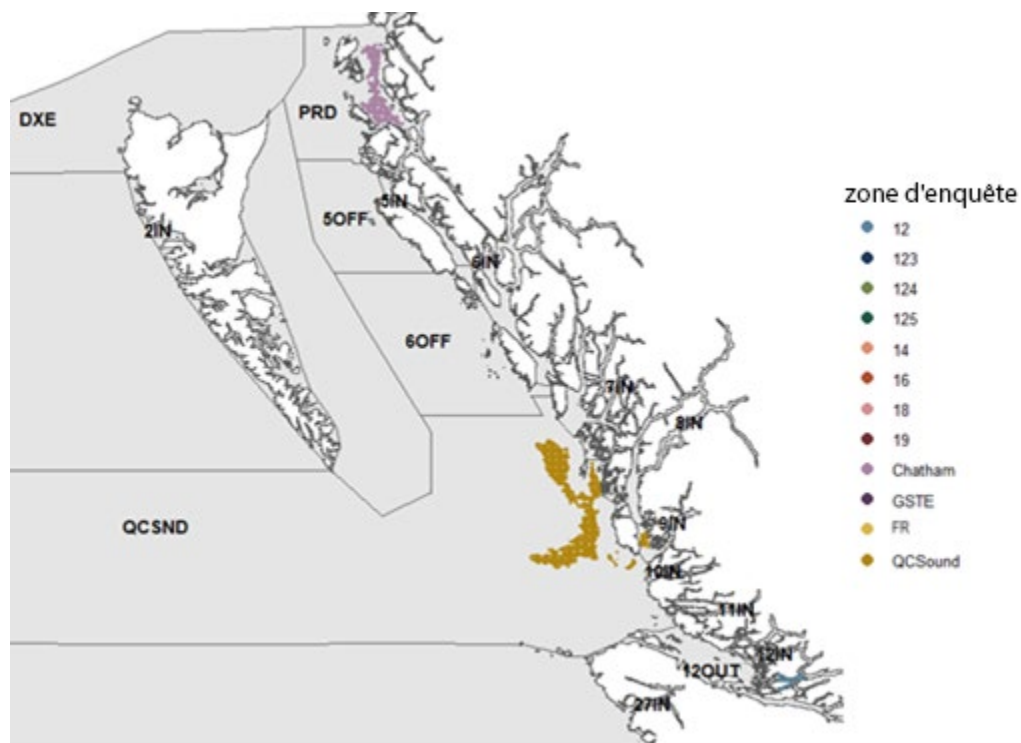


Figure 2. Zones de gestion de la crevette (ZGC; texte en gras noir et lignes grises) et zones de relevé associées (groupes de points de couleur) le long des côtes nord et centrale de la Colombie-Britannique. (Les noms des ZGC sont fondés sur les secteurs de gestion des pêches du Pacifique, à quelques exceptions près.)

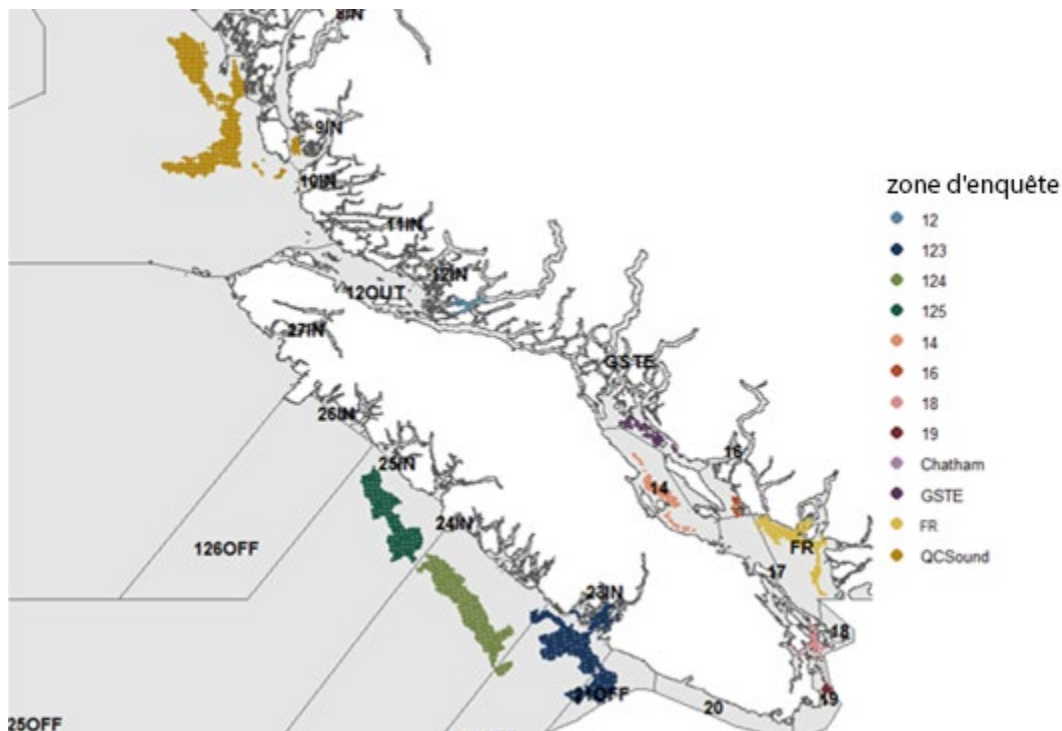


Figure 3. Zones de gestion de la crevette (ZGC; texte en gras noir et lignes grises) et zones de relevé associées (groupes de points de couleur) le long des côtes sud et centrale de la Colombie-Britannique. (Les noms des ZGC sont fondés sur les secteurs de gestion des pêches du Pacifique, à quelques exceptions près.)

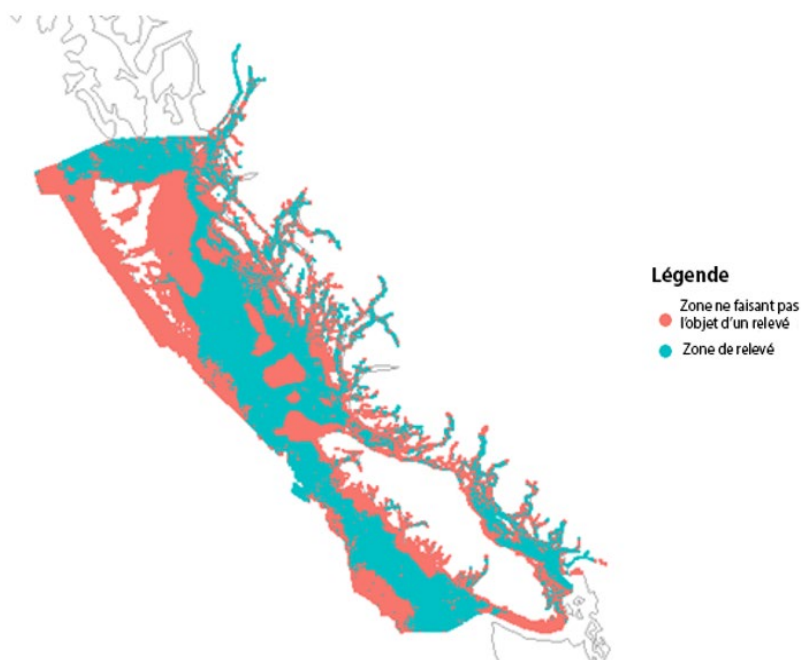


Figure 4. Zone de relevé fondée sur l'habitat pour la pêche au chalut de la crevette le long de la côte de la Colombie-Britannique (turquoise = zone de relevé, rouge = zone qui ne fait pas l'objet d'un relevé) excluant les zones non chalutables en fonction d'un seuil de 0,3 (c.-à-d. que les zones où la probabilité de trouver des crevettes est supérieure à 0,3 sont considérées comme un habitat de la crevette).

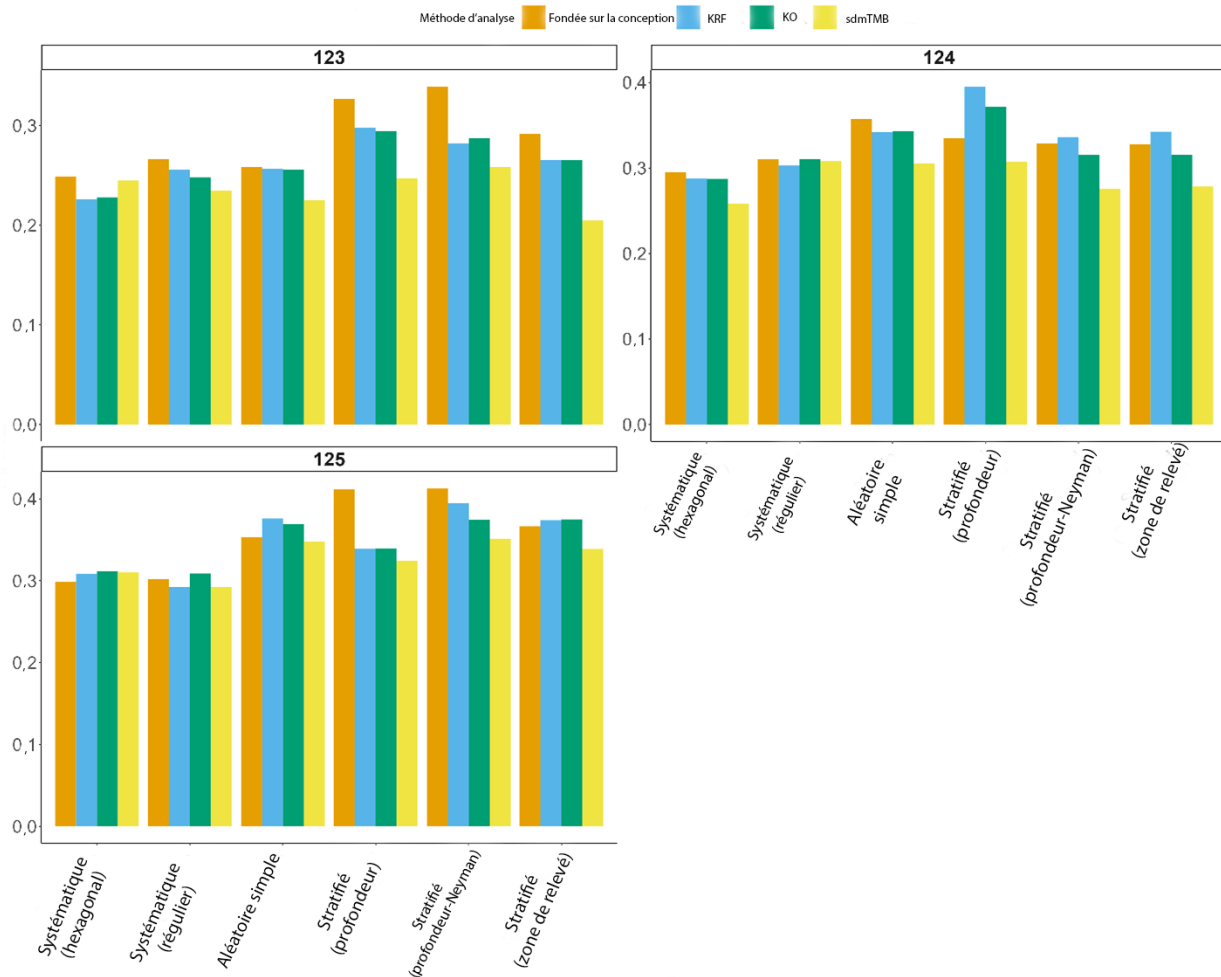


Figure 5. Erreur relative absolue médiane (ERAM) pour 7 des 100 itérations de la crevette océanique sur la côte ouest de l'île de Vancouver (c.-à-d. les zones d'étude 123, 124 et 125), avec toutes les années, pour chaque plan d'échantillonnage et une taille d'échantillon (nombre de traits) de 100, qui ont été calculées à l'aide d'un krigeage selon un rang fixe (KRF). Seules les simulations qui ont convergé entre toutes les méthodes sont incluses. Les méthodes d'analyse sont l'approche fondée sur la conception (barres orange), le krigeage selon un rang fixe (KRF; barres turquoise), le krigeage ordinaire (KO; barres vertes) et les modèles spatiotemporels (sdmTMB; barres jaunes).

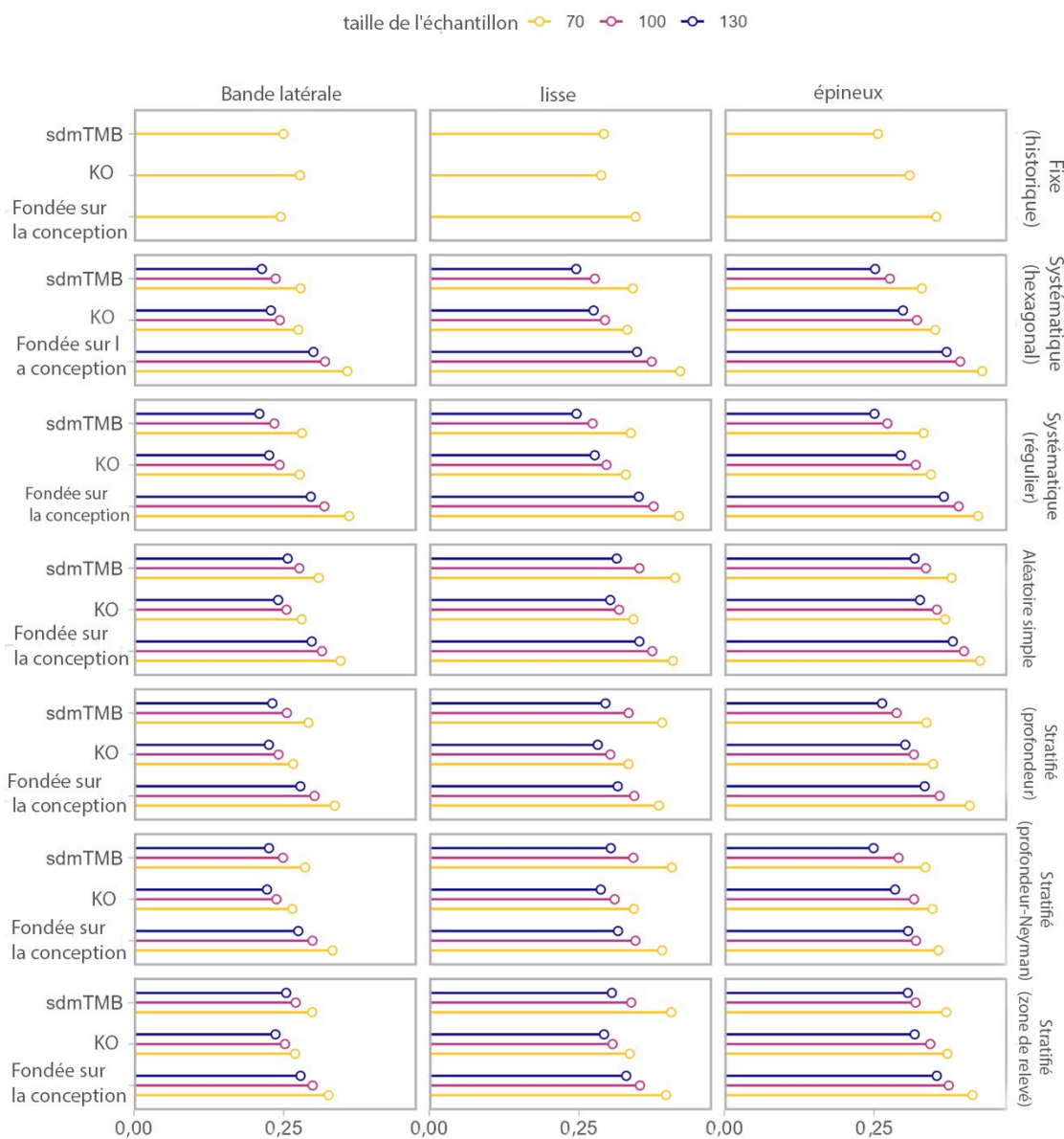


Figure 6. Effet de la taille de l'échantillon (nombre de traits) et de la méthode d'analyse sur le coefficient de variation (CV) médian entre les plans d'échantillonnage pour la crevette océanique, la crevette rose d'Alaska et la crevette à flancs rayés. Les méthodes d'analyse sont l'approche fondée sur la conception, le krigeage ordinaire (KO) et des modèles spatiotemporels (sdmTMB).

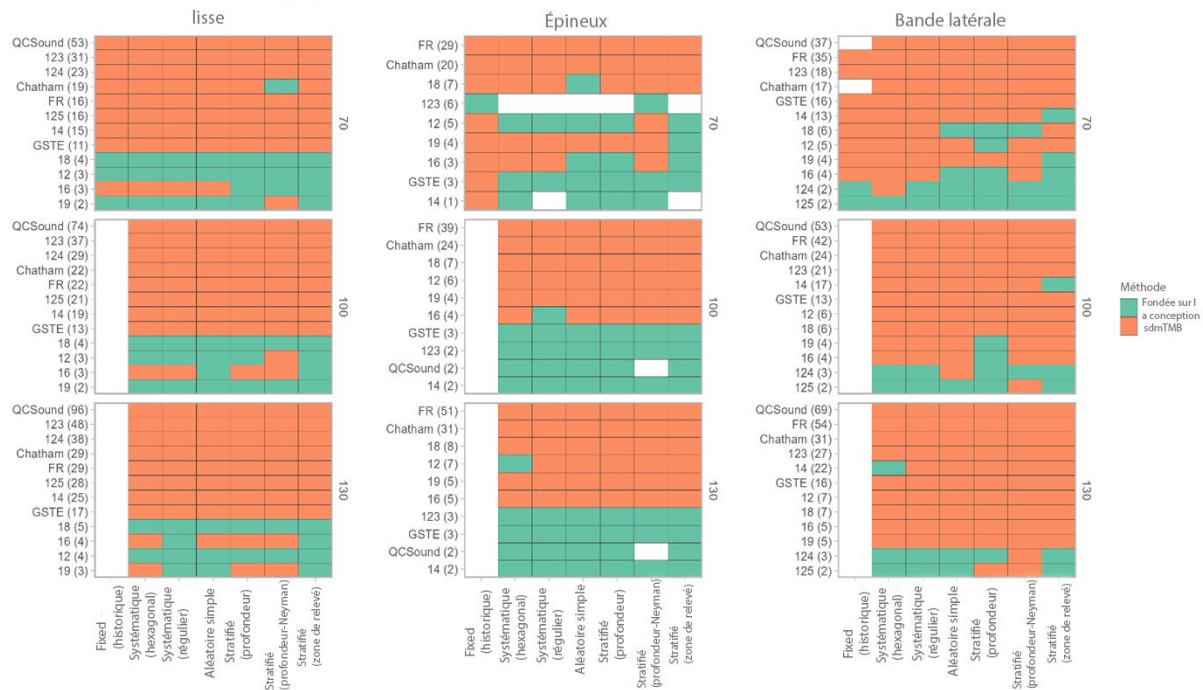


Figure 7. Méthode d'estimation de l'indice avec le 90e centile le plus bas de l'erreur relative absolue (indique quelle méthode est la moins erronée dans le pire des cas [90e centile]) par zone de gestion de la crevette pour la crevette océanique, la crevette rose d'Alaska et la crevette à flancs rayés selon trois tailles d'échantillon (c.-à-d. nombre de traits). Seules la méthode d'analyse fondée sur la conception et la méthode du progiciel sdmTMB sont présentées.

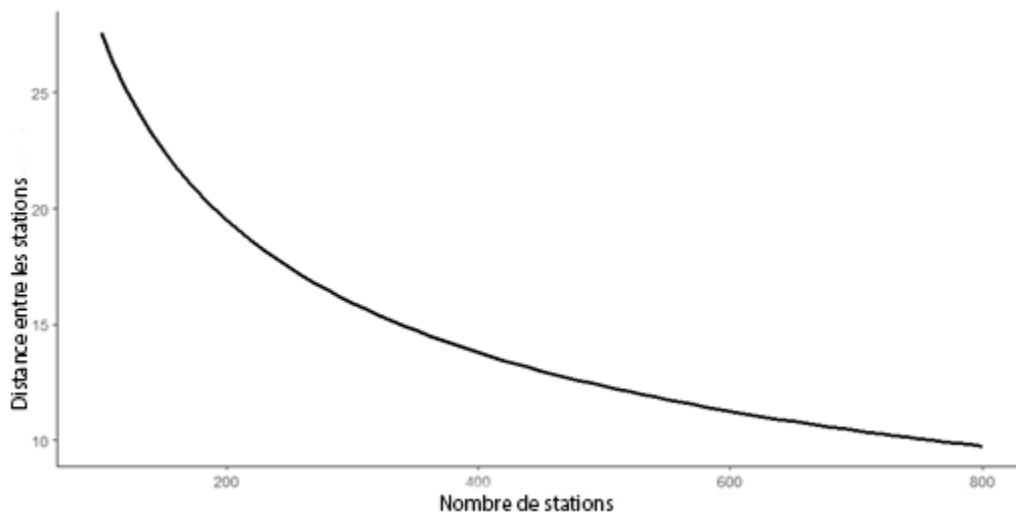


Figure 8. Distance la plus courte approximative entre les stations (en kilomètres) par rapport au nombre de stations dans la zone de relevé recommandée, soit 76 040 km².

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

Courriel : DFO.PacificCSA-CASPacifique.MPO@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-79541-6 N° cat. Fs70-6/2025-056F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#).



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Examen de la définition des stocks et du plan du relevé au chalut sur la crevette pour la surveillance des stocks en Colombie-Britannique. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2025/056.

Also available in English:

DFO. 2025. *Review of the Stock Definition and Design of the Shrimp Trawl Survey for Stock Monitoring in British Columbia.* DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2025/056.