



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/042

Région du Pacifique

**Examen de l'utilisation de dispositifs de recompression comme outils pour
réduire les effets des barotraumatismes chez les sébastes en
Colombie-Britannique**

D.R. Haggarty

Station biologique du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Haggarty, D.R. 2019. Examen de l'utilisation de dispositifs de recompression comme outils pour réduire les effets des barotraumatismes chez les sébastes en Colombie-Britannique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/042. vi + 41 p.

Also available in English :

Haggarty, D.R. 2019. A Review of the Use of Recompression Devices as a Tool for Reducing the Effects of Barotrauma on Rockfishes in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/042. vi + 34 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	vi
1. INTRODUCTION	1
1.1 OBJECTIF ET PORTÉE DE L'EXAMEN	4
2 DISCUSSION.....	4
2.1 ÉTUDES SUR LES BAROTRAUMATISMES ET LA RECOMPRESSION CHEZ LE SÉBASTE	4
2.2 PROFONDEUR DE CAPTURE ET VARIABILITÉ ENTRE LES ESPÈCES.....	6
2.3 AUTRES SOURCES DE VARIABILITÉ AFFECTANT LA SURVIE.....	11
2.4 EFFETS PHYSIQUES DU BAROTRAUMATISME CHEZ LE SÉBASTE.....	12
2.5 SURVIE APRÈS LA RECOMPRESSION	21
2.6 EFFETS SUBLÉTAUX ET DÉFICIENCES COMPORTEMENTALES.....	22
2.7 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR ESPÈCE EN COLOMBIE-BRITANNIQUE	24
2.7.1 Sébaste à queue jaune.....	24
2.7.2 Sébaste bocace.....	24
2.7.3 Sébaste à dos épineux	24
2.7.4 Sébaste cuivré et sébaste brun	24
2.7.6 Sébaste bleu et Sebastes diaconus.....	24
2.7.7 Sébaste à bandes jaunes et sébaste-tigre.....	25
2.7.8 Sébaste aux yeux jaunes	25
2.7.9 Sébaste canari	26
2.8 ATTÉNUATION DU BAROTRAUMATISME	26
2.8.1 Purge	26
2.8.2 Caissons hyperbares.....	26
2.8.3 Dispositifs de descente et de recompression.....	27
2.9 UTILISATION DE DISPOSITIFS DE DESCENTE DANS LA GESTION DE LA PÊCHE RÉCRÉATIVE AUX SÉBASTES AUX ÉTATS-UNIS	29
2.9.1 Pacific Fishery Management Council.....	29
2.9.2 Californie	32
2.9.3 Orégon	33
2.9.4 Washington	33
2.9.5 Alaska	35
3 LACUNES DANS LES CONNAISSANCES ET INCERTITUDES	36
3.1 INCERTITUDES SCIENTIFIQUES.....	36
3.2 INFORMATION REQUISE POUR LA GESTION.....	37
4 CONCLUSION.....	38
5. RÉFÉRENCES	38

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1. Références citées dans les tableaux 3 et 4, et méthodes utilisées dans chaque étude. Il convient de noter que certaines études décrivent plus d'une expérience.6
- Tableau 2. Caractéristiques du cycle biologique chez les sébastes des zones côtières et chez les espèces du plateau que l'on trouve près du rivage en C.-B. Groupe (G) : ZC = zones côtières, PL = plateau, Sous-genre (SG): a= Sebastosomus, b= Pteropodus, c= Sebastichthys, d= Sebastopyr, e= Rosicola, f= Hispaniscus, g=Acutomenthum, h=Sebastodes Niche : P = pélagique, B = benthique Déplacement : Hz = horizontal, V = vertical : I = important, M = modeste, F = faible, In = inconnu *On trouve les juvéniles dans des eaux peu profondes (Richards 1986, Matthews 1990, Love et al. 2002, Hyde et Vetter 2007, Hannah et Rankin 2011).9
- Tableau 2. Signes et symptômes de barotraumatismes observés chez les sébastes 14
- Tableau 3. Signes et symptômes de barotraumatismes observés chez les sébastes. Les abréviations figurant dans ce tableau sont utilisées dans les tableaux 4 et 5. En raison des signalements rares de signes internes, nous présentons les signes détaillés cités dans les publications scientifiques énumérées ici comme des hémorragies internes et des embolies internes, afin de faciliter les comparaisons. 15
- Tableau 4. Résumé des signes externes et internes de barotraumatismes, des effets comportementaux, de la submersion et de la survie des sébastes des zones côtières après la décompression. Les valeurs sont exprimées en pourcentages. Voir le tableau 5 pour obtenir des renseignements sur les références citées. * indique que le signe n'a pas été rapporté. ** indique que le signe a été classé comme « barotraumatisme grave ». Survie : in =inconnue, s =sacrifice. L'indice dans la colonne relative à la survie montre la période pendant laquelle la survie a été mesurée ou l'intervalle de confiance par rapport à l'estimation. L'indice dans la colonne de la cote comportementale (Comport.) montre la cote maximale possible de l'étude. 16
- Tableau 5. Résumé des signes externes et internes de barotraumatismes, des effets comportementaux, de la submersion et de la survie des sébastes du plateau continental après la décompression. Les valeurs sont exprimées en pourcentages. Voir le tableau 5 pour obtenir des renseignements sur les références citées. * indique que le signe n'a pas été rapporté. Survie : in =inconnue, s =sacrifice. L'indice dans la colonne relative à la survie montre la période pendant laquelle la survie a été mesurée ou l'intervalle de confiance par rapport à l'estimation. L'indice dans la colonne de la cote comportementale (Comportement) indique la cote maximale possible de l'étude. 19
- Tableau 6. Taux de mortalité des sébastes remis à l'eau à la surface (%) par catégorie de profondeurs (PFMC). Seules les espèces de sébastes fréquentant les eaux de la Colombie-Britannique sont présentées.....31
- Tableau 7. Recommandations du PFMC concernant la mortalité totale des remises à l'eau (M) (%) du sébaste aux yeux jaunes et du sébaste canari, reflétant l'utilisation de dispositifs de descente et intégrant la mortalité à court terme, la mortalité à long terme, la mortalité non prise en compte et l'intervalle de confiance supérieur de 90 % comme valeurs de précaution rendant compte de l'incertitude. Le taux de mortalité utilisé lorsque le poisson est rejeté à la surface, et la différence entre la mortalité à la surface et la mortalité associée à l'utilisation des dispositifs de descente sont également fournis (gains de mortalité).....32

LISTE DES FIGURES

- Figure 1. D'après la loi de Boyle, lorsque la pression augmente (représentée ici sous forme de pression atmosphérique (ATM) associée à la profondeur de l'eau [en mètres]), le volume d'un gaz diminue de façon proportionnelle. Dans le cas des sébastes ramenés à la surface, il en résulte des signes de barotraumatisme tels que ceux présentés par ce sébaste aux yeux jaunes (photo utilisée avec l'autorisation de Dayv Lowry, Washington Department of Fish and Wildlife).3
- Figure 2. Diagramme de quartiles des profondeurs auxquelles des espèces de sébastes sont capturées lors du relevé de recherche indépendant de la pêche (données figurant dans GFBio et Frid et al. 2016). Les lignes tiretées montrent les profondeurs de 36 et 50 m. La ligne horizontale dans chaque boîte représente la profondeur médiane et les charnières des boîtes représentent les 25^e et 75^e percentiles. Les lignes verticales représentent 1,5 fois la plage entre les quartiles, tandis que les points sont des données aberrantes qui sont regroupées de façon individuelle 11
- Figure 3. Dispositifs de descente disponibles dans le commerce et de fabrication artisanale. a) SeaQuilizer, b) outil Blacktip de remise à l'eau et de recompression, c) dispositif de descente RokLees d'EcoLeeser, d) dispositif de descente Shelton, e) dispositif de descente Fish Grip modifié, f) caisse à homards pondérée, g) hameçon sans barbe pondéré.28

RÉSUMÉ

Le sébaste du Pacifique (genre *Sebastes*) présente des taux élevés de barotraumatismes lorsqu'il est ramené à la surface de l'océan en raison de sa vessie natatoire fermée, ou physocliste. Bien que bon nombre d'organismes gouvernementaux recommandent l'utilisation de dispositifs de descente qui permettent de remettre à l'eau à la bonne profondeur les poissons capturés dans des pêches récréatives et qui présentent un barotraumatisme, peu de recherches ont été menées sur l'utilisation de tels dispositifs et sur la survie des poissons recomprimés en Colombie-Britannique. Le but du présent rapport consiste à examiner la documentation concernant les effets des barotraumatismes sur les sébastes et la capacité des dispositifs de recompression à décroître la mortalité des poissons relâchés à court et à long terme, à documenter les types de dispositifs de descente et à compiler les connaissances dont nous disposons sur chacun d'eux, à synthétiser les résultats de recherches portant sur chaque espèce fréquentant les eaux de la Colombie-Britannique, à relever les lacunes dans la recherche et à caractériser l'incertitude. On a trouvé que les espèces de sébastes affichaient une capacité remarquable à se rétablir d'un barotraumatisme et à survivre après une recompression à court terme. Cependant, les effets des barotraumatismes et la fluctuation des taux de survie sont de nature complexe au sein de ce genre de poissons riche en espèces, et un certain nombre d'incertitudes demeurent. La recompression augmente certainement les taux de survie des poissons rejetés qui, autrement, ne pourraient pas descendre et risquent par conséquent la prédation, mais les recommandations les plus pertinentes seraient de conserver les poissons capturés et de varier les zones de pêches utilisées pour éviter la capture d'un plus grand nombre de poissons ou encore de cesser de pêcher une fois les limites sont atteintes. L'incorporation de l'utilisation volontaire ou obligatoire de dispositifs de descente dans la gestion des pêches récréatives au sébaste exigera beaucoup d'attention, car une incertitude considérable entoure leur efficacité au chapitre de l'atténuation de la mortalité de ce poisson à une échelle qui touche le reste de la population.

1. INTRODUCTION

Les sébastes (genre *Sebastes*) représentent un groupe riche en espèces, plus de 102 espèces différentes étant recensées dans le monde, dont au moins 38 dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique (C.-B.). Ces espèces partagent des caractéristiques du cycle biologique, une physiologie et des caractéristiques morphologiques générales communes (Love et al. 2002). Pêches et Océans Canada (MPO) a classé les sébastes en trois catégories, d'après la répartition des profondeurs le long de la côte. Les espèces de la pente (15 espèces) sont généralement rencontrées dans des eaux profondes (100 à 2 000 m) et sont les plus abondantes dans les régions plus au nord du plateau continental. Les espèces du plateau (15 espèces) sont rencontrées à des profondeurs s'échelonnant entre 0 et 600 m et se tiennent principalement près du bord du plateau continental. Les espèces des zones côtières (8 espèces) sont les plus nombreuses à de faibles profondeurs (0 à 200 m) dans des zones rocheuses affichant de hauts reliefs au fond. Ces espèces de sébastes des zones côtières sont visées par des pêches commerciales, récréatives et autochtones, tandis que les poissons du plateau et de la pente sont visés par des pêches commerciales au chalut et par des pêches à la ligne et à l'hameçon.

Les espèces des zones côtières de la C.-B. (sébaste aux yeux jaunes, sébaste cuivré, sébaste-tigre, sébaste à rayures jaunes, sébaste à dos épineux, sébaste noir, sébaste Deacon/bleu (Frale et al. 2015) et sébaste brun) sont, comme d'autres espèces de sébastes, longévives (certaines présentant une durée de vie dépassant 100 ans), atteignent la maturité à un âge tardif, affichent un domaine vital de faible superficie et font preuve d'une haute fidélité au site. Le sébaste noir et le sébaste Deacon/bleu qui sont plus pélagiques mûrent plus tôt, entre 6 et 8. Les sébastes sont vivipares, les femelles les plus grandes et les plus âgées apportent une contribution importante aux populations en donnant naissance à plus d'un million de larves au cours d'une seule saison de reproduction (Love et al. 2002). La plupart des poissons osseux possèdent un organe hydrostatique appelé « vessie natatoire », qui sert à contrôler la flottabilité et, dans certains cas, à produire des sons. Les sébastes ont une vessie natatoire physocliste, ce qui signifie qu'elle n'est pas reliée à leur estomac. La vessie natatoire des poissons physoclistes n'a pas de liens vers l'extérieur qui permettent la libération et l'absorption des gaz, comme c'est le cas chez les poissons physostomes. Les gaz sont sécrétés dans le sang puis déchargés dans la vessie natatoire par l'entremise d'un plexus vasculaire spécialisé appelé *rete mirabile*, et ils sont évacués par la chambre de résorption dans cet organe. L'expulsion des gaz s'effectue par diffusion passive dans le flux sanguin, et ensuite dans l'eau par les branchies. Ainsi, la vitesse d'évacuation des gaz dépend du débit sanguin; l'élimination n'est donc pas instantanée (Parker et al. 2006). Ces caractéristiques relatives à la reproduction, au cycle biologique et à la physiologie rendent les sébastes de la zone côtière vulnérables aux effets de la pêche localisée, même à des niveaux modérés, et les déclinés de population qui y sont associés peuvent prendre des décennies pour s'inverser.

Les populations de sébastes que l'on rencontre le long de la côte ouest de l'Amérique du Nord, y compris en C.-B., ont affiché des déclinés considérables depuis l'avènement des méthodes de pêche industrielles (Parker et al. 2000, Yamanaka et Logan 2010). En 2002, le MPO a annoncé le lancement d'une stratégie visant la conservation des sébastes des zones côtières, laquelle comprenait des mesures permettant de rendre compte de toutes les prises, y compris les prises accessoires et les rejets, de réduire la mortalité par pêche, d'établir des zones fermées à toutes les pêches et d'améliorer les évaluations et la surveillance des stocks (Yamanaka et Logan 2010). La considération des prises accessoires et des rejets et la fermeture de zones étaient des aspects importants de la stratégie de conservation, car les sébastes rejetés présentent des taux élevés de mortalité qui sont associés aux effets de décompression liés à

leur incapacité physiologique d'expulser rapidement les gaz à partir de leur vessie natatoire, tel que décrit ci-devant.

Le volume et la pression d'un gaz contenu à température constante ont une relation inverse, selon la loi de Boyle (Figure 1). Par conséquent, lorsque le gaz contenu dans un réservoir souple passe d'une pression élevée à une pression basse, comme lorsqu'il est ramené des profondeurs à la surface, son volume augmente. De ce fait, lorsqu'un poisson ayant une vessie natatoire fermée est rapidement remonté à la surface des profondeurs, sa vessie natatoire s'agrandit et il subit un barotraumatisme. Selon la loi de Boyle, le changement de volume de la vessie natatoire est plus important dans les eaux peu profondes que le changement de volume que l'on observe lors d'un même changement absolu de la profondeur dans des eaux plus profondes. Cela crée une zone étroite de flottabilité neutre dans des eaux peu profondes, laquelle se traduit par des limitations des déplacements naturels verticaux des poissons. Cela entraîne également des blessures liées à des décompressions forcées lorsqu'un poisson est ramené à la surface dans le cadre d'une pêche, même si celle-ci est pratiquée dans des eaux relativement peu profondes (Parker et al. 2006).

Tandis que le gaz se dilate, ils suivent le chemin offrant le moins de résistance dans le poisson, qui varie d'une espèce à une autre, mais qui est habituellement vers l'avant dans le cas des sébastes (Hannah et al. 2008 b). Les signes externes les plus visibles de barotraumatisme chez les sébastes comprennent la protubérance des yeux (exophtalmie) et la protubérance de l'œsophage (éversion de l'œsophage) (Figure 1). On prend souvent l'œsophage protubérant pour la vessie natatoire. Toutefois, le déplacement des gaz dilatés vers l'avant entraîne la sortie de l'œsophage (Hannah et al. 2008 b). D'autres signes extérieurs moins évidents sont le rétrécissement de l'abdomen, le gonflement des membranes (notamment la membrane branchiostège, qui se situe près de la gorge et de l'opercule), des bulles de gaz dans les membranes (emphysème de la membrane) et dans les yeux (emphysème oculaire) et parfois, le prolapsus du cloaque (Jarvis et Lowe 2008). Parmi les signes internes figurent des hémorragies, des déchirures et des ruptures de la vessie natatoire, des dommages causés aux organes et des déplacements de ceux-ci, et des saignements dans la cavité péritonéale et le péricarde (Hannah et al. 2008a). Lorsque le poisson est relâché vivant à la surface, ces blessures internes passent inaperçues, mais peuvent avoir des effets à long terme importants sur la capacité de chasse, la résistance aux maladies, la survie et la reproduction si l'animal parvient à retourner au fond.

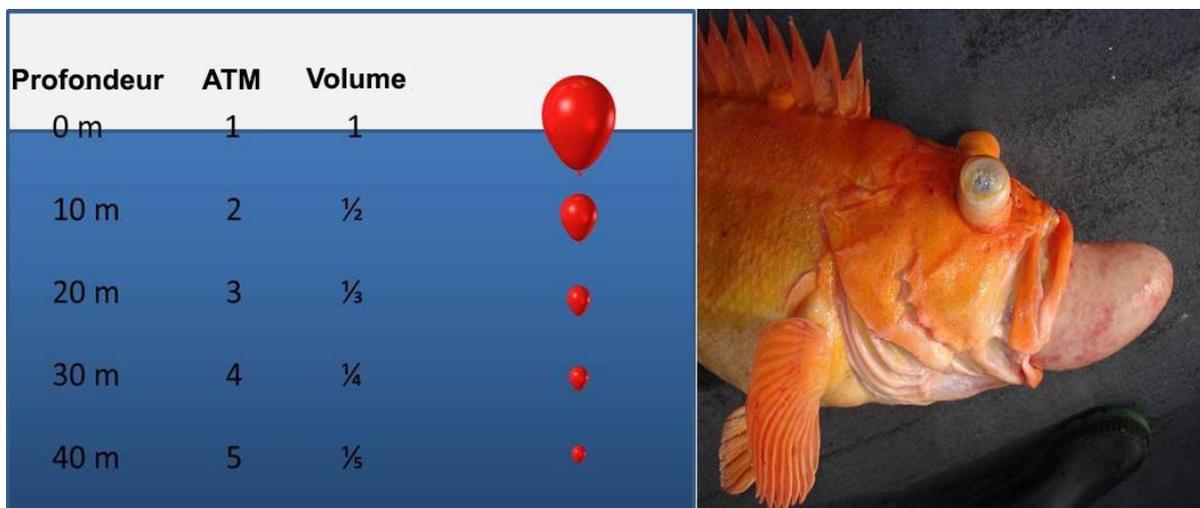


Figure 1. D'après la loi de Boyle, lorsque la pression augmente (représentée ici sous forme de pression atmosphérique (ATM) associée à la profondeur de l'eau [en mètres]), le volume d'un gaz diminue de façon proportionnelle. Dans le cas des sébastes ramenés à la surface, il en résulte des signes de barotraumatisme tels que ceux présentés par ce sébaste aux yeux jaunes (photo utilisée avec l'autorisation de Dayv Lowry, Washington Department of Fish and Wildlife).

Outre les effets physiologiques des barotraumatismes, qui sont traités ci-après, les sébastes qui sont ramenés à la surface et rejetés flotteront, car ils sont souvent dans l'impossibilité de retourner dans les profondeurs, et seront, en conséquence, vulnérables à la prédation de la part d'oiseaux et de mammifères marins (Hannah et al. 2008a). Ainsi, la pratique de la pêche avec capture et remise à l'eau n'est pas un outil de gestion approprié des sébastes. Les gestionnaires de la pêche au poisson de fond considèrent que la mortalité des sébastes relâchés dans le cadre de pêches récréatives et commerciales est de 100 %. Cependant, la remise à l'eau des sébastes est interdite en tant que condition des permis de pêche commerciale, et cette interdiction est mise en application grâce à la surveillance électronique et embarquée et à des programmes de vérification (DFO 2017). La mortalité des poissons rejetés et les effets sublétaux des barotraumatismes chez les sébastes doivent être pris en considération au moment de mettre en place des mesures de gestion comme l'utilisation d'aires de conservation du sébaste (ACS) et d'autres zones fermées à la pêche, tenant compte de toutes les prises, y compris les prises accessoires et les rejets (Yamanaka et Logan 2010). La mortalité chez les poissons relâchés a également mené à l'élaboration d'une directive, nommée [Gardez vos prises](#), en vertu de laquelle les pêcheurs à la ligne doivent conserver les sébastes, quelle que soit leur taille, jusqu'à ce que la limite quotidienne soit atteinte, et se déplacer vers un autre lieu de pêche pour éviter de capturer des sébastes au lieu de les remettre à l'eau.

Le recours à des dispositifs de recompression (Theberge et Parker 2006, Chen 2012), qui permettent de renvoyer les sébastes de la surface vers les profondeurs où ils ont été capturés, est actuellement exploré pour les eaux côtières de la C.-B., en tant que méthode d'atténuation visant à réduire la mortalité chez les sébastes remis à l'eau. Bon nombre d'administrations américaines (Benaka et al. 2014) recommandent que les pêcheurs récréatifs utilisent des dispositifs de descente, et ceux-ci sont devenus obligatoires dans certains États (Washington et Orégon). Les dispositifs de descente sont disponibles dans le commerce et peuvent également être fabriqués par les pêcheurs eux-mêmes. De nombreuses études ont été menées à bien pour évaluer l'efficacité de la recompression chez différentes espèces de sébastes (Parker et al. 2006, Hannah et Matteson 2007, Jarvis et Lowe 2008, Hochhalter et Reed 2011, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2014, Rankin et al. 2017). La plupart de ces études ont été axées sur la

mortalité qui survient immédiatement après la remise à l'eau, mais un petit nombre d'entre elles ont examiné les effets sublétaux à plus long terme des barotraumatismes sur des poissons individuels.

1.1 OBJECTIF ET PORTÉE DE L'EXAMEN

Les objectifs du présent rapport sont les suivants :

- Passer en revue les publications scientifiques concernant les symptômes des barotraumatismes chez le sébaste et la capacité des dispositifs de recompression à diminuer la mortalité des poissons relâchés à court et à long terme.
- Documenter les types de dispositifs de descente et ce qu'on sait sur chacun d'eux.
- Documenter l'utilisation actuelle des dispositifs de descente pour la gestion du sébaste dans d'autres territoires.
- Synthétiser les résultats des études concernant chaque espèce qui fréquente les eaux de la Colombie-Britannique.
- Caractériser l'incertitude scientifique et les lacunes en matière de recherche.
- Déterminer l'information nécessaire à la gestion.

Pour réaliser cet examen, nous avons effectué des recherches dans deux ressources en ligne de la bibliothèque virtuelle du MPO, dans Google Scholar et dans le Web of Science en utilisant divers termes de recherche, dont sébaste et barotraumatisme, recompression/recomprimer, décompression et dispositif de descente. De plus, l'information présentée lors de l'atelier sur la recompression du sébaste, qui s'est tenu le 28 octobre 2016 au SFU Wosk Centre for Dialogue, à Vancouver (C.-B.), a également été examinée, de même que les documents de sensibilisation publiés sur la remise à l'eau du sébaste aux États-Unis.

Les publications scientifiques ont présenté certaines limites, car peu de recherches ont été menées sur les effets des barotraumatismes et sur l'utilisation de la recompression en C.-B. Il a donc fallu effectuer des extrapolations à partir de recherches menées aux États-Unis. Une grande partie des recherches sur les barotraumatismes chez les sébastes ont été menées en Californie et, ainsi, sont axées sur des espèces plus méridionales que l'on ne trouve pas en C.-B. Cependant, des recherches menées en Oregon, dans l'État de Washington et en Alaska présentent davantage de pertinence pour une extrapolation aux sébastes qui fréquentent les eaux de la C.-B.

2 DISCUSSION

2.1 ÉTUDES SUR LES BAROTRAUMATISMES ET LA RECOMPRESSION CHEZ LE SÉBASTE

On a étudié les effets des barotraumatismes et de la recompression chez des sébastes qui ont été ramenés à la surface, tant en laboratoire que sur le terrain. Certaines études en laboratoire utilisent des caissons hyperbares pour comprimer et décompresser le sébaste. Les poissons sont soit maintenus dans des caissons pendant un certain nombre de jours pour observer comment ils se rétablissent puis sont sacrifiés, soit simplement sacrifiés et disséqués pour examiner les blessures internes (Parker et al. 2006, Pribyl et al. 2009, Pribyl et al. 2011). D'autres expériences ont utilisé des systèmes de cages sur le terrain équipées de caméras sous-marines afin que les poissons capturés soient recomprimés à mesure que la cage est descendue dans la colonne d'eau. Les poissons ont ensuite été relâchés immédiatement après

avoir atteint la profondeur désirée, et leur comportement a été observé (Hannah et Matteson 2007) ou ont été retenus pendant 48 heures avant d'être relâchés (Jarvis et Lowe 2008, Hannah et al. 2012, 2014, Rankin et al. 2017). Certaines études portent sur les effets des barotraumatismes subis par diverses espèces et ne recompriment pas les poissons (Parker et al. 2006, Hannah et al. 2008 b, Pribyl et al. 2011) et d'autres examinent les signes de barotraumatisme et la capacité ultérieure des poissons qui ont été décomprimés à descendre quand ils sont remis à l'eau à la surface (Hannah et al. 2008a, Hochhalter 2012). Rankin et al. (2017) ont réalisé une expérience portant sur le sébaste aux yeux jaunes en utilisant quatre traitements : un groupe de poissons a été sacrifié sans recompression; un autre groupe a été sacrifié après recompression; les deux autres groupes ont été détenus et observés en laboratoire pendant 15 et 30 jours après recompression dans des cages expérimentales équipées d'une caméra. Rankin et al. (2017) ont observé le comportement des poissons conservés en laboratoire, puis ont sacrifié les poissons à la fin de l'expérience afin d'en examiner l'intérieur. Les études qui se penchent sur l'état interne des poissons utilisent des nécropsies pour examiner l'état de divers organes (Jarvis et Lowe 2008) ainsi que des méthodes histologiques (examen au microscope des lésions des tissus) (Pribyl et al. 2009, Pribyl et al. 2011, Rankin et al. 2017) et des expériences physiologiques (Parker et al. 2006, Hannah et al. 2008 b). Certaines études ont utilisé les rayons X (Rummer et Bennett 2005) ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM) pour évaluer les effets internes du barotraumatisme sur les vivaneaux et les sébastes, respectivement.

Dans un petit nombre d'études, on a capturé, marqué et remis à l'eau des poissons de façon à étudier la survie à long terme après la recompression (Hochhalter et Reed 2011, Wegner et al. 2016¹). Hochhalter et Reed (2011) ont marqué et relâché des sébastes aux yeux jaunes à l'aide d'un mécanisme de remise à l'eau en profondeur, puis ont capturé de nouveau des poissons pendant une période de 17 jours. Ils ont modélisé une probabilité de survie à l'aide du modèle Cormack-Jolly-Seber. Certains poissons visés par cette étude ont été recapturés un ou deux ans plus tard dans le cadre d'une étude ultérieure, et leur état reproducteur a été examiné (Blain et Sutton 2016). Les sébastes bocaces et *S. levis*, ainsi que d'autres espèces d'eau profonde du Sud de la Californie ont été marqués à l'aide d'émetteurs acoustiques qui enregistrent la profondeur et l'accélération et utilisent un réseau acoustique pour recueillir des données sur plusieurs années (Wegner et al. 2016¹).

Une description des principales sources relatives aux effets du barotraumatisme et à la survie des espèces de sébastes en Colombie-Britannique après la recompression figure dans le tableau 1. Plusieurs sources de variabilité, y compris la profondeur de capture, les espèces étudiées, les écarts de température, les procédures de manipulation et le temps passé sur le pont, ainsi que le sexe et la taille des poissons, doivent également être prises en considération lors de l'examen des publications scientifiques sur les effets des barotraumatismes et des recompressions.

¹ Wegner, N., L. Bellquist, A. P. Nosal, P. A. Hastings et J. Hyde. 2016. Post-release survival and behavior of two deep-dwelling rockfishes (Cowcod, *Sebastes levis*, and Bocaccio, *S. paucispinis*) suffering from barotrauma: using recompression devices to reduce bycatch mortality. Western Groundfish Conference, Newport, Oregon.

Tableau 1. Références citées dans les tableaux 3 et 4, et méthodes utilisées dans chaque étude. Il convient de noter que certaines études décrivent plus d'une expérience.

Références	Méthode	Numéro
Blain et Sutton 2016	Recapture des poissons remis à l'eau en profondeur un ou deux ans auparavant et sacrifié	1
Hannah et al. 2007	Cage avec caméra vidéo, remise à l'eau en profondeur	2
Hannah et al. 2008a	Absence de recompression, sacrifice	3
Hannah et al. 2008 b	Remise à l'eau à la surface	4
Hannah et al. 2012	Recompression en cage, détention 48 heures, remise à l'eau à la surface	5
Hannah et al. 2014	Recompression en cage, détention 48 heures, remise à l'eau à la surface ou en profondeur	6
Hochhalter 2012	Remise à l'eau à la surface, observation pendant 30 min	7
Hochhalter et Reed 2011	Marquage et remise à l'eau des poissons à l'aide d'un mécanisme de remise à l'eau en profondeur; utilisation des poissons recapturés dans une expérience de marquage-recapture et détermination de la probabilité moyenne de survie Cormack-Jolly-Seber et de l'intervalle de confiance à 95 %	8
Jarvis et Lowe 2008	Absence de recompression, sacrifice, mais indication de la survie initiale après la capture	9a
Jarvis et Lowe 2008	Recompression dans des cages, puis détention pendant 48 heures avant le sacrifice (12) ou la remise à l'eau (54)	9 b
Parker et al. 2006	Caisson hyperbare expérimental, détention pendant 21 jours, puis sacrifice	10
Pribyl et al. 2009	Poissons placés dans un caisson hyperbare à 4,5 ATA (35 m) pendant 7 à 10 jours, puis rapidement remontés à la surface, sacrifiés et examinés	11
Pribyl et al. 2011	Absence de recompression, sacrifice	12
Rankin et al. 2017	Absence de recompression, sacrifice	14a
Rankin et al. 2017	Recompression en cages, puis détention pendant 48 heures avant le sacrifice	14 b
Rankin et al. 2017	Recompression en cages, puis détention pendant 48 heures, puis pendant 15 jours avant le sacrifice	14c
Rankin et al. 2017	Recompression en cages, puis détention pendant 48 heures, puis pendant 30 jours avant le sacrifice	14d
Wegner et al. 2016 ¹	Capture, pose d'une étiquette acoustique, remise à l'eau en profondeur, suivi acoustique pendant 3 ans	15

2.2 PROFONDEUR DE CAPTURE ET VARIABILITÉ ENTRE LES ESPÈCES

La gravité des barotraumatismes dont souffrent les sébastes en raison de la décompression forcée par la pêche est tributaire d'un certain nombre de facteurs corrélés, de même que la manière dont les poissons répondent au barotraumatisme et leurs chances de survie lorsqu'ils sont ramenés ou non vers les profondeurs. Le changement absolu de pression ou de profondeur que subissent les poissons détermine le changement de volume de leur vessie natatoire. Les blessures internes, dont des blessures cardiaques, des hématomes, des ruptures de la vessie natatoire et du péricarde, des hémorragies du foie et des blessures de l'appareil digestif affichaient un profil clair de gravité accrue lorsque la pression augmente, d'après une étude menée en laboratoire sur la décompression du vivaneau (*Lutjanus campechanus*) dans le golfe du Mexique (Rummer et Bennett 2005). On a observé également que la profondeur à laquelle le poisson est capturé a une grande incidence sur la gravité des barotraumatismes et

sur le comportement subséquent et la survie des sébastes (Hannah et Matteson 2007, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2012, 2014). Cependant, la profondeur ne serait pas toujours une variable d'importance (Jarvis et Lowe 2008, Hochhalter et Reed 2011). L'incidence de la profondeur à laquelle les poissons sont capturés sur les barotraumatismes et sur la survie est compliquée par la sélectivité de profondeur des nombreuses espèces de sébastes, leur comportement et leur anatomie, ainsi que par l'effet confusionnel des changements de température qui coïncident avec un changement de la pression et de la profondeur. Pribyl et al. (2011) ont montré le rôle important que jouerait la profondeur à laquelle les poissons sont capturés dans la présence ou l'absence de signes macroscopiques de barotraumatisme chez des sébastes à dos épineux et des sébastes aux yeux jaunes. Des résultats semblables ont été obtenus par Jarvis et Lowe (2008), qui ont montré que l'augmentation de la profondeur à laquelle les poissons sont capturés s'accompagnait de signes croissants de barotraumatisme. Cependant, ces chercheurs ont trouvé que la profondeur n'était qu'un indicateur partiel de la survie initiale après la décompression. Les différences entre les espèces sont souvent de meilleures variables explicatives de la survie que la profondeur, en raison de la variabilité de la morphologie de la vessie natatoire et d'autres adaptations propres à l'espèce liées à ses stratégies du cycle biologique (Hannah et al. 2008a, Jarvis et Lowe 2008, Pribyl et al. 2011).

Les nombreuses espèces de sébastes appartenant au genre *Sebastes* ont été décrites comme formant une bande d'espèces (Alesandrini et Bernardi 1999, Hyde et Vetter 2007). La spéciation des sébastes était vraisemblablement effectuée le long d'un gradient de profondeur (Ingram 2011). Ingram (2011) a montré que l'on pouvait observer un signal fort de spéciation dans les habitats se trouvant en profondeur et dans les caractères qui permettent aux espèces de s'adapter à différentes profondeurs, comme la taille des yeux, qui résulterait d'une adaptation à des conditions de faible luminosité. Bien qu'Ingram (2011) n'ait pas étudié les caractéristiques morphologiques liées à la vessie natatoire, cet organe semble également être adapté pour fonctionner à diverses profondeurs, et adapté à diverses niches benthiques et semi-pélagiques. Des différences morphologiques dans les caractéristiques de la vessie natatoire, telles que la forme et l'épaisseur de la membrane, ont été observées chez différentes espèces. Jarvis et Lowe (2008) ont effectué une comparaison approfondie de 21 espèces de sébastes afin d'examiner les différences sur le plan des barotraumatismes après la capture à des profondeurs de 18 à 225 mètres. Des différences propres à l'espèce ont été observées dans les symptômes de barotraumatisme, et pourraient être attribuables aux différences touchant la morphologie de la vessie natatoire. Par exemple, les membranes minces de *S. serranoides* le rendent plus vulnérable aux lésions vésicales que les autres espèces de sébastes (sébaste cuivré, sébaste vermillon et sébaste brun) dont la vessie est plus robuste et plus épaisse. Il a également été démontré que des différences morphologiques internes entre les espèces de vivaneau expliquent les différences dans les lésions découlant de barotraumatismes. En effet, certaines espèces ont plus d'espace interne, ce qui permet l'expansion de la vessie natatoire sans que celle-ci exerce une pression sur l'estomac et provoque une éversion de l'œsophage (Rummer et Bennett 2005).

Le cycle biologique a également une incidence sur la manière dont différentes espèces se sont adaptées aux changements de pression. Certaines espèces de sébastes qui se sont adaptées aux déplacements verticaux le long du gradient de pression affichent des capacités de sécrétion et de réabsorption plus rapides du gaz. Par exemple, le sébaste noir, une espèce semi-pélagique, est connu pour se déplacer verticalement en grands nombres ou en bancs au sein de la colonne d'eau. Le sébaste à rayures jaunes, au contraire, a tendance à se montrer plus solitaire et vit sur des fissures rocheuses qui se trouvent au fond. Le sébaste noir présente un *rete mirabile* beaucoup plus grand et plus développé et un contenu en globules rouges plus élevé que le sébaste à rayures jaunes démersal, ce qui permet des taux de transfert de gaz dans la vessie natatoire plus rapides lorsque la profondeur change fréquemment et rapidement

(Parker et al. 2006). Parker et al.(2006) ont aussi observé de grandes différences entre des espèces après l'exposition à des pressions équivalentes à celles associées à des profondeurs de 30 m dans un caisson hyperbare expérimental, les sébastes noirs s'acclimatant (c.-à-d. affichant une flottabilité neutre) au bout de 48 heures, par comparaison avec le sébaste à rayures jaunes, qui avait besoin de plus de 250 heures pour s'acclimater. Pour que des poissons semi-pélagiques, comme le sébaste noir et le sébaste bleu, puissent effectuer des déplacements verticaux plus importants (tableau 1), ils doivent afficher une flottabilité neutre à une profondeur bien moindre que leur profondeur moyenne. Comme la profondeur à laquelle les poissons sont capturés pourrait être plus près de la profondeur à laquelle la flottabilité est neutre chez les espèces démersales, on pense que les individus semi-pélagiques capturés à la même profondeur pourraient afficher des barotraumatismes moins importants que les espèces démersales (Parker et al. 2006).

Le sébaste à queue jaune, une espèce pélagique qui effectue de grands déplacements verticaux, affiche de faibles taux de barotraumatismes, et l'on a observé des bulles de gaz émanant de la zone située sous son opercule durant l'ascension (Hannah et al. 2008 b, Pribyl et al. 2009). Pribyl et al.(2009) ont utilisé des caissons hypobares pour simuler la décompression à partir d'une profondeur de 35 m et ont trouvé que, lorsqu'on comparait les sébastes noirs, bleus et à queue jaune, ces derniers étaient moins susceptibles que les deux premiers de souffrir de blessures macroscopiques et histopathologiques. Les sébastes à queue jaune ne présentaient aucun signe extérieur de barotraumatismes, sauf la présence de bulles de gaz dans la membrane pharyngo-cléithrale qui se trouve près des branchies. Les sébastes à queue jaune libèrent des gaz durant la décompression à partir de leur vessie natatoire et par l'intermédiaire de cette membrane, de sorte que le volume réduit de gaz dans la vessie natatoire n'engendre pas suffisamment de pression durant la décompression pour agrandir l'œsophage ou pour causer de l'exophtalmie. Les hypothèses concernant la manière dont une espèce compose avec les barotraumatismes ne sont pas toujours explicites. Par exemple, le sébaste à dos épineux est une espèce affichant un corps épais, qui présente un comportement démersal, avec de faibles niveaux de déplacements horizontaux et verticaux, ce qui donne à penser qu'elle aurait une capacité limitée de résister aux changements de pression; cependant, on a pu observer l'opposé. Les sébaste à dos épineux démontre de faibles niveaux d'éversion de l'œsophage puisque l'air s'échappe des ruptures dans la membrane branchiostège qui est situé sous l'opercule. (Hannah et al. 2008 b, Pribyl et al. 2011).

Il est essentiel de tenir compte de l'interaction entre les attributs morphologiques et physiologiques lorsqu'on examine la documentation scientifique sur ce sujet. Il existe des différences entre les espèces de sébastes au chapitre de leur survie aux barotraumatismes du fait de leur évolution dans le temps et de leur phylogénie, de leur capacité physiologique à réagir à une décompression forcée, de différences d'ordre morphologique et de profils des cycles biologiques (Parker et al. 2006, Pribyl et al. 2011). Les différences au chapitre du cycle biologique, des niches, des habitats, des déplacements et des profondeurs de prédilection observées chez les espèces de sébastes des zones côtières et chez certaines espèces du plateau continental sont résumées au tableau 1, de sorte que l'on puisse considérer les effets des barotraumatismes en ayant à l'esprit ces caractéristiques.

Nous ne disposons pas de données sur les plages de profondeurs auxquelles les espèces de sébastes sont capturées dans le cadre de la pêche récréative en C.-B., car aucun renseignement sur les profondeurs auxquelles les poissons sont capturés n'est recueilli durant les enquêtes par interrogation des pêcheurs. Pour déterminer les profondeurs possibles auxquelles les sébastes sont capturés, on peut utiliser des relevés indépendants de la pêche, qui utilisent l'équipement de pêche à la ligne et à l'hameçon servant à des fins récréatives (Richards et Cass 1985, Haggarty et King 2006a, b, Frid et al. 2016). Toutefois, ces relevés

sont stratifiés en fonction de la profondeur et peuvent ne pas couvrir les mêmes plages de profondeurs que celles utilisées dans le cadre de la pêche récréative. De plus, ces relevés utilisent la pêche à la dandinette, ce qui pourrait donner des résultats qui ne sont pas représentatifs des prises de la pêche récréative à la ligne traînante ou ciblant le flétan du Pacifique. La profondeur à laquelle des espèces de sébastes sont capturées durant les relevés par pêche à la ligne et à l'hameçon affiche cependant des différences selon les espèces. Les sébastes noirs, cuivrés, à rayures jaunes et vermillon sont habituellement capturés à des profondeurs inférieures à 30 m. La plus grande partie des sébastes à dos épineux et des sébastes-tigres étaient capturées à des profondeurs moyennes, entre 30 et 50 m, et la plupart des sébastes canaris, aux yeux jaunes et à queue jaune étaient capturés à des profondeurs supérieures à 50 m (Figure 2).

Tableau 2. Caractéristiques du cycle biologique chez les sébastes des zones côtières et chez les espèces du plateau que l'on trouve près du rivage en C.-B. Groupe (G) : ZC = zones côtières, PL = plateau, Sous-genre (SG): a= *Sebastosomus*, b= *Pteropodus*, c= *Sebastichthys*, d= *Sebastopyr*, e= *Rosicola*, f= *Hispaniscus*, g= *Acutomentum*, h= *Sebastodes* Niche : P = pélagique, B = benthique Déplacement : Hz = horizontal, V = vertical : I = important, M = modeste, F = faible, In = inconnu *On trouve les juvéniles dans des eaux peu profondes (Richards 1986, Matthews 1990, Love et al. 2002, Hyde et Vetter 2007, Hannah et Rankin 2011).

G	SG	Espèce	Plage de profondeur (m)	Profondeur habituelle (m)	Niche	Habitat	Taille maximale (cm)	Âge maximal	Déplacements Hz/V
ZC	a	Sébaste noir (<i>S. melanops</i>)	0-366	0-100	P	Varech, récifs présentant un relief élevé et faible, courant fort	69	50	M/M
ZC	a	Sébaste bleu/Deacon (<i>S. mystinus</i> / <i>S. diaconus</i>)	0-549	0-90	P	Varech, relief élevé, récifs exposés	53	44	M/M
PL	a	Sébaste à queue jaune (<i>S. flavidus</i>)	0-549	90-180*	P	Relief élevé et murs de roches abrupts	66	64	I/I
ZC	b	Sébaste cuivré (<i>S. caurinus</i>)	0-183	0-90	B	Varech, chaos rocheux et récifs présentant des reliefs élevés et faibles	66	50	M/M
ZC	b	Sébaste à dos épineux (<i>S. maliger</i>)	0-274	0-150	B	Varech, chaos rocheux et récifs présentant des reliefs élevés et faibles, éponges	61	95	F/F

G	SG	Espèce	Plage de profondeur (m)	Profondeur habituelle (m)	Niche	Habitat	Taille maximale (cm)	Age maximal	Déplacements Hz/V
ZC	b	Sébaste à rayures jaunes (<i>S. nebulosus</i>)	3-128	10-100	B	Rochers présentant un relief élevé et courant fort	45	79	F/F
ZC	b	Sébaste brun (<i>S. auriculatus</i>)	0-135	0-120	B	Récifs présentant un relief élevé et faible, sable	56	34	F/F
ZC	c	Sébaste-tigre (<i>S. nigrocinctus</i>)	18-298	50-200	B	Relief élevé, récifs affichant une complexité élevée	61	116	F/F
ZC	d	Sébaste aux yeux jaunes (<i>S. ruberrimus</i>)	15-549	50-200*	B	Relief élevé, récifs affichant une complexité élevée	91	118	F/F
PL	e	Sébaste vermillon (<i>S. miniatus</i>)	6-436	50-300	B	Rochers présentant un relief élevé	76	60	F/F
PL	e	Sébaste canari (<i>S. pinniger</i>)	0-838	100-200*	B	Pinacles coralliens, rochers élevés et exposés	76	84	I/I
PL	f	Sébastes à rayures vertes (<i>S. elongatus</i>)	12-495	100-250	B	Blocs rocheux, galets, moellons de roche, vase	43	54	In/In
PL	g	Veuve (<i>S. entomelas</i>)	24-549	140-210	P	Bancs sur des affleurements rocheux, blocs rocheux et relief élevé	59	60	In/I
PL	h	Sébaste bocace (<i>S. paucispinis</i>)	122-478	50-250	B/P	Rochers présentant un relief élevé, blocs rocheux, vase	91	50+	I/I

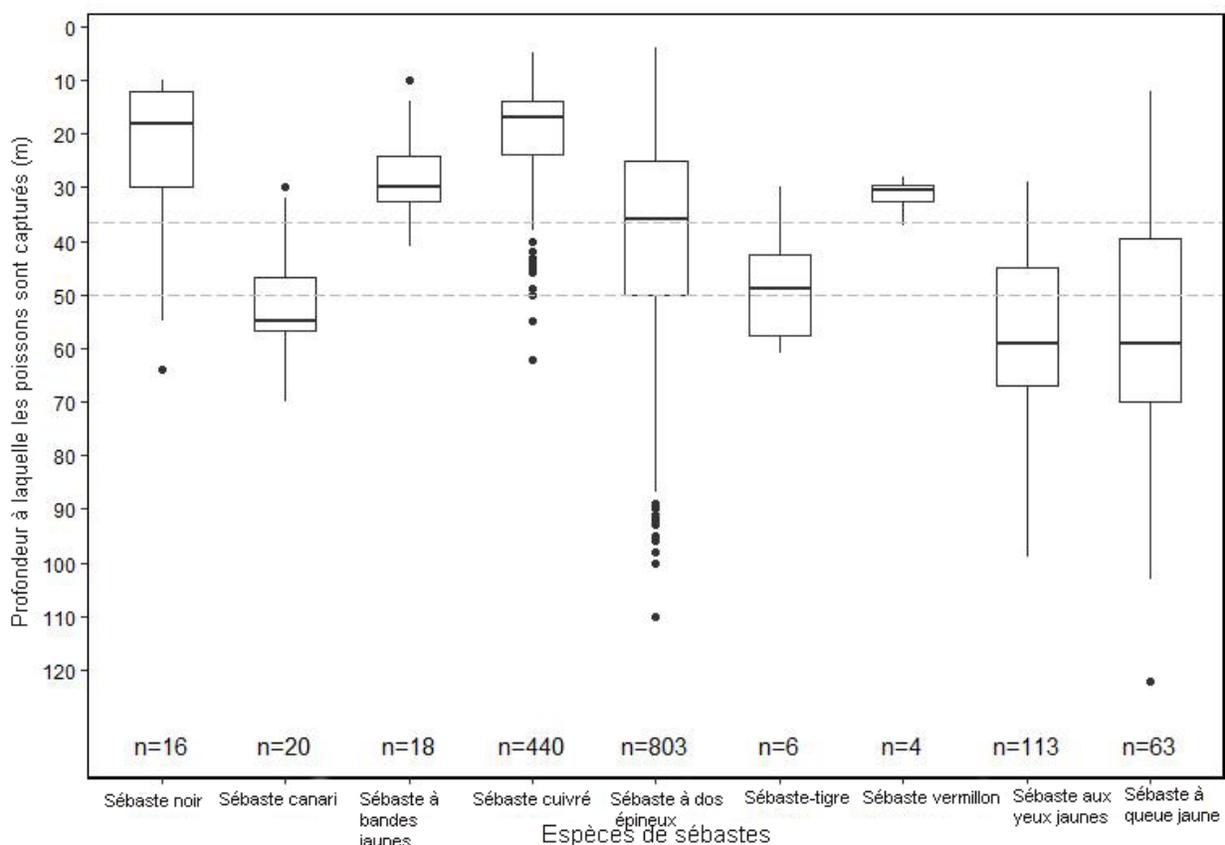


Figure 2. Diagramme de quartiles des profondeurs auxquelles des espèces de sébastes sont capturées lors du relevé de recherche indépendant de la pêche (données figurant dans GFBio et Frid et al. 2016). Les lignes tirées montrent les profondeurs de 36 et 50 m. La ligne horizontale dans chaque boîte représente la profondeur médiane et les charnières des boîtes représentent les 25^e et 75^e percentiles. Les lignes verticales représentent 1,5 fois la plage entre les quartiles, tandis que les points sont des données aberrantes qui sont regroupées de façon individuelle

2.3 AUTRES SOURCES DE VARIABILITÉ AFFECTANT LA SURVIE

Les différences de température sont également corrélées avec la profondeur, et des changements de température entre la profondeur à laquelle les poissons sont capturés et la surface peuvent avoir une incidence sur la gravité des barotraumatismes chez les sébastes (Pribyl et al. 2011). Les publications relatives aux tournois d'hiver dans les lacs californiens font état d'un effet synergique du barotraumatisme et de la température de surface sur la mortalité de l'achigan à grande bouche (*Micropterus salmoides*) (Feathers et Knable 1983). Les poissons conservés à la surface ou sur le pont subissent un stress dû à la chaleur ou au froid, lequel peut être une cause très importante de mortalité (Parker et al. 2003). Les différences de température, ainsi que la durée de la manipulation, peuvent avoir une incidence importante sur la survie d'espèces de sébastes en Californie (Jarvis et Lowe 2008). Durant la plupart des études au cours desquelles on a examiné les effets particuliers des barotraumatismes, on a manipulé les poissons avec précaution et on les a conservés sur le pont durant le moins de temps possible. D'autres sources de variabilité comprennent les blessures dues aux hameçons et à la manipulation, ainsi que le stress associé à la capture. Cependant, durant toutes les études recensées, on prenait soin de réduire le plus possible et de contrôler ces effets

physiologiques (c.-à-d. vulnérabilité face aux effets de la pression) et physiques (c.-à-d. effets liés à la capture en relation avec la profondeur, la température et la manipulation).

La taille des poissons peut également influencer la réponse physiologique du sébaste au barotraumatisme. Les plus petits poissons peuvent être plus sensibles aux barotraumatismes en raison de vaisseaux sanguins plus petits et donc plus sensibles aux grosses bulles de gaz (Jarvis et Lowe 2008). Hochhalter et Reed (2011) ont signalé que dans le cas du sébaste aux yeux jaunes, il existe une relation positive entre la longueur et les recaptures de poissons marqués qui ont été recomprimés. Des poissons de moins de 40 cm n'ont pas été recapturés lors de leur étude, ce qui indique que les poissons plus petits qui ont subi un barotraumatisme et qui ont été relâchés à l'aide d'un dispositif de remise à l'eau dans les profondeurs pourraient être victimes d'une mortalité plus élevée directement liée au barotraumatisme ou à des taux de prédation plus élevés. On a observé que la morue-lingue (*Ophiodon elongates*) s'attaquait aux sébastes de moins de 40 cm de long (Beaudreau et Essington 2007).

Des différences entre les sexes pourraient également contribuer à la gravité des réponses des sébastes aux barotraumatismes. Toutefois, ce phénomène ne se produit vraisemblablement lorsque des femelles gravides font l'objet d'une décompression forcée. Cependant, le volume des gonades ne semble pas avoir eu de répercussions importantes sur le rétablissement du sébaste aux yeux jaunes (Blain et Sutton 2016). De plus, Blain et Sutton (2016) fournissent des preuves de la reproduction réussie du sébaste aux yeux jaunes après une décompression forcée et une remise à l'eau ultérieure en profondeur. Ce phénomène a également été confirmé par le Washington Department of Fish and Wildlife, qui a marqué et recomprimé plusieurs sébastes aux yeux jaunes dans le cadre d'une étude de marquage-recapture et de génétique des populations en 2015-2016, puis observé des femelles gravides avec un véhicule sous-marin téléguidé dans une zone où aucun poisson capturé n'était initialement grvide (Dayv Lowry, Washington Department of Fish and Game, Olympia, Washington comm. pers.).

2.4 EFFETS PHYSIQUES DU BAROTRAUMATISME CHEZ LE SÉBASTE

Les pêcheurs qui utilisent des hameçons et des lignes remarquent souvent des signes évidents de barotraumatisme chez les sébastes, tels que des « yeux protubérants » (exophtalmie) et l'éversion de l'œsophage, en raison de l'augmentation de la pression des gaz dans leur vessie natatoire physocliste. Si les pêcheurs à la ligne ne conservent pas les sébastes, les poissons sont souvent remis à l'eau à la surface. Les sébastes juvéniles peuvent également être capturés comme prises accessoires dans des casiers, comme les casiers à crevettes (Favaro et al. 2010) et rejetés de la même façon. Les sébastes rejetés affichent une flottabilité tellement positive qu'ils flottent à la surface et succombent souvent à la prédation ou au stress thermique (Hannah et al. 2008a). La prédation est vraisemblablement la cause la plus immédiate et la plus évidente de mortalité postérieure à la remise à l'eau chez les sébastes souffrant de barotraumatismes. Cependant, il existe d'autres effets à court et à long terme des barotraumatismes.

Hannah et al. (2008 b) décrivent un modèle physique qui explique l'apparition des signes communs de barotraumatisme observés chez les sébastes. Leurs travaux montrent que le gaz dilaté dans la vessie natatoire peut s'échapper sans rupture visible de la vessie natatoire, peut-être en raison d'une plus grande perméabilité à mesure que la vessie se dilate. Le gaz qui s'échappe a tendance à se déplacer le long du chemin qui offre le moins de résistance chez le poisson, vers l'avant, imprégnant les tissus de la tête du rein, du cœur et de la musculature post-crânienne ainsi que les tissus autour de ces organes. L'accumulation de gaz dans ces zones entraîne le gonflement de la membrane branchiostège et la formation de bulles de gaz dans cette membrane, sous l'opercule du poisson. À mesure que le volume de gaz augmente dans ces zones, il peut aussi causer la sortie du tissu œsophagien par la bouche du poisson,

provoquant l'éversion de l'œsophage ou, rarement, de l'estomac (Hannah et al.2008 b). Chez certaines espèces, comme le sébaste à dos épineux et le sébaste à queue jaune, les éversions œsophagiennes ne sont pas courantes; cela est probablement dû aux ruptures des membranes branchiostège ou pharyngo-cléithrale, qui réduisent la pression exercée sur le tissu pharyngé (Hannah et al.2008 b, Pribyl et al. 2009). Conformément à l'observation selon laquelle la plupart des gaz se déplacent vers l'avant, des prolapsus du cloaque, ou des passages anal , sont rarement observés chez les sébastes (Jarvis et Lowe 2008), bien que 42 % des sébastes femelles aux yeux jaunes capturés de nouveau aient subi un prolapsus (Blain et Sutton 2016). Des poches de gaz s'accumulent également à l'intérieur des orbites et entraînent un phénomène appelé exophtalmie (« yeux protubérants ») : l'œil est expulsé de la tête et les nerfs optiques s'étirent. Des bulles de gaz peuvent également s'accumuler dans le globe oculaire ou dans la cornée ou, encore, dans les tissus conjonctifs de l'œil (Hannah et al. 2008 b, Rogers et al. 2008). Rogers et al.(2008) ont utilisé l'imagerie par résonance magnétique (IRM) pour étudier les effets internes des barotraumatismes sur deux espèces de sébastes (*S. umbrosus* et *S. rosenblatti*). Ces chercheurs ont signalé l'étirement du nerf optique et un gonflement de l'espace orbital derrière l'œil, probablement causés par des fuites de gaz de la vessie natatoire déchirant le péritoine et pénétrant dans le crâne. Ces signes de dommages visuels sublétaux dus à un barotraumatisme, détectables uniquement par IRM, fournissent des renseignements importants qui peuvent être utilisés pour mieux comprendre les effets secondaires du barotraumatisme, comme une altération de la vision, une vulnérabilité accrue face à la prédation ou une capacité réduite à trouver de la nourriture. Ces deux déficiences comportementales ont des répercussions sur la survie à long terme des sébastes qui ont souffert de barotraumatismes. Bien que peu de recherches aient été menées sur l'acuité visuelle du sébaste à la suite d'une exophtalmie, une étude portant sur le sébaste rosacé (*S. rosaceus*) a montré qu'il y avait une amélioration de la fonction de l'œil après un mois, comparativement à quatre jours, après l'exophtalmie (Rogers et al. 2011).

Parmi les dommages internes résultant des barotraumatismes qui ne sont pas évidents tant que les poissons ne sont pas disséqués et examinés, qui se situent parfois dans les tissus (histologie), figurent des hémorragies, des dommages causés aux organes et des déplacements de ceux-ci, des déchirures et des ruptures de la vessie natatoire, de l'emphysème et des embolies (Tableau 2). Il est important de tenir compte des blessures internes, car elles peuvent être une cause de mortalité ou de problèmes de santé à long terme (Hannah et al. 2008 b, Pribyl et al. 2011). Parmi les causes de mortalité figurent le saignement dans la cavité abdominale et des embolies gazeuses dans les vaisseaux, lesquelles interfèrent avec la fonction cardiovasculaire. Les dommages causés au foie et à d'autres organes internes, tels que révélés par les hémorragies, les déplacements ou torsions graves ou modérés des organes ainsi que les dommages causés aux reins, à la tête du rein ou au cœur, peuvent tous conduire à des déficits à plus long terme au chapitre de la santé (Hannah et al. 2008 b). Les déchirures ou les ruptures de la vessie natatoire, qu'il s'agisse d'une déchirure partielle de la membrane extérieure, d'une tunique externe ou d'une rupture complète des deux couches de la vessie, peuvent se traduire par des problèmes comportementaux, tandis que le poisson a de la difficulté à réguler sa flottabilité (Rankin et al. 2017). Cependant, Parker et al.(2006) ont trouvé que le sébaste noir avait une bonne capacité à guérir après une rupture de la vessie natatoire résultant d'une capture simulée. Une proportion de 77 % des vessies natatoires qui s'étaient rompues affichaient des signes de guérison au moins partielle et contenaient des gaz au moment où l'on a effectué la dissection, après 21 jours passés en laboratoire.

Les signes courants externes et internes de barotraumatisme chez les sébastes sont décrits dans le tableau 3. J'ai également résumé les résultats de la documentation scientifique sur les signes de barotraumatisme constatés sur des sébastes des zones côtières (Tableau 4) et sur

certains sébastes du plateau continental (Tableau 5) de la Colombie-Britannique. Les méthodes utilisées dans les références citées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 3. Signes et symptômes de barotraumatismes observés chez les sébastes. Les abréviations figurant dans ce tableau sont utilisées dans les tableaux 4 et 5. En raison des signalements rares de signes internes, nous présentons les signes détaillés cités dans les publications scientifiques énumérées ici comme des hémorragies internes et des embolies internes, afin de faciliter les comparaisons.

Externes

Abréviation	Signe de barotraumatisme	Description
AR	Abdomen rétréci	Gonflement de l'abdomen, resserré au toucher ou distendu
BM	Gonflement de la membrane	Renflement vers l'extérieur de la membrane branchiostège
EM	Emphysème de la membrane	Espaces d'air ou bulles visibles au sein de la membrane branchiostège ou de la membrane pharyngo-cléithrale
EX	Exophtalmie	Œil protubérant à l'extérieur de l'orbite
EO	Emphysème oculaire ou de la cornée	Présence de gaz dans l'œil ou dans les tissus conjonctifs entourant l'œil; également appelé emphysème cornéen
EE	Éversion de l'œsophage ou de l'estomac	Éversion du tissu de l'œsophage d'au moins un centimètre dans la cavité buccale
PC	Prolapsus du cloaque	Éversion du passage anal

Internes

Abréviation	Signe de barotraumatisme	Description
DVN	Déchirure de la vessie natatoire	La vessie natatoire peut être partiellement rompue (rupture de la tunique externe) ou complètement rompue, ce qui se manifeste par une déchirure visible des deux couches de la vessie. Une déchirure totale est également manifestée par l'absence de gaz dans la vessie natatoire ou par un collapsus lorsqu'on exerce une légère pression des doigts.
DTO	Déplacement ou torsion d'organes	Le foie, l'estomac, les intestins et d'autres organes abdominaux sont poussés vers le pharynx ou font irruption dans celui-ci.
HI	Hémorragie interne	Dans la documentation scientifique, il fait référence aux hémorragies comme hémorragies non précisées ou comme hémorragies dans le foie, le péricarde ou la vessie natatoire ou comme la présence de sang dans la cavité péritonéale.
EI	Embolie interne	Toutes les embolies ou les emphysèmes internes qui sont manifestes durant la dissection ou les études histologiques, y compris les ventricules cardiaques, le <i>rete mirabile</i> , la tête de rein ou, encore, les embolies artérielles.
HP (HI)	Hémorragie du péricarde	Présence de sang dans le péricarde
HF (HI)	Hémorragie du foie	Présence de sang dans le foie ou déchirure du foie

Abréviation	Signe de barotraumatisme	Description
SCP (HI)	Présence de sang dans la cavité péritonéale	Une certaine quantité de sang ou une quantité de sang très élevée est remarquée dans la cavité péritonéale
EVC (EI)	Emphysème d'un ventricule cardiaque	Preuves histologiques de la présence de bulles de gaz qui sont visibles dans le ventricule cardiaque
ERM (EI)	Embolie dans le <i>rete mirabile</i>	Preuves histologiques de la présence d'une embolie
ETR (EI)	Embolie dans la tête de rein	Preuves histologiques de la présence d'une embolie dans les vaisseaux de la tête du rein
EA (EI)	Embolie artérielle	Présence d'embolies gazeuses dans la cavité péricardique et dans la vessie natatoire

Tableau 4. Résumé des signes externes et internes de barotraumatismes, des effets comportementaux, de la submersion et de la survie des sébastes des zones côtières après la décompression. Les valeurs sont exprimées en pourcentages. Voir le tableau 5 pour obtenir des renseignements sur les références citées. * indique que le signe n'a pas été rapporté. ** indique que le signe a été classé comme « barotraumatisme grave ». Survie : in =inconnue, s =sacrifice. L'indice dans la colonne relative à la survie montre la période pendant laquelle la survie a été mesurée ou l'intervalle de confiance par rapport à l'estimation. L'indice dans la colonne de la cote comportementale (Comport.) montre la cote maximale possible de l'étude.

Noir

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DV N	DT O	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
10--19	27	85	7	4	0	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
12--39	16	81	31	19	6	6	38	*	*	*	*	3,8 ₄	*	in	2
16--49	44	77	66	61	18	7	62	*	71	70	57	*	*	s	3
20--29	51	98	75	57	6	0	71	*	*	*	*	*	*	in	4
26--46	16	*	*	*	19	0	88	*	63	*	*	67	*	s	12
30--39	73	93	84	77	5	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
30	90	10	10	*	*	0	*	*	*	P	100	*	*	97 _{21d} , s	10
35	12	0	0	70	40	40	80	*	80	*	*	58	*	s	11
40--51	46	89	96	74	28	7	0	*	*	*	*	*	*	in	4
40--99	18	0	94	78	33	17	94	*	*	*	*	*	2,9 ₄	in	2
9--64	4	*	*	*	30*	30*	30*	*	*	*	*	*	5,5 ₈	90 _{48h}	5

Bleu

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
10--19	17	88	18	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
12--39	17	41	24	6	6	0	35	*	*	*	*	3,2 ₄	*	in	2
20--29	56	0	20	2	0	0	7	*	*	*	*	*	*	in	4
20--48	16	*	*	*	6	6	81	*	44	*	*	67	*	s	12
35	9	0	50	60	20	20	40	*	100	*	*	11	*	s	11
30--40	25	84	12	36	4	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
40--52	6	50	50	17	17	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
40--99	18	56	78	50	17	6	89	*	*	*	*	1,0 ₄	*	in	2
9--54	36	*	*	*	20*	20*	20*	*	*	*	*	*	4,5 ₈	78 _{48h}	5

Brun

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	P C	DVN	DTO	HI	EI	Com-port.	Survie	Réf.
24--53	4	*	*	*	25	0	75	25	0	0	25	*	*	s	9a

Cuivré

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Com-port.	Survie	Réf.
28--54	10	*	*	*	10*	10*	10*	*	*	*	*	*	6,0 ₈	10 0 48 _h	5
53--69	7	*	*	*	86	71	29	14	0	29	43	*	*	s	9a

À rayures jaunes

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Com-port.	Survie	Réf.
9--45	3	*	*	*	35*	35*	35*	*	*	*	*	*	5,0 ₈	10 0 48 _h	5

Sébaste à dos épineux

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Com-port.	Survie	Réf.
25--74	65	45	*	22	40	10	5	2	*	*	*	*	*	in	7
29--77	16	*	*	*	13	13	6	*	6	*	*	39	*	s	13
31--55	5	0	0	0	40	20	0	*	0	0	80	*	*	s	3
40--54	9	89	0	89	67	22	22	*	*	*	*	*	*	in	4
40--99	5	0	0	0	60	0	20	*	*	*	*	*	2,5 ₄	in	2
28--64	28	*	*	*	45*	45*	45*	*	*	*	*	*	6,5 ₈	10 048 h	5

Sébaste-tigre

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Com-port.	Survie	Réf.
40--99	5	10	10	10	20	20	80	*	*	*	*	*	2,3 ₄	in	2

Sébaste aux yeux jaunes

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Com-port.	Survie	Réf.
15--74	95	90	*	35	10	1	90	2	*	*	*	*	*	in	7
15--75*	28	61	*	*	7	4	71	25	61	*	*	*	*	s	1
19--54	25	*	*	*	22	0	83	*	*	*	*	*	3,0 ₈	10 048 _h	5,6

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
18															
19--74	2	70	*	*	2	0	65	*	*	*	*	*	98 _(C50-99)	8	
40--99	19	84	100	95	42	11	95	*	*	*	*	3,1 ₄	in	2	
46--54	11	*	*	*	45	19	100	*	*	*	*	*	10 048 _h	6	
55--64	20	*	*	*	65	5	80	*	*	*	*	*	95 _{48 h}	6	
65--74	20	*	*	*	45	20	90	*	*	*	*	*	95 _{48 h}	6	
75--84	20	*	*	*	60	25	70	*	*	*	*	*	95 _{48 h}	6	
135--174	10	*	*	*	100	40	80	*	*	*	*	*	90 _{48 h}	6	
44--146	7	43	100	100	14	86	100	*	58	86	100	*	s	3	
37--194	17	*	*		65	41	94	*	24	*	*	39	s	13	
110--194	15	0	100	100	80	53	100	*	*	*	*	2,0 ₄	in	2	
140--150	6	*	*	100	83	83	100	*	33	*	83	50	s	14a	
140--150	6	*	*	0	0	0	0	*	0	*	100	0	s	14 b	
140--150	5(1)	*	*	0	0	0	0	*	20	*	100	60	1,0 ₂	80 _{15d, s}	14c
140--150	5(1)	*	*	0	0	0	0	*	0	*	40	20	1,0 ₂	80 _{30d, s}	14d

Tableau 5. Résumé des signes externes et internes de barotraumatismes, des effets comportementaux, de la submersion et de la survie des sébastes du plateau continental après la décompression. Les valeurs sont exprimées en pourcentages. Voir le tableau 5 pour obtenir des renseignements sur les références citées. * indique que le signe n'a pas été rapporté. Survie : in =inconnue, s =sacrifice. L'indice dans la colonne relative à la survie montre la période pendant laquelle la survie a été mesurée ou l'intervalle de confiance par rapport à l'estimation. L'indice dans la colonne de la cote comportementale (Comportement) indique la cote maximale possible de l'étude.

Sébaste canari

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
100--194	6	83	100	100	33	17	67	*	*	*	*	*	2,2 ₄	in	2
12--39	10	90	100	100	30	20	100	*	*	*	*	*	2,5 ₄	in	2
20--29	5	100	100	80	40	0	60	*	*	*	*	*	*	in	4
22--141	14	71	100	100	21	43	86	*	43	93	50	*	*	s	3
24--146	17	*	*	*	71	47	77	*	29	*	*	39	*	s	12
30--41	6	100	100	100	17	0	100	*	*	*	*	*	*	in	4
40--53	40	93	95	95	50	18	100	*	*	*	*	*	*	in	4
40--99	32	91	100	97	56	38	88	*	*	*	*	*	2,9 ₄	in	2
46--54	5	*	*	*	100	20	100	*	*	*	*	*	*	100 _{48 h}	6
55--64	13	*	*	*	55	30	85	*	*	*	*	*	*	100 _{48 h}	6
65--74	11	*	*	*	70	35	72	*	*	*	*	*	*	91 _{48 h}	6
75--84	15	*	*	*	70	45	72	*	*	*	*	*	*	80 _{48 h}	6
135--174	10	*	*	*	100	70	90	*	*	*	*	*	*	20 _{48 h}	6
19--64	41	*	*	*	35	13	65	*	*	*	*	*	4,5 ₈	100 _{48 h}	5,6

Sébaste argenté

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
100--194	12	92	0	0	83	75	0	*	*	*	*	*	2,5 ₄	in	2

Sébaste vermillon

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
35--96	35	*	*	*	71	57	40	14	6	26	74	*	*	s	9a
55--86	75	*	*	*	81	52	92	0	8	15	85	69	*	75 _{48 h, s}	9 b

Veuve

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
53	9	*	*	*	0	0	0	11	33	100	33	*	*	s	9 b
40--99	10	50	90	60	30	10	0	*	*	*	*	*	2,5 ₄	in	2

Sébaste bocace

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
57--89	66	*	*	*	33	29	92	0	0	33	100	25	*	80 _{48 h, s}	9 b
80--180	41	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	92 _{3y}	15

Sébaste à queue jaune

Profondeurs de capture (m)	Externes (%)								Internes (%)						
	N	AR	BM	EM	EX	EO	EE	PC	DVN	DTO	HI	EI	Comport.	Survie	Réf.
20--29	6	10 0	50	33	0	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
30--42	17	35	71	88	0	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
35 (4,5 ATA)	12	0	0	90	0	0	0	*	20	*	*	0	*	s	11
31--145	15	-	-	-	0	0	0	*	0	*	*	57	*	s	12
40--55	27	26	41	93	0	0	0	*	*	*	*	*	*	in	4
40--99	4	25	10 0	50	0	0	0	*	*	*	*	*	2,5 ₄	in	2

2.5 SURVIE APRÈS LA RECOMPRESSION

Certaines études mesurent la survie, mais généralement sur une courte période, par exemple 48 heures (tableaux 4 et 5). Jarvis et Lowe (2007) ont effectué certaines des premières recherches afin d'examiner les avantages potentiels de la recompression rapide pour atténuer les barotraumatismes et accroître la survie des sébastes après la capture. Les sébastes ont été capturés en profondeur (entre 50 et 89 m), placés dans une cage et remis à l'eau à la profondeur de capture, où ils ont été surveillés pendant 2 jours, examinés, puis relâchés. Les chercheurs ont constaté un taux de survie global de 2 jours de l'ordre de 68 % pour toutes les espèces, avec une fourchette de 36 % à 82 % selon l'espèce. Cependant, cette étude a été réalisée en Californie : bon nombre des espèces étudiées ne sont pas présentes en Colombie-Britannique et bon nombre de celles sur lesquelles porte l'étude n'ont pas été capturées en assez grande quantité pour que des données sur la survie après recompression puissent être fournies. Les chercheurs ont fait état d'un taux de survie de 2 jours de l'ordre de 75 % et 80 % pour les sébastes vermillon et bocaces, respectivement (Tableau 5).

Hannah et al.(2012) ont également placé des poissons en cage après recompression. Ils ont comparé le rétablissement de sept espèces de sébastes (sébaste noir, sébaste canari, sébaste bleu, sébaste à dos épineux, sébaste aux yeux jaunes, sébaste cuivré et sébaste à rayures jaunes) capturées à l'hameçon et à la ligne à des profondeurs variant entre 9 et 64 m et ayant passé en moyenne trois minutes à la surface après leur remise à l'eau en profondeur dans une cage à recompression. La survie dans les cages 48 heures plus tard était de 100 % pour toutes les espèces et toutes les profondeurs, à l'exception des sébastes noirs et bleus qui présentaient une relation inverse entre la profondeur de capture et la survie et un taux de survie de 90 et 78 %, respectivement. Hannah et al.(2014) ont utilisé les mêmes cages et ont comparé le sébaste canari et le sébaste aux yeux jaunes, mais à des profondeurs beaucoup plus importantes (bien qu'à portée des lignes des pêcheurs à la ligne), entre 46 et 174 m. La survie en cage 48 heures plus tard pour le sébaste aux yeux jaunes était de 95 % à toutes les profondeurs, bien que l'on ait observé une légère baisse de la survie en profondeur (Tableau 4), tandis que celle du sébaste canari a rapidement diminué à seulement 20 % à des profondeurs supérieures à 135 m (Tableau 5). La profondeur de capture et les signes de barotraumatisme chez le sébaste canari étaient en corrélation négative avec la survie, tandis qu'aucune corrélation importante n'a été détectée chez le sébaste aux yeux jaunes. La survie d'aucune des deux espèces n'a été corrélée avec les écarts de température entre la surface et la profondeur de capture. Les poissons des deux espèces qui sont morts ont présenté des accumulations de sang sous la membrane pharyngo-cléithrale, dans la cavité abdominale ou dans la cavité péricardique. Une autre étude a permis de trouver un taux de survie après recompression et détention de 48 heures semblable (89 %) pour le sébaste aux yeux jaunes (Rankin et al. 2017).

Une étude de marquage-recapture a été lancée en Alaska pour que l'on puisse établir le taux de survie des sébastes aux yeux jaunes capturés à des profondeurs allant de 19 à 74 m (majoritairement entre 25 et 55 m) et remis à l'eau au moyen d'un dispositif de remise à l'eau dans les profondeurs (Hochhalter et Reed 2011). Les poissons ont été marqués avec des étiquettes à transpondeur passif intégré (TPI) ainsi qu'avec des étiquettes à ancrage en T externes numérotées individuellement. Les poissons marqués ont été surveillés pendant 17 jours, et leur survie a été comparée à celle des poissons relâchés à la surface. Seuls 22 % des sébastes aux yeux jaunes relâchés à la surface ont réussi à s'immerger, ce qui permet de déduire un faible taux de survie sans recompression. Les chercheurs ont estimé la survie des poissons recomprimés à l'aide d'un modèle de marquage-recapture. Leur estimation de la probabilité de survie Cormack-Jolly-Seber était de 0,988 avec un large intervalle de confiance à 95 % égal à une plage de 0,478 à 0,999.

L'une des préoccupations relatives à la recompression du sébaste concerne les effets à long terme sur la reproduction. Les sébastes aux yeux jaunes de l'Alaska visés par l'étude de marquage-recapture sur le barotraumatisme décrite précédemment (Hochhalter et Reed 2011) ont été rééchantillonnés un et deux ans plus tard (Blain et Sutton 2016). Les sébastes ont été examinés afin de rechercher des signes externes de maturité sexuelle, puis ont été échantillonnés pour déterminer les indicateurs de plasma sanguin du sexe et de l'état reproducteur des femelles. Les résultats montrent que la reproduction du sébaste aux yeux jaunes n'a pas été compromise et que les femelles recapturées sont demeurées viables sur le plan de la reproduction, même après deux recompressions.

La survie du sébaste après recompression a également été mesurée par télémétrie acoustique (Wegner et al. 2016¹). Les sébastes *S. levis*, bocaces et *S. rufus* portant des étiquettes acoustiques munies de capteurs de profondeur et d'accéléromètres ont fait l'objet d'une surveillance au fil du temps grâce à des détections sur des récepteurs situés autour du site de remise à l'eau. Les poissons marqués ont été remis à l'eau en profondeur (entre 91 et 183 m) à l'aide de dispositifs de recompression. Un réseau de récepteurs situés sur le fond surveillait le mouvement de ces poissons. Les détections de ces poissons montrent une survie de 72 % pour toutes les espèces combinées pendant plus de 10 jours et aucune mortalité jusqu'à 4 mois de surveillance, bien que certains poissons aient quitté le réseau de détection. Les sébastes bocaces, la seule espèce visée par cette étude que l'on trouve en C.-B., affichaient un taux de survie de 92 % sur une période de trois ans (en ne tenant pas compte des poissons qui sont sortis du dispositif) (Tableau 5).

Les répercussions à long terme sur la survie du sébaste à la suite d'une recompression ont été observés lors d'une étude en laboratoire qui a examiné divers indicateurs physiologiques de la santé du poisson et, vraisemblablement, de la survie. Les résultats de cette étude de Pribyl et al. (2012) démontrent que le sébaste noir capturé à des profondeurs de 35 m a de bonnes chances de se rétablir et de survivre s'il est recomprimé immédiatement après sa capture. De plus, les chercheurs ont constaté que le stress global lié à la manipulation peut avoir des répercussions physiologiques plus importantes que le barotraumatisme seul. Le sébaste noir détenu en laboratoire pendant 21 jours avait un taux de survie de 97 % (Tableau 4) (Parker et al. 2006).

2.6 EFFETS SUBLÉTAUX ET DÉFICIENCES COMPORTEMENTALES

Comme les estimations de la survie des sébastes qui ont fait l'objet d'une recompression sont limitées, des chercheurs ont également évalué le comportement des poissons après une remise à l'eau suivant la recompression. Hannah et Matteson (2007) ont examiné le comportement de neuf espèces après recompression et remise à l'eau en utilisant des caméras vidéos fixées aux cages utilisées pour la remise à l'eau. Une cote comportementale composite a été élaborée d'après la capacité des poissons à s'orienter verticalement dans la cage et au moment d'en sortir, d'après la capacité des poissons à nager et d'après le laps de temps écoulé avant que les poissons affichent ces comportements (voir les tableaux 4 et 5 pour connaître les cotes composites; les cotes les plus basses traduisent des déficiences plus importantes). Les sébastes qui présentaient des déficiences comportementales avaient des difficultés à maintenir leur orientation verticale et étaient lents à sortir des cages utilisées pour la remise à l'eau. Les effets de la profondeur sur la déficience comportementale étaient propres aux espèces, les cotes du comportement les plus faibles étant attribuées aux sébastes noirs, aux sébastes bleus et aux sébastes aux yeux jaunes à des profondeurs accrues. Parmi les espèces ayant fait l'objet de l'étude, le sébaste bleu qui avait été capturé à des profondeurs s'échelonnant entre 40 et 99 m affichait les plus graves déficiences comportementales (Hannah et Matteson 2007).

Rankin et al.(2017) ont examiné les déficiences comportementales présentées par le sébaste aux yeux jaunes aussi bien durant la recompression qu'après. Ils ont trouvé que, durant la descente de recompression, les poissons affichant une flottabilité positive étaient désorientés et se tenaient à l'envers ou gisaient sur le flanc dans les cages. Lorsqu'ils atteignaient le fond, ces poissons, qui avaient été capturés dans des eaux peu profondes (entre 54 et 89 m), étaient immédiatement dressés vers le haut. Par comparaison, la moitié des poissons capturés à des profondeurs importantes (entre 122 et 199 m) continuaient à reposer sur le flanc durant environ une heure. Lorsque la cage s'ouvrait, les poissons qui avaient été capturés dans des eaux peu profondes affichaient un comportement « dépendant de la vision » (en vertu duquel les poissons évitent un obstacle opaque dans la cage), tandis que la plupart (75 %) des sébastes capturés à des profondeurs importantes n'évitaient pas l'obstacle, affichant ainsi un comportement « dépendant de la vision » déficient. La cause de la déficience visuelle chez le sébaste aux yeux jaunes est attribuée à la présence d'un emphysème oculaire, qui peut prendre jusqu'à 48 heures dans les profondeurs pour se résorber (Hannah et al. 2012, Rankin et al. 2017). Rogers et al.(2011) ont utilisé un test de réaction optocinétique pour évaluer le temps de rétablissement de l'acuité visuelle après un barotraumatisme et une recompression chez le sébaste rosacé. Ils ont constaté que la vision était fonctionnelle après 4 jours et qu'elle s'améliorait davantage après un mois. Au cours de la deuxième partie de l'étude, Rankin et al.(2017) ont observé deux autres caractéristiques comportementales : si le poisson se dressait vers le haut en nageant et s'il avait une flottabilité neutre. Ces observations concernaient des sébastes aux yeux jaunes capturés entre 140 et 150 m, recomprimés dans des cages pendant 48 heures, puis retenus pendant 15 ou 30 jours, selon le traitement, afin d'observer les effets comportementaux et sublétaux. Bien que tous les poissons étaient en mesure de se dresser vers le haut, aucun d'entre eux, quel que soit le traitement, ne pouvait maintenir une flottabilité neutre. Les conséquences d'une flottabilité négative comprennent des coûts énergétiques, des difficultés à se procurer des proies et à interagir avec des congénères, des risques de prédation accrus résultant de profils natatoires laborieux ou atypiques, ainsi que des problèmes généraux à se déplacer (Rankin et al. 2017). À la fin des 15 ou 30 jours d'essai, on a sacrifié tous les poissons et consigné les signes internes de barotraumatismes, y compris les saignements internes graves et les hémorragies généralisées dans les vessies natatoires. Bien que la plupart des vessies natatoires étaient partiellement intactes, l'une d'elles présentait une rupture complète et les autres demeuraient endommagées. Les auteurs de l'étude ont observé la présence de gaz entre la vessie natatoire et la paroi corporelle et au sein de la tunique, des inflammations, des ruptures des tuniques externes, la présence d'un liquide brun dans la vessie natatoire et un *rete* tuméfié et décoloré. Les résultats présentés par Rankin et al.(2017) révèlent la présence de blessures graves et durables ainsi que des compromis comportementaux chez des sébastes aux yeux jaunes recomprimés après avoir été capturés dans les profondeurs. Des sébastes noirs détenus en laboratoire ont présenté un rétablissement de la vessie natatoire à un taux de 77 % sur 21 jours (Parker et al. 2006) et de 50 à 80 % sur 31 jours (Pribyl et al. 2012), ce qui montre que, bien que la réparation de la vessie natatoire soit possible, le rétablissement d'une certaine proportion des poissons demandera davantage de temps. Pribyl et al.(2012) ont également remarqué que le rétablissement de la vessie natatoire dans des conditions expérimentales pourrait ne pas être représentatif de celui qui est observé dans la nature, car la nourriture est disponible et les prédateurs sont absents en laboratoire. On ne sait pas comment ces blessures auront une incidence sur la survie dans la nature.

2.7 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR ESPÈCE EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

2.7.1 Sébaste à queue jaune

Le sébaste à queue jaune semble être l'espèce qui est la moins touchée par les effets des barotraumatismes en raison de sa capacité à expulser des gaz à partir de sa membrane pharyngo-cléithrale (Hannah et al. 2008 b, Pribyl et al. 2009). Ce phénomène permet de réduire les signes de barotraumatismes. Le sébaste aux yeux jaunes est un poisson pélagique qui se rassemble en bancs, qui entreprend naturellement de grandes migrations verticales et qui semble être mieux adapté que d'autres espèces aux variabilités de la pression.

2.7.2 Sébaste bocace

On a également observé des sébastes bocaces effectuer de grands changements dans leurs déplacements verticaux. Ces poissons semblent aussi survivre après la recompression bien après les épisodes de barotraumatisme. (Jarvis et Lowe 2008, Wenger et al. 2016¹).

2.7.3 Sébaste à dos épineux

Le sébaste à dos épineux est une espèce démersale à corps épais qui n'est pas connue pour effectuer de grandes migrations verticales ou horizontales (Hannah et Rankin 2011). En conséquence, il est surprenant que ce poisson semble présenter un plus faible nombre de signes externes de barotraumatismes et survivre après la recompression. Comme pour le sébaste à queue jaune, on a observé des sébastes à dos épineux en train d'expulser des gaz à partir de leurs membranes branchiostèges, ce qui réduit la pression qui s'exerce sur l'œsophage et entraîne une incidence plus faible d'éversion de l'œsophage (Hannah et al. 2008 b). Le taux de survie à court terme (48 heures) était élevé (Hannah et al. 2012). On n'a pas mené d'études sur la survie à long terme, le comportement et les effets sublétaux des barotraumatismes chez le sébaste à dos épineux.

2.7.4 Sébaste cuivré et sébaste brun

Étant étroitement liée à le sébaste à dos épineux, nous pourrions nous attendre à des effets des barotraumatismes et à un taux de survie semblables chez le sébaste cuivré et le sébaste brun, qui n'ont pas fait l'objet d'études aussi détaillées. La survie après 48 heures était élevée, affichant une proportion de 100 %, même si les échantillons étaient de faible taille (Hannah et al. 2012)

2.7.5 Sébaste noir

Le sébaste noir est une espèce semi-pélagique qui a été largement étudiée. Malgré un fort taux de signes externes et internes de barotraumatismes, la survie à court terme (48 heures) était élevée (90 %) (Hannah et al. 2012), et la survie à long terme (21 jours) en laboratoire atteignait 97 % (Parker et al. 2006). La survie a été associée à la profondeur de la capture (Hannah et al. 2012).

2.7.6 Sébaste bleu et Sébaste Deacon

Le sébaste bleu occupe une niche semblable à celle occupée par le sébaste noir, qui lui est étroitement apparenté. Le taux de survie de cette espèce était inférieur à celui enregistré chez le sébaste noir au cours d'une expérience de deux jours, et a été relié aux profondeurs auxquelles les poissons avaient été capturés (Hannah et al. 2012). L'ensemble du travail effectué sur le sébaste bleu et sur les barotraumatismes et la recompression a été axé sur *S. mystinus*. Au cours d'une étude récente, on a montré que le sébaste bleu, en C.-B., forme

vraisemblablement une espèce distincte, le sébaste Deacon (*S. diaconus*) (Frable et al. 2015). Une recherche non publiée sur *S. diaconus* menée en Orégon a montré que ces poissons, lorsqu'ils sont capturés à des profondeurs supérieures à 27 m, ramenés vers les profondeurs et maintenus durant 24 heures, affichaient un taux de survie de 100 %, mais que celui-ci chutait à 78 et 71 % lorsque les poissons avaient été capturés à des profondeurs s'échelonnant entre 28 et 36 m et entre 37 et 45 m, respectivement. Les taux de survie de spécimens de *S. diaconus* capturés à des profondeurs allant de 46 à 54 m a chuté pour s'établir à une valeur aussi faible que 25 %, ce qui montre que ces poissons, lorsqu'ils sont capturés à de grandes profondeurs, sont assez fragiles (comm. pers., Polly Rankin, Oregon Department of Fish and Wildlife, Newport, Orégon).

2.7.7 Sébaste à rayures jaunes et sébaste-tigre

Peu de recherches ont été menées chez le sébaste à rayures jaunes et chez le sébaste-tigre, mais on a obtenu un taux de survie après 48 heures de 100 % chez un petit échantillon de sébastes à rayures jaunes (trois spécimens) (Hannah et al. 2012). Les examens physiologiques de sébastes à rayures jaunes ont fait ressortir une capacité bien plus lente à réabsorber les gaz que chez le sébaste noir, ce qui concorde avec le mode de vie benthique et sédentaire de cette espèce (Parker et al. 2006). Le sébaste-tigre, qui affiche également un mode de vie benthique et sédentaire, mais que l'on trouve habituellement à des profondeurs plus importantes que le sébaste à rayures jaunes, pourrait présenter de faibles taux de survie. Le sébaste-tigre présentait des taux élevés de signes externes de barotraumatismes (Tableau 4) (Hannah et Matteson 2007).

2.7.8 Sébaste aux yeux jaunes

Les barotraumatismes et la recompression chez le sébaste aux yeux jaunes ont fait l'objet d'études à vaste échelle (Hannah et Matteson 2007, Hannah et al. 2008a, Hochhalter et Reed 2011, Hannah et al. 2012, Hochhalter 2012, Hannah et al. 2014, Blain et Sutton 2016, Rankin et al. 2017). Les taux de survie à court terme (après 48 heures) du sébaste aux yeux jaunes ont tous affiché des valeurs très élevées (de 90 à 100 %), avec une tendance à la diminution du taux de survie avec l'augmentation de la profondeur à laquelle les poissons avaient été capturés. Une expérience de marquage-recapture à long terme menée sur des poissons qui avaient été remis à l'eau dans les profondeurs a révélé que la probabilité de survie de ceux-ci était élevée, s'établissant à 0,98 sur 17 jours, mais ces résultats s'accompagnaient de vastes intervalles de confiance (0,48 – 0,99). La profondeur à laquelle les poissons étaient capturés dans le cadre de cette étude était également relativement faible, se situant entre 19 et 74 m. Cependant, la plupart des poissons avaient été capturés à des profondeurs supérieures à 55 m (Figure 1, dans Hochhalter et Reed 2011). Autre résultat intéressant de cette étude, les poissons dont la longueur était inférieure à 40 cm n'ont pas été recapturés. Cela suscite des questions quant à l'augmentation de la mortalité due aux barotraumatismes ou au risque accru de prédation auquel font face les sébastes de plus petite taille de la part de la morue-lingue (Beaudreau et Essington 2007) ou d'autres prédateurs. Les sébastes aux yeux jaunes se tiennent à des profondeurs supérieures à celles auxquelles on peut observer d'autres espèces de sébastes de zones côtières (Tableau 2). La profondeur à laquelle les poissons sont capturés suscite donc des préoccupations. Bien que le taux de survie à court terme (après 48 heures) chez des sébastes aux yeux jaunes capturés à des profondeurs s'échelonnant entre 135 et 174 m était encore relativement élevé (90 %) (Hannah et al. 2014), on ne peut pas ignorer les travaux effectués par Rankin et al. (2017), qui font état de dommages internes généralisés chez les poissons capturés à des profondeurs oscillant entre 140 et 150 m. Les auteurs concluent que « les résultats de ces deux études, qui révèlent l'existence de blessures graves et durables, ainsi que de compromis comportementaux, chez les sébastes aux yeux jaunes recomprimés

dans les profondeurs, renforcent l'importance qu'il y a à éviter l'interaction entre la pêche et les sébastes aux yeux jaunes qui fréquentent les eaux profondes et à maintenir la fermeture de la pêche dans les aires de conservation du sébaste qui sont gérées au point de vue spatial. »

2.7.9 Sébaste canari

Le sébaste canari a également fait l'objet d'études à vaste échelle (Hannah et Matteson 2007, Hannah et al. 2008a, Hannah et al. 2008 b, Pribyl et al. 2011, Hannah et al. 2012, 2014). Bien que les individus de cette espèce affichent un taux de survie après 48 heures élevé dans des eaux peu profondes (Hannah et al. 2012), le taux de survie diminue grandement lorsque la profondeur à laquelle les poissons sont capturés est inférieure à 75 m et était aussi peu élevé que 20 % lorsque cette profondeur se situe entre 135 et 174 m (Hannah et al. 2014). Hannah et al.(2014) concluent qu'il pourrait y avoir une profondeur critique à laquelle certaines espèces de sébastes sont capturées à partir de laquelle la survie après la recompression diminue rapidement, comme c'est le cas pour le sébaste canari.

2.8 ATTÉNUATION DU BAROTRAUMATISME

2.8.1 Purge

Diverses méthodes ont été élaborées pour atténuer les effets des barotraumatismes chez les sébastes. L'une de ces méthodes consiste à « purger » les poissons en insérant une aiguille hypodermique directement dans la vessie natatoire pour expulser les gaz emprisonnés (Theberge et Parker 2005). Cette méthode dépend fortement des compétences et de l'expérience de la personne qui purge les poissons, car une maladresse peut causer des dommages généralisés chez ces derniers. Des blessures mortelles associées à la perforation d'organes vitaux, à la perforation de la vessie natatoire et à des hémorragies et, dans le cas des femelles gravides, à la perforation des gonades et à la libération des œufs dans la cavité coelomique, ont été signalées pour le bar australien (*Macquaria novemaculeata*) (Roach et al. 2011). De plus, certains pêcheurs à la ligne confondent l'éversion de l'œsophage sortant de la bouche du poisson avec la vessie natatoire et perforent cet organe à la place. Compte tenu des blessures et des infections qui se manifestent dans la cavité corporelle des poissons et qui peuvent être causées par l'expulsion des gaz ou par le « fizzing » des sébastes, les États de Washington, de la Californie et de l'Alaska ont tous recommandé que les pêcheurs à la ligne ne purgent pas les poissons (p. ex. [Washington Department of Fish and Wildlife – Protecting Washington's' Rockfish](#)). La personne qui purge un sébaste peut être exposée à un risque de blessure à cause des grandes épines venimeuses que présentent certaines espèces de sébastes (Theberge et Parker 2005). Un examen récent des pêches avec remise à l'eau et des traitements des barotraumatismes comparant le risque relatif de mortalité associé à l'utilisation de dispositifs de descente à la purge a révélé que même si les deux méthodes amélioreraient le risque, il n'y avait aucune différence statistique entre la purge et l'utilisation de dispositifs de descente (Eberts et Somers 2017).

2.8.2 Caissons hyperbares

Les caissons hyperbares peuvent également être utilisés pour recompresser les poissons avant leur remise à l'eau et se sont avérés très efficaces en laboratoire (Parker et al. 2006, Smiley et Drawbridge 2007, Pribyl et al. 2009). Cependant, ces caissons sont surtout utilisés par les aquariums publics qui recueillent des spécimens à des fins d'exposition ou de recherche scientifique (Pribyl et al. 2012). En raison de leur grande taille et de leur prix potentiellement élevé, leur utilisation n'est pas pratique pour les pêcheurs récréatifs ou les pêcheurs à bord de navires affrétés.

2.8.3 Dispositifs de descente et de recompression

Une autre méthode possible pour atténuer les effets des barotraumatismes chez les sébastes consiste à utiliser des dispositifs de recompression pour forcer le retour des poissons touchés vers les profondeurs. On a conçu différents dispositifs pour effectuer la recompression d'une vaste diversité de poissons. Les dispositifs de descente des poissons qui sont disponibles dans le commerce vont de dispositifs mécaniques simples qui s'agrafent à une ligne ou à une canne à pêche à des dispositifs techniquement complexes de remise à l'eau à certaines profondeurs/avec capteurs de pression (Theberge et Parker 2005, Chen 2012, Hudson 2015) (Figure 3). Certains dispositifs s'accrochent à la mâchoire inférieure du poisson en perçant la membrane molle et sont déployés à l'aide d'une canne à pêche indépendante accompagnée d'un poids suffisant pour traîner rapidement le poisson au fond ou à l'aide d'un engin de pêche. Après avoir redescendu le poisson en profondeur, un mouvement de la canne à pêche libère le poisson. D'autres dispositifs s'accrochent à la mâchoire inférieure du poisson sans percer la membrane, et le poisson est descendu avec un poids léger à la profondeur adéquate, puis relâché soit par secousse de la canne, soit, dans le cas de certains dispositifs, par un capteur de pression. Le poisson est descendu en profondeur à l'aide d'un poids léger, et une secousse ferme de la canne à pêche ouvre la pince pour libérer le poisson. (Voir [California Department of Fish and Wildlife – Rockfish Barotrauma Information](#)). Des dispositifs artisanaux sont également utilisés, comme un hameçon inversé sans barbe muni d'un poids (au moins trois livres pour un gros sébaste aux yeux jaunes), une caisse à homards ou un casier à crabes à l'envers qui est pondéré et attaché à une corde, et une pince à poisson modifiée « le [Fish Grip](#) » (Figure 3).

Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, et certains dispositifs nécessitent de la pratique pour être bien manipulés et utilisés efficacement. Par exemple, lorsqu'on utilise un hameçon inversé sans barbe, un dispositif relativement simple et bien connu de la plupart des pêcheurs, il est important d'éviter que l'hameçon ne perce l'œsophage extrudé et que la ligne ne coupe les yeux au moment de libérer le poisson. Cette méthode est la plus efficace pour les petits poissons. Lorsqu'une caisse de lait pondérée est utilisée, elle est placée au-dessus du poisson, puis, une fois le poisson flottant à l'intérieur, elle est abaissée jusqu'à ce que le poisson puisse en sortir seul. Par mer agitée, cependant, la caisse peut se cogner contre les yeux protubérants des poissons et entraîner des dommages supplémentaires (California Sea Grant 2008). Lorsque les courants sont forts, la caisse peut dériver considérablement, permettant difficilement d'atteindre la profondeur de remise à l'eau appropriée. On ignore avec quelle efficacité les pêcheurs récréatifs utilisent les dispositifs de descente (Chen 2012), et peu de recherches ont été entreprises pour comparer ou évaluer la survie des poissons et les diverses autres méthodes. Une étude récente a montré que les pêcheurs récréatifs préféraient utiliser un dispositif de remise à l'eau avec capteur de pression en raison de sa facilité d'utilisation, la caisse à homards pondérée étant la deuxième méthode de prédilection. Ces deux méthodes affichent également la plus forte proportion de succès de la descente, tandis que d'autres dispositifs ne permettent pas de relâcher les poissons en profondeur (Lyll Bellquist, Western Groundfish Conference, Seaside, Californie, du 13 au 16 février 2018). Les dispositifs de remise à l'eau avec capteur de pression exigent cependant un entretien et un réétalonnage réguliers si l'on veut qu'ils fonctionnent adéquatement (John Harms, Western Groundfish Conference, Seaside, Californie, du 13 au 16 février 2018). La profondeur idéale à laquelle un poisson doit être ramené est également inconnue. Certains organismes recommandent que les poissons soient relâchés à au moins la moitié de la profondeur à laquelle ils ont été capturés, ou à une profondeur de 60 pieds ou, encore, à la profondeur à laquelle ils ont été capturés.

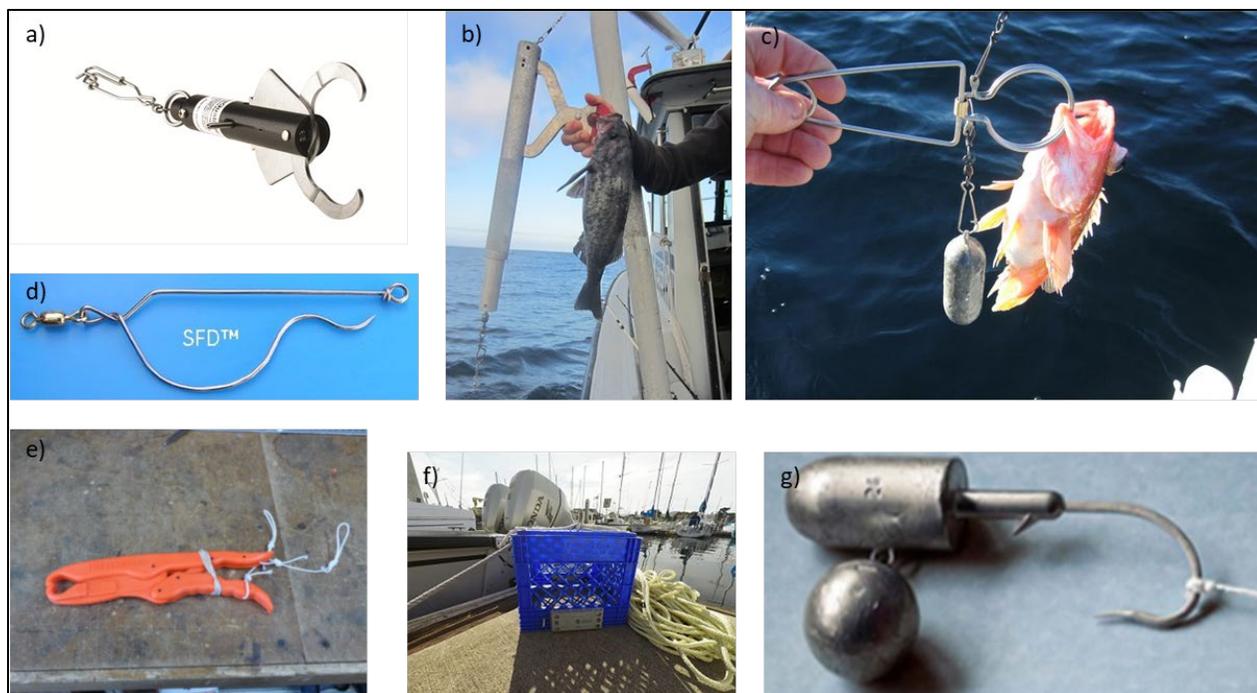


Figure 3. Dispositifs de descente disponibles dans le commerce et de fabrication artisanale. a) SeaQuilizer, b) outil Blacktip de remise à l'eau et de recompression, c) dispositif de descente RokLees d'EcoLeeser, d) dispositif de descente Shelton, e) dispositif de descente Fish Grip modifié, f) caisse à homards pondérée, g) hameçon sans barbe pondéré.

Lorsqu'on considère l'utilisation de dispositifs de recompression par les pêcheurs à la ligne récréatifs, on doit tenir compte d'autres facteurs qui sont susceptibles d'influer sur le succès des dispositifs, comme la manière dont les sébastes ont été initialement capturés. Des chercheurs qui étudiaient les méthodes d'atténuation des barotraumatismes chez le bar australien remis à l'eau (Roach et al. 2011) ont constaté que l'emplacement de l'hameçon sur les poissons capturés avait une grande incidence sur la survie, que la recompression soit utilisée ou non. Les hameçons peuvent provoquer divers types de blessures aux poissons selon leur emplacement sur le poisson. Ces chercheurs ont constaté que la mortalité après la capture était beaucoup plus élevée si le poisson avait ingéré l'hameçon que s'il avait été accroché par la lèvre ou la bouche.

On a trouvé que le temps passé par le poisson à la surface était la variable explicative la plus significative de la survie à court terme de sébastes qui avaient fait l'objet d'une recompression (Jarvis et Lowe 2008). Parker et al. (2006) recommandent qu'on effectue la recompression rapidement, car ils estiment que, si l'on réduit le plus possible le temps passé à la surface et la manipulation à la surface, on réduira les répercussions du stress physiologique chez les poissons. Le stress qui est causé par l'ascension forcée et par la manipulation peut causer une augmentation d'acide lactique et de CO₂ dans les tissus, ce qui abaisse le pH et la solubilité des gaz du sang et peut se traduire par des embolies. La diminution du temps passé à la surface permettra également de réduire les incidences négatives d'une faible pression, le stress thermique et l'asphyxie, et d'améliorer la survie après la recompression. Les études scientifiques sur les barotraumatismes contrôlent toutes le temps passé à la surface. Toutefois, le temps que demande réellement la recompression des sébastes par les pêcheurs est inconnu et dépend vraisemblablement du dispositif utilisé et de l'expérience du pêcheur.

Les États de Washington, de l'Orégon, de la Californie et de l'Alaska ont tous élaboré du matériel de sensibilisation énonçant des pratiques exemplaires concernant la manière dont les pêcheurs devraient effectuer la recompression des sébastes. Par exemple, l'État de Washington recommande ce qui suit (WDFW 2013) :

1. Descendez rapidement le sébaste. Gardez votre dispositif de descente en état de marche à portée de main. Les poissons remis à l'eau en profondeur dans deux minutes ont une meilleure chance de survie. La survie peut diminuer de moitié toutes les 10 minutes lorsque le poisson est hors de l'eau.
2. Évitez les manipulations brusques; évitez de faire tomber le poisson; touchez le poisson le moins possible. Utilisez une serviette mouillée ou mouillez-vous les mains pour éviter d'enlever la pellicule visqueuse protectrice.
3. Remettez le poisson à la profondeur de capture ou à au moins 60 pieds (20 m).
4. Utilisez le [dispositif de descente qui vous convient le mieux](#); tenez compte du lieu de pêche, de la profondeur et du type de bateau que vous possédez.

2.9 UTILISATION DE DISPOSITIFS DE DESCENTE DANS LA GESTION DE LA PÊCHE RÉCRÉATIVE AUX SÉBASTES AUX ÉTATS-UNIS

Les poissons sont gérés par la section du National Marine Fisheries Service (NMFS) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (alias NOAA Fisheries) entre 3 et 200 milles des côtes (c.-à-d. dans la zone économique exclusive des États-Unis) au moyen de conseils régionaux de gestion des pêches. Ces conseils sont composés de représentants du gouvernement fédéral, des États et de l'industrie et s'appuient sur des données provenant du milieu universitaire et du grand public. Les organismes d'État sont responsables de la pêche dans un rayon de trois milles de leurs côtes respectives, y compris toutes les baies et tous les estuaires intérieurs. Le Pacific Fishery Management Council (PFMC) est l'un des huit conseils de gestion régionaux créés en vertu de la *Magnuson Fishery Conservation and Management Act* de 1976 et gère les pêches au large des États de Washington, de l'Oregon et de la Californie. À l'échelle des États, les organismes établissent les saisons, les méthodes de récolte et les limites de prises de la pêche récréative et commerciale dans les eaux littorales. Les commissions des États peuvent adopter des règles plus restrictives que les règles fédérales, mais non moins restrictives. Dans la pratique, les règles sont souvent raisonnablement cohérentes dans les eaux gérées par les États et les eaux fédérales. Le North Pacific Fishery Management Council est le conseil de gestion des pêches responsable de la surveillance des pêches dans le golfe d'Alaska, la mer de Béring et l'océan Arctique. Des renseignements pertinents sur l'utilisation actuelle des dispositifs de descente fournis par ces organismes sont présentés ici.

2.9.1 Pacific Fishery Management Council

Le Pacific Fishery Management Council (PFMC) a établi des taux de mortalité de poissons rejetés et remis à l'eau à la surface ainsi que des taux de mortalité de poissons relâchés en profondeur grâce à un dispositif de descente (Pacific Fishery Management Council 2012). Des taux de mortalité ont été établis pour les sébastes canaris et les sébastes aux yeux jaunes, lesquels rendent compte de la variation entre les espèces et des différences dans la taille des échantillons (Pacific Fishery Management Council 2012). Le PFMC a adopté des mécanismes tampons pour rendre compte de l'incertitude reposant sur la borne supérieure de l'intervalle de confiance de 90 % pour la mortalité à court terme qui a été utilisée pour gérer la ressource en 2014 (Benaka et al. 2014). Les espèces indicatrices utilisées étaient les suivantes : à une profondeur s'échelonnant entre 19 et 55 m : sébaste canari, sébaste aux yeux jaunes, sébaste

cuivré et sébaste à dos épineux; à une profondeur s'échelonnant entre 56 et 91 m : sébaste aux yeux jaunes; à une profondeur supérieure à 91 m : *S. levis*, sébaste bocace, *S. rufus* et *S. crocotulus*. Les taux de mortalité, avec des intervalles de confiance de 90 %, pour les sébastes aux yeux jaunes capturés à une profondeur inférieure à 30 m, entre 30 et 50 m et supérieure à 50 m s'établissaient à 21, 37 et 45 %, respectivement, et ils s'établissaient à 21, 27 et 45 %, respectivement, pour le sébaste canari. Ces estimations de la mortalité ont été réalisées avant la publication des deux études importantes susmentionnées, lesquelles montraient que la mortalité chez le sébaste canari déclinait pour s'établir à 80 % en deçà de 135 m (Hannah et al. 2014), et que les effets sublétaux et comportementaux des barotraumatismes chez le sébaste aux yeux jaunes qui fréquente les eaux profondes pourraient avoir un effet sur la survie à long terme (Rankin et al. 2017). En outre, on a obtenu ces taux de mortalité en posant comme hypothèse que les espèces indicatrices utilisées pour augmenter la taille des échantillons à chaque plage de profondeurs sont appropriées, présentent des caractéristiques semblables de leur cycle vital et réagissent de façon similaire à une dépressurisation rapide. Cette hypothèse est en harmonie avec la plus grande partie des éléments probants fournis durant le présent examen de la documentation scientifique, qui attestent d'une haute variabilité parmi les espèces, notamment celles qui appartiennent à des guildes différentes, comme les sébastes aux yeux jaunes démersaux et les sébastes bocaces davantage pélagiques (Love et al. 2002). Il est à noter que les plus grands gains (en pourcentage) des estimations de la mortalité des poissons recompressés par rapport aux estimations concernant les poissons remis à l'eau à la surface (gains de mortalité, Tableau 7) se produisent dans les catégories de profondeurs les plus grandes, qui s'accompagnent de la plus grande incertitude quant aux taux de survie à long terme.

Tableau 6. Taux de mortalité des sébastes remis à l'eau à la surface (%) par catégorie de profondeurs (PFMC). Seules les espèces de sébastes fréquentant les eaux de la Colombie-Britannique sont présentées.

Plages de profondeurs				
Brasses	0 à 10	11-20	21 à 30	> 30
Mètres	0-18	19 à 36	37 à 55	> 55
Espèce	Plages de profondeurs			
Sébaste noir	11	20	29	63
Sébaste bleu	18	30	43	100
Sébaste bocace	19	32	46	100
Sébaste brun	12	22	33	100
Sébaste canari	21	37	53	100
Sébaste à rayures jaunes	13	24	37	100
Sébaste cuivré	19	33	48	100
Sébaste à dos épineux	21	35	52	100
Sébaste-tigre	20	35	52	100
Sébaste vermillon	20	34	50	100
Veuve	21	36	52	100
Sébaste aux yeux jaunes	22	39	56	100
Sébaste à queue jaune	10	17	25	50

Tableau 7. Recommandations du PFMC concernant la mortalité totale des remises à l'eau (M) (%) du sébaste aux yeux jaunes et du sébaste canari, reflétant l'utilisation de dispositifs de descente et intégrant la mortalité à court terme, la mortalité à long terme, la mortalité non prise en compte et l'intervalle de confiance supérieur de 90 % comme valeurs de précaution rendant compte de l'incertitude. Le taux de mortalité utilisé lorsque le poisson est rejeté à la surface, et la différence entre la mortalité à la surface et la mortalité associée à l'utilisation des dispositifs de descente sont également fournis (gains de mortalité).

Plages de profondeurs					
Brasses	0 à 10	11-20	21 à 30	30 à 50	> 50
Mètres	0-18	19 à 36	37 à 55	56 à 91	> 92
Sébaste canari					
Mortalité à la surface	21	37	53	100	100
Mortalité associée aux dispositifs de descente	20	20	20	33	31
Mortalité associée aux dispositifs de descente – IC de 90 %	21	21	21	37	45
Gains de mortalité	0	16	32	63	55
Sébaste aux yeux jaunes					
Mortalité à la surface	22	39	56	100	100
Mortalité associée aux dispositifs de descente	20	20	20	22	31
Mortalité associée aux dispositifs de descente – IC de 90 %	21	21	21	27	45
Gains de mortalité	1	18	35	73	55

2.9.2 Californie

Dans sa gestion des pêches récréatives, le California Department of Fish and Wildlife (CDFW) utilise les estimations de la mortalité qui sont adoptées par le PFMC ainsi que des taux de mortalité stratifiés en fonction de la profondeur pour les sébastes qui sont relâchés à la surface (Pacific Fishery Management Council 2013). L'application de ces estimations de la mortalité dans le cadre d'une mesure de gestion exige que l'on dispose de l'information suivante : l'élimination des poissons rejetés (que les poissons aient été rejetés à la surface ou à l'aide d'un

dispositif de descente); l'espèce (les taux de mortalité associés à l'utilisation d'un dispositif de descente sont propres aux différentes espèces); la profondeur à laquelle les poissons avaient été capturés pour assigner des captures à une plage de profondeurs. En outre, les données ont été stratifiées par mois, par district (six districts affichant différents taux d'élimination), par profondeur (plages de profondeurs de dix brasses) et par mode de pêche (navires de pêche commerciale avec passagers [bateaux d'agrément] ou embarcations privées ou de location). Les personnes responsables du sondage sur les pêches récréatives de la Californie recueillent de l'information à propos de la pêche récréative par l'entremise d'enquêtes par interrogation des pêcheurs, saisissent les données obtenues dans une base de données et appliquent des méthodes d'estimation. Pour rendre compte de l'utilisation de dispositifs de descente, les 80 personnes responsables du sondage ont été formées à la collecte d'information supplémentaire, y compris l'utilisation de dispositifs de descente et la profondeur à laquelle les poissons ont été pêchés. La base de données a été mise à jour avec des champs et des codes supplémentaires pour que l'on puisse rendre compte des poissons éliminés. Enfin, le programme d'estimation a été mis à jour pour que l'on puisse exécuter les algorithmes et, ainsi, tenir compte de l'utilisation de dispositifs de descente. Le CDFW a également utilisé des données recueillies dans le cadre d'enquêtes par interrogation des pêcheurs portant sur l'utilisation de dispositifs de descente pour orienter la sensibilisation dans les zones faiblement utilisées et a collaboré avec des clubs de pêche pour inciter les pêcheurs à soutenir l'utilisation de dispositifs de descente. À l'heure actuelle, l'utilisation de dispositifs de descente demeure de nature volontaire (Burdock 2016²).

2.9.3 Orégon

L'utilisation de dispositifs de descente a récemment été rendue obligatoire en Orégon. [Le règlement énonce ce qui suit](#) :

« Tout navire pêchant du poisson de fond ou ayant à son bord de tels poissons, y compris des espèces de poissons plats ou des flétans du Pacifique, doit disposer à son bord d'un dispositif de descente en bon état et l'utiliser lorsqu'il remet à l'eau des sébastes à une profondeur supérieure à 30 brasses (55 m). Un dispositif de descente en bon état est un dispositif qui est prêt à être utilisé ».

On a utilisé les taux de mortalité du sébaste aux yeux jaunes par plage de profondeurs pour les poissons relâchés à la surface ou au moyen d'un dispositif de descente établis par le PFMC. Les avis reçus par les pêcheurs à la ligne en 2016 énonçaient qu'il était préférable de rendre obligatoire l'utilisation de dispositifs de descente plutôt que d'écourter la saison de pêche ([ODFW 2016](#)).

2.9.4 Washington

En 2010, dans la majeure partie de la baie Puget (c.-à-d. les eaux marines intérieures de l'État de Washington), le sébaste aux yeux jaunes et le sébaste canari ont été inscrits sur la liste des espèces menacées, et le sébaste bocace a été inscrit sur la liste des espèces en voie de disparition en vertu de l'*Endangered Species Act*. À la suite de ces inscriptions, le Washington Department of Fish and Wildlife (WDFW) a accéléré la planification du rétablissement des espèces qui était déjà en cours, a fermé bon nombre de pêches commerciales, a interdit la conservation, par les pêcheurs récréatifs, de toutes les espèces de sébastes et a interdit la pêche au poisson de fond dans des eaux affichant une profondeur supérieure à 36,6 m

²Burdock, J. 2016. Accounting for the use of descending devices in management in California. Atelier sur la recompression du sébaste, SFU Wosk Centre for Dialogue, Vancouver (Colombie-Britannique).

(120 pieds) dans la baie Puget. L'une des stratégies de rétablissement adoptées par le WDFW, la NOAA et leurs partenaires tribaux consiste à promouvoir la descente des sébastes. Bien que la conservation des sébastes soit illégale, on observe encore des taux de mortalité attribuables aux prises accessoires, et celles-ci sont gérées par l'entremise de l'établissement d'une cible annuelle de 5 000 livres (2 268 kg) pour toutes les pêches. L'effort de pêche récréative est surveillé au moyen d'une entrevue téléphonique aléatoire auprès des pêcheurs à la ligne, menée par vagues de deux mois tout au long de l'année, et les prises sont estimées au moyen d'enquêtes systématiques par interrogation des pêcheurs. Les entrevues téléphoniques et menées à quai ont permis de recueillir de l'information sur les prises et les prises accessoires par espèces, zones de gestion et poissons ciblés (saumon, poissons de fond, flétan atlantique et autres). La composition des prises et des prises accessoires échantillonnées est appliquée à l'effort de pêche estimé grâce au recours à des sondages téléphoniques pour que l'on puisse produire des estimations des captures effectuées en raison de l'interaction avec la pêche (Lowry 2016³). En 2013, on a ajouté à l'entrevue menée auprès des pêcheurs à la ligne une question portant sur la remise à l'eau des sébastes et, en 2014, on a ajouté de nouveau une question, laquelle portait sur l'utilisation de dispositifs de descente (Wargo 2016⁴). Pour estimer le taux de mortalité chez les sébastes remis à l'eau, le WDFW utilise des données sur la proportion de chaque espèce se trouvant dans des eaux affichant une profondeur inférieure à 36,6 m selon des relevés indépendants de la pêche (véhicules sous-marins téléguidés, relevés au chalut, caméra lestée, relevés par plongée). Le WDFW a également appliqué les taux de mortalité estimés par le PFMC pour les espèces capturées dans des eaux d'une profondeur inférieure à 36,6 m et remises à l'eau à la surface (Tableau 6). On présume que les poissons capturés à des profondeurs supérieures à 36,6 m affichent un taux de mortalité de 100 %, tout comme les poissons conservés. Voici un exemple de la façon dont ce calcul est appliqué avec et sans l'utilisation de dispositifs de descente :

Exemple de calcul de la mortalité du sébaste cuivré : si 29 sébastes cuivrés sont détenus et que 1 561 sont relâchés et où :

- P = 0,8 (proportion de sébastes cuivrés en eau peu profonde, estimée à partir de données indépendantes de la pêche)
- S = 0,33 (mortalité en surface après la remise à l'eau)
- M_{totale} = mortalité totale sans dispositif de descente :

$$M_{\text{totale}} = M_{\text{conservés}} + S(P*(M_{\text{remis à l'eau}})) + ((P-1)*(M_{\text{remis à l'eau}}))$$

$$M_{\text{totale}} = 29 + 0,33(0,8*(1\ 561)) + (0,2*1\ 561)$$

$$M_{\text{totale}} = 753$$

- M_{totale} avec dispositifs de descente :

Les données des entrevues avec les pêcheurs à la ligne laissent entendre que l'utilisation volontaire de dispositifs de descente n'est que de 5 à 7 % (D), de sorte que D = 0,07.

³ Lowry, D. 2016. The management of rockfish in Puget Sound: where do descending devices come in? Atelier sur la recompression du sébaste, SFU Wosk Centre for Dialogue, Vancouver (Colombie-Britannique).

⁴ Wargo, L. 2016. Protecting Washington's rockfish: barotrauma-descending devices, angler outreach and education. Atelier sur la recompression du sébaste, SFU Wosk Centre for Dialogue, Vancouver (Colombie-Britannique).

$$M_{\text{totale}} = M_{\text{conservés}} + (1-D)(S(P*(M_{\text{remis à l'eau}})) + P-1(M_{\text{remis à l'eau}}))$$

$$M_{\text{totale}} = 29 + 0,93(0,33(0,8*(1\ 561)) + (0,2*1\ 561))$$

$$M_{\text{totale}} = 703$$

Par conséquent, on estime que 50 sébastes cuivrés sont épargnés grâce à l'utilisation de dispositifs de descente, en supposant une survie de 100 % lors de la remise à l'eau (Lowry 2016³). Le WDFW a également réalisé des activités de sensibilisation et d'éducation à l'intention des pêcheurs à la ligne récréatifs pour leur faire connaître le barotraumatisme et ses répercussions, décrire les avantages qu'il y a à faire redescendre les sébastes vers les profondeurs et présenter les meilleures techniques et les meilleurs outils pouvant être utilisés pour faire redescendre les poissons. Le matériel utilisé durant ces activités et l'information donnée portaient sur l'identification des espèces de sébastes et renfermaient de l'information sur le « renvoi de ce poisson vers le fond » publiée sur le Web, sur des affiches et dans des dépliants (WDFW 2013, Wargo 2016⁴). Malgré un effort de sensibilisation considérable, l'utilisation globale de dispositifs de descente est faible et, selon les estimations, se situe entre 5 et 7 %, selon la zone et selon l'espèce (Lowry 2016³, Wargo 2016⁴). En 2017, le WDFW a obligé tous les pêcheurs à la ligne récréatifs ciblant le poisson de fond à avoir à bord un dispositif de descente gréé et prêt à l'emploi pour la pêche dans les eaux de l'État, y compris le long de la côte extérieure. La proposition de promulguer ce changement de règle a été formulée par un groupe important de pêche à la ligne récréative après plusieurs années d'efforts concertés de sensibilisation et d'éducation qui ont montré que l'utilisation volontaire atteignait des niveaux trop faibles pour être significative du point de vue de la conservation. Grâce à l'utilisation obligatoire de ces dispositifs et aux efforts de sensibilisation considérables consentis par le WDFW, l'utilisation déclarée de tels dispositifs a grimpé pour s'établir à 20 % en 2017 (Davy Lowry, Washington Department of Fish and Game, Olympia, Washington, comm. pers.).

2.9.5 Alaska

Par ailleurs, l'Alaska n'a pas non plus participé à l'atelier de 2016 sur la recompression du sébaste. La gestion de la pêche récréative en Alaska semble complexe en raison de nombreuses zones de gestion et de nombreux conseils de gestion. De l'information sur l'utilisation adéquate de différents types de dispositifs de descente est disponible sur le [site Web de l'Alaska Department of Fish and Game \(ADFG\)](#). Cependant, l'utilisation de dispositifs de descente est volontaire, et l'on dissuade les pêcheurs à pratiquer la capture avec remise à l'eau des sébastes. L'ADFG a mené des recherches pour mesurer l'efficacité de dispositifs qui pourraient permettre de relâcher des sébastes dans les profondeurs. L'ADGF estime que les [résultats d'une étude menée en Alaska](#) sur l'augmentation de la survie à court terme du sébaste aux yeux jaunes sont encourageants (Hochhalter et Reed 2011); toutefois, l'ADGF souligne la nécessité de poursuivre les recherches avant que les effets à long terme sur la croissance ou la reproduction ne soient avérés. Le Département affirme que la prévention demeure le premier outil de conservation des sébastes. Il recommande d'éviter de capturer des sébastes non ciblés lorsqu'on pêche des flétans et des morues-lingues en conservant les leurres et les appâts entre 3 et 4,5 m (10 à 15 pi) à partir du fond et d'éviter les habitats du sébastes, lesquels sont composés de blocs rocheux, de crêtes et de pinacles coralliens. Comme en C.-B., il recommande de changer d'endroit de pêche lorsque des sébastes sont capturés de façon non intentionnelle. D'autres méthodes de prévention des captures de sébastes consistent à cibler d'abord d'autres espèces, de façon à éviter une récolte excessive de sébastes, et à utiliser un attirail de pêche facilitant la remise à l'eau comme des hameçons circulaires. Le deuxième outil de conservation énuméré est l'utilisation de dispositifs de descente. On incite les pêcheurs à la ligne, lorsqu'ils utilisent des dispositifs de descente, à renvoyer les poissons aussi rapidement que possible à la profondeur à laquelle ils ont été capturés ou à une profondeur de

45 m (150 pi). Dans certaines zones de gestion, [les pêcheurs à la ligne pourraient devoir conserver le premier ou les deux premiers sébastes non pélagiques qui ont été capturés.](#)

3 LACUNES DANS LES CONNAISSANCES ET INCERTITUDES

3.1 INCERTITUDES SCIENTIFIQUES

Bien que la recompression des sébastes au moyen de dispositifs de descente puisse réduire les taux de mortalité chez les sébastes remis à l'eau, plusieurs lacunes importantes dans nos connaissances demeurent, notamment en ce qui concerne les espèces qui fréquentent les eaux de la C.-B. Il existe des données éparées reposant sur des échantillons de très faibles tailles de sébastes cuivrés, de sébastes bruns, de sébastes à rayures jaunes et de sébastes-tigres, ainsi que bons nombres d'espèces du plateau continental, concernant les effets d'une recompression rapide. Les données sur la survie après la recompression sont encore plus rares, notamment pour les plages de températures et de profondeurs qui sont pertinentes pour la C.-B. Nous disposons de peu d'information sur le *S. diaconus* nouvellement décrit, même si celui-ci est étroitement apparenté au sébaste bleu et pourrait se comporter de la même manière que ce dernier. Les données concernant la survie à long terme sont éparées, même pour les espèces qui ont fait l'objet d'études intensives, comme les sébastes noirs, canaris et aux yeux jaunes. La profondeur critique à laquelle les taux de survie déclinent rapidement est inconnue pour la plupart des espèces. Les taux de survie des sébastes canaris chutent entre 75 et 135 m, passant de 80 à 20 %. Si l'on connaissait plus précisément le seuil, on pourrait mettre en place un règlement de gestion pour interdire la pratique de la pêche en deçà d'une certaine profondeur. Cependant, cette profondeur critique varie vraisemblablement selon les espèces, car les taux de survie observés chez le sébaste aux yeux jaunes ne présentaient pas une réduction de cette importance de la survie aux mêmes profondeurs (Hannah et al. 2014). La pêche récréative à la ligne et à l'hameçon de toutes les espèces de poissons de fond est interdite par le WDFW en deçà de 36,6 m dans Puget Sound, dans l'État de Washington, dans le cadre d'un effort de réduction de cette incertitude à propos de la mortalité propre à l'espèce des sébastes, et ce, à des fins de conservation.

Davantage de renseignements sur les effets comportementaux et sublétaux des barotraumatismes chez les sébastes recomprimés dans un gradient de pression aideraient grandement à évaluer la valeur des dispositifs de descente pour la conservation et la gestion du sébaste. Rankin et al.(2017) ont montré que des dommages internes graves et durables de la vessie natatoire et d'autres organes persistaient après 30 jours après la recompression chez l'espèce de sébaste aux yeux jaunes occupant les profondeurs, et Pribyl et al.(2012) ont trouvé que le premier problème auquel était confronté le sébaste noir après la recompression était la flottabilité négative résultant d'une rupture de la vessie natatoire. Si nous comprenons les conséquences, à l'échelle de la population, des effets comportementaux et sublétaux des barotraumatismes chez les sébastes recomprimés dans un gradient de pression, cela nous aiderait grandement à évaluer la valeur des dispositifs de descente pour la conservation et la gestion du sébaste. De façon évidente, il existe certains coûts énergétiques et comportementaux, comme la capacité des poissons à se déplacer efficacement, à trouver des refuges et des proies et à éviter les prédateurs après leur remise à l'eau (Rankin et al. 2017). Cependant, les effets de ces coûts sur les populations de sébastes demeurent inconnus.

Le risque de prédation auquel font face les poissons recomprimés est également vraisemblablement différent selon les espèces, ou selon les tailles corporelles au sein d'une même espèce. On a montré que des sébastes aux yeux jaunes marqués mesurant moins de 40 cm affichaient des taux de survie inférieurs et étaient susceptibles de subir une pression par prédation plus élevée après la recompression (Hochhalter et Reed 2011). Nous devons mener

davantage d'études de marquage-recapture ou de marquage acoustique chez des espèces de sébastes si l'on veut mieux comprendre ces risques (Pribyl et al. 2012).

Les taux de survie des sébastes recomprimés qui sont consignés dans la documentation scientifique émanent d'études scientifiques, et les taux de survie lorsque les poissons sont recomprimés par des pêcheurs récréatifs sont vraisemblablement différents. Les différences concernant le degré de stress, les blessures et le taux de mortalité qui en résulte varient selon l'expérience du pêcheur à la ligne qui manipule les poissons et de son degré de sensibilisation à la question de la survie des poissons (Pacific Fishery Management Council 2012). La durée de la manipulation, les blessures causées par les hameçons, la température et le temps passé sur le pont sont tous des facteurs que l'on sait influencer sur la survie, lesquels sont difficiles à gérer dans le contexte d'une pêche récréative. Aucune recherche n'a été menée sur les dispositifs de descente les plus efficaces ou sur la profondeur optimale à laquelle on devrait relâcher les poissons. On manque également d'information sur les taux de survie lorsque les poissons sont capturés dans des pêches autres que la pêche à la ligne et à l'hameçon, comme les pêches au casier ou au chalut. Cependant, la mortalité chez les sébastes qui se tiennent près des côtes résultant de l'utilisation de casiers ou de chaluts est bien plus faible que celle qui est enregistrée au cours de pêches à la ligne et à l'hameçon. D'autres types de blessures associées à ces pêches pourraient influencer sur la survie après la recompression. D'autres lacunes dans nos connaissances concernent l'effet de plusieurs recaptures sur la survie et l'état de santé d'un poisson.

3.2 INFORMATION REQUISE POUR LA GESTION

Il reste maintenant à établir comment incorporer de façon optimale des dispositifs de descente dans la gestion de la pêche récréative. Si nous voulons établir des taux de mortalité appropriés pour leur utilisation dans les actualisations des prises, nous avons besoin de données sur la profondeur à laquelle les espèces sont capturées. À l'heure actuelle, nous ne disposons pas de données sur la profondeur à laquelle les poissons sont capturés dans la pêche récréative, et la capacité des pêcheurs à la ligne à identifier correctement les espèces de sébastes demeure incertaine. Les programmes de surveillance des prises (comme les enquêtes par interrogation des pêcheurs ou les sondages électroniques de l'effort et des prises) devront être élargis de manière à pouvoir recueillir des données sur l'identité des espèces de sébastes remises à l'eau par les pêcheurs, la profondeur à laquelle ces poissons ont été capturés et la proportion de pêcheurs utilisant des dispositifs de descente.

Le PFMC a consenti des efforts pour établir les taux de mortalité de sébastes aux yeux jaunes et de sébastes canaris recomprimés. Cependant, les estimations ne tiennent pas compte de résultats de recherches plus récents sur la mortalité à court et à long terme de ces espèces lorsqu'elles sont capturées en profondeur (Hannah et al. 2014, Rankin et al. 2017), et reposent sur des données recueillies sur des espèces indicatrices, qui pourraient ne pas être appropriées.

La mise en application réglementaire de l'utilisation de dispositifs de descente pourrait, de façon réaliste, être limitée à la possession obligatoire d'un dispositif de descente, comme c'est le cas en Oregon. Il est peu probable que l'utilisation adéquate d'un dispositif de descente puisse faire l'objet d'une mise en application. On a montré que la conformité aux mesures de conservation du sébaste existantes était faible, de même que la connaissance de la réglementation concernant la gestion de la pêche récréative (Lancaster et al. 2015, Haggarty et al. 2016, Lancaster et al. 2017). Ainsi, des programmes de mise en application, de sensibilisation et d'éducation visant à enseigner aux pêcheurs récréatifs comment identifier les sébastes, manipuler adéquatement les poissons et ramener ceux-ci vers les profondeurs seront nécessaires si l'on veut réussir à atténuer les taux de mortalité du sébaste.

4 CONCLUSION

Les espèces de sébastes affichent une certaine résilience dans leur capacité à se remettre d'un barotraumatisme et à survivre après la recompression. Cependant, les effets des barotraumatismes et les taux de survie sont des variables de nature complexe au sein de ce genre de poissons affichant une diversité élevée, et un certain nombre d'incertitudes demeurent. Bien que la recompression augmente le taux de survie des poissons rejetés qui, autrement, ne pourraient pas redescendre et, en conséquence, seraient vulnérables au risque de prédation par des oiseaux et des mammifères, la prise en considération des incertitudes entourant la mortalité à court et à long terme des sébastes que l'on a fait redescendre complique le calcul des estimations de la mortalité. Étant donné l'incertitude entourant les effets à long terme des barotraumatismes à l'échelle des populations, le maintien d'aires de conservation du sébaste fermées à la pêche représente un élément essentiel des plans de conservation et de reconstitution des stocks de sébastes. L'incorporation de l'utilisation volontaire ou obligatoire de dispositifs de descente dans la gestion des pêches récréatives au sébaste exigera beaucoup d'attention, car une incertitude considérable entoure leur efficacité au chapitre de l'atténuation de la mortalité de ce poisson.

5. RÉFÉRENCES CITÉES

- Alexandrina, S., and G. Bernardi. 1999. Ancient Species Flocks and Recent Speciation Events: What Can Rockfish Teach Us About Cichlids (and Vice Versa)? *Journal of Molecular Evolution* **49**:814-818.
- Beaudreau, A. H., and T. E. Essington. 2007. Spatial, temporal, and ontogenetic patterns of predation on rockfishes by lingcod. *Transactions of the American Fisheries Society* **136**:1438-1452.
- Benaka, L. R., L. Sharpe, L. Anderson, K. Brennan, J. E. Budrick, C. Lunsford, E. Meredith, M. S. Mohr, and C. Villafana. 2014. Fisheries Release Mortality: Identifying, Prioritizing, and Resolving Data Gaps. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-142, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service.
- Blain, B. J., and T. M. Sutton. 2016. Reproductive Status and Blood Plasma Indicators of Sex and Gonad Maturation Status for Yelloweye Rockfish Following Barotrauma and Recompression Events. *Transactions of the American Fisheries Society* **145**:1234-1240.
- California Sea Grant. 2008. Bring that rockfish down. *in* C. S. Grant, editor. California Department of Fish and Game.
- Chen, I. 2012. Putting Rockfish Back Where They Belong. *Science* **338**:600-601.
- Eberts, R. L., and C. M. Somers. 2017. Venting and Descending Provide Equivocal Benefits for Catch-and-Release Survival: Study Design Influences Effectiveness More than Barotrauma Relief Method. *North American Journal of Fisheries Management* **37**:612-623.
- Favaro, B., D. T. Rutherford, S. D. Duff, and I. M. Côté. 2010. Bycatch of rockfish and other species in British Columbia spot prawn traps: Preliminary assessment using research traps. *Fisheries Research* **102**:199-206.
- Feathers, M. G., and A. E. Knable. 1983. Effects of Depressurization Upon Largemouth Bass. *North American Journal of Fisheries Management* **3**:86-90.

-
- Frale, B. W., D. Wagman, T. N. Frierson, A. Aguilar, and B. L. Sidlauskas. 2015. A new species of *Sebastes* (Scorpaeniformes: Sebastidae) from the northeastern Pacific, with a redescription of the blue rockfish, *S. mystinus* (Jordan and Gilbert, 1881). *Fishery Bulletin* **113**:355-377.
- Frid, A., M. McGreer, D. R. Haggarty, J. Beaumont, and E. J. Gregr. 2016. Rockfish size and age: The crossroads of spatial protection, central place fisheries and indigenous rights. *Global Ecology and Conservation* **8**:170-182.
- Haggarty, D. R., and J. R. King. 2006a. CPUE as an index of relative abundance for nearshore reef fishes. *Fisheries Research* **81**:89-93.
- Haggarty, D. R., and J. R. King. 2006b. Hook and line survey of lingcod (*Ophiodon elongatus*) and rockfish (*Sebastes spp.*) in southern Strait of Georgia (statistical areas 18 and 19) June 19-29, 2005.
- Haggarty, D. R., S. J. D. Martell, and J. B. Shurin. 2016. Lack of recreational fishing compliance may compromise effectiveness of Rockfish Conservation Areas in British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **73**:1587-1598.
- Hannah, R. W., and K. M. Matteson. 2007. Behavior of nine species of Pacific rockfish after hook-and-line capture, recompression, and release. *Transactions of the American Fisheries Society* **136**:24-33.
- Hannah, R. W., S. J. Parker, and K. M. Matteson. 2008a. Escaping the surface: The effect of capture depth on submergence success of surface-released Pacific rockfish. *North American Journal of Fisheries Management* **28**:694-700.
- Hannah, R. W., and P. S. Rankin. 2011. Site Fidelity and Movement of Eight Species of Pacific Rockfish at a High-Relief Rocky Reef on the Oregon Coast. *North American Journal of Fisheries Management* **31**:483-494.
- Hannah, R. W., P. S. Rankin, and M. T. O. Blume. 2012. Use of a Novel Cage System to Measure Postrecompression Survival of Northeast Pacific Rockfish. *Marine and Coastal Fisheries* **4**:46-56.
- Hannah, R. W., P. S. Rankin, and M. T. O. Blume. 2014. The divergent effect of capture depth and associated barotrauma on post-recompression survival of canary (*Sebastes pinniger*) and yelloweye rockfish (*S. ruberrimus*). *Fisheries Research* **157**:106-112.
- Hannah, R. W., P. S. Rankin, A. N. Penny, and S. J. Parker. 2008b. Physical model of the development of external signs of barotrauma in Pacific rockfish. *Aquatic Biology* **3**:291-296.
- Hochhalter, S. J. 2012. Modeling submergence success of discarded yelloweye rockfish (*Sebastes ruberrimus*) and quillback rockfish (*Sebastes maliger*): Towards improved estimation of total fishery removals. *Fisheries Research* **127-128**:142-147.
- Hochhalter, S. J., and D. J. Reed. 2011. The Effectiveness of Deepwater Release at Improving the Survival of Discarded Yelloweye Rockfish. *North American Journal of Fisheries Management* **31**:852-860.
- Hudson, S. 2015. [How to release bottomfish right: Alleviate barotrauma in bottomfish with these fish descender devices](#). Sport Fishing. Posted June 11, 2015. (consulté le 29 janvier 2019)
- Hyde, J. R., and R. D. Vetter. 2007. The origin, evolution, and diversification of rockfishes of the genus *Sebastes* (Cuvier). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **44**:790-811.
- Ingram, T. 2011. Speciation along a depth gradient in a marine adaptive radiation. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **278**:613-618.
-

-
- Jarvis, E. T., and C. G. Lowe. 2008. The effects of barotrauma on the catch-and-release survival of southern California nearshore and shelf rockfish (Scorpaenidae, *Sebastes* spp.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **65**:1286-1296.
- Lancaster, D., P. Dearden, and N. C. Ban. 2015. Drivers of recreational fisher compliance in temperate marine conservation areas: A study of RCAs in British Columbia, Canada. *Global Ecology and Conservation*:645-657.
- Lancaster, D., D. R. Haggarty, J. Volpe, P. Dearden, and N. C. Ban. 2017. Effectiveness of shore-based remote camera monitoring for quantifying recreational fisher compliance in marine conservation areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **27**:804-813.
- Love, M., M. Yoklavich, and L. Thorsteinson. 2002. *The Rockfishes of the Northeast Pacific*. University of California Press, Los Angeles.
- Matthews, K. R. 1990. An experimental study of the habitat preferences and movement patterns for copper, quillback, and brown rockfishes (*Sebastes* spp.). *Environmental Biology of Fishes* **29**:161:178.
- MPO. 2017. Plan de gestion intégrée des pêches aux poissons de fond de la région du Pacifique, en vigueur le 21 février 2017. Pêches et Océans Canada, 2017, Vancouver (Colombie-Britannique).
- ODFW (Oregon Department of Fish and Wildlife). 2018. Summarized History of Oregon Marine Sport Fishing Regulations – Groundfish, Offshore Pelagic Species and Nongame fish.
- ODFW (Oregon Department of Fish and Wildlife) 2016. [Oregon 2017 bottomfish \(groundfish\) season](#). (consulté le 29 janvier 2019)
- Pacific Fishery Management Council, P. 2012. [Groundfish Management Team progress report on developing mortality rates for rockfish released using descending devices](#). Pacific Fishery Management Council, Portland, OR., Agenda Item I.3. (consulté le 29 janvier 2019)
- Parker, S. J., S. A. Berkeley, J. T. Golden, D. R. Gunderson, J. Heifetz, M. A. Hixon, R. Larson, B. M. Leaman, M. S. Love, J. A. Musick, V. M. O'Connell, S. Ralston, H. J. Weeks, and M. M. Yoklavich. 2000. Management of Pacific rockfish. *Fisheries* **25**:22-30.
- Parker, S. J., H. I. McElderry, P. S. Rankin, and R. W. Hannah. 2006. Buoyancy regulation and barotrauma in two species of nearshore rockfish. *Transactions of the American Fisheries Society* **135**:1213-1223.
- Parker, S. J., P. S. Rankin, R. W. Hannah, and C. B. Schreck. 2003. Discard mortality of trawl-caught lingcod in relation to tow duration and time on deck. *North American Journal of Fisheries Management* **23**:530-542.
- Pribyl, A. L., M. L. Kent, S. J. Parker, and C. B. Schreck. 2011. The Response to Forced Decompression in Six Species of Pacific Rockfish. *Transactions of the American Fisheries Society* **140**:374-383.
- Pribyl, A. L., C. B. Schreck, M. L. Kent, K. M. Kelley, and S. J. Parker. 2012. Recovery potential of black rockfish, *Sebastes melanops* Girard, recompressed following barotrauma. *Journal of Fish Diseases* **35**:275-286.
- Pribyl, A. L., C. B. Schreck, M. L. Kent, and S. J. Parker. 2009. The Differential Response to Decompression in Three Species of Nearshore Pacific Rockfish. *North American Journal of Fisheries Management* **29**:1479-1486.

-
- Rankin, P. S., R. W. Hannah, M. T. O. Blume, T. J. Miller-Morgan, and J. R. Heidel. 2017. Delayed effects of capture-induced barotrauma on physical condition and behavioral competency of recompressed yelloweye rockfish, *Sebastes ruberrimus*. *Fisheries Research* **186**:258-268.
- Richards, L. J. 1986. Depth and habitat distributions of 3 species of rockfish (*Sebastes*) in British-Columbia - observations from the Pisces-iv. *Environmental Biology of Fishes* **17**:13-21.
- Richards, L. J., and A. J. Cass. 1985. [1985 Research catch and effort data on near shore reef-fishes in the Strait of Georgia B.C. \(Statistical Areas 15 and 16\)](#). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1851: 68 p. (consulté le 29 janvier 2019)
- Roach, J. P., K. C. Hall, and M. K. Broadhurst. 2011. Effects of barotrauma and mitigation methods on released Australian bass *Macquaria novemaculeata*. *Journal of Fish Biology* **79**:1130-1145.
- Rogers, B. L., C. G. Lowe, and E. Fernández-Juricic. 2011. Recovery of visual performance in rosy rockfish (*Sebastes rosaceus*) following exophthalmia resulting from barotrauma. *Fisheries Research* **112**:1-7.
- Rogers, B. L., C. G. Lowe, E. Fernandez-Juricic, and L. R. Frank. 2008. Utilizing magnetic resonance imaging (MRI) to assess the effects of angling-induced barotrauma on rockfish (*Sebastes*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **65**:1245-1249.
- Rummer, J. L., and W. A. Bennett. 2005. Physiological Effects of Swim Bladder Overexpansion and Catastrophic Decompression on Red Snapper. *Transactions of the American Fisheries Society* **134**:1457-1470.
- Smiley, J. E., and M. A. Drawbridge. 2007. Techniques for live capture of deepwater fishes with special emphasis on the design and application of a low-cost hyperbaric chamber. *Journal of Fish Biology* **70**:867-878.
- Theberge, S., and S. J. Parker. 2005. [Release methods for rockfish](#). Oregon State University, Corvallis. Oregon Sea Grant Publication, ORESU_G_05-001. (consulté le 29 janvier 2019)
- WDFW (Washington Department of Fish and Wildlife). 2013. [Protecting Washington's Rockfish](#). (consulté le 29 janvier 2019)
- Yamanaka, K., and G. Logan. 2010. Developing British Columbia's Inshore Rockfish Conservation Strategy. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* **2**:28-46.