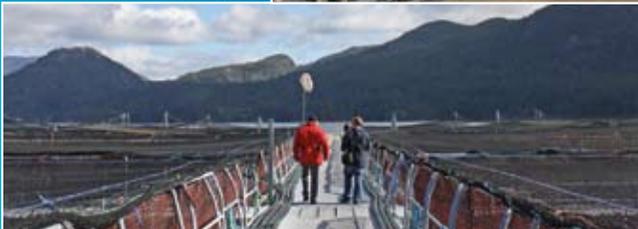




Étude de faisabilité financière de différentes options
de parcs clos pour le secteur de l'

AQUACULTURE

en Colombie-Britannique



Étude de faisabilité financière de différentes options de parcs clos pour le secteur de l'aquaculture en Colombie- Britannique

Rédigée par :

David Boulet, Alistair Struthers et Éric Gilbert

**INNOVATION ET STRATÉGIES SECTORIELLES
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA GESTION DE L'AQUACULTURE
MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS**

Septembre 2010

Clause de non-responsabilité

Ce document ne prétend pas contenir toutes les informations qui pourraient être requises pour évaluer une transaction. Tous les lecteurs devraient effectuer leurs propres analyses indépendantes des occasions d'affaires et des données contenues ou mentionnées dans ce document. Pêches et Océans Canada ainsi que ses directeurs, officiels, employés, affiliés, agents, conseillers ou représentants ne font aucune promesse, prétention ou garantie, explicite ou implicite, quant à l'exactitude ou à l'intégralité des informations contenues dans ce document.

La mention de noms commerciaux ou de marques de commerce dans ce document ne constitue pas ou ne suppose pas leur approbation par Pêches et Océans Canada.

Étude de faisabilité des solutions de parcs clos pour le secteur de l'aquaculture en Colombie-Britannique

TABLE DES MATIÈRES

Résumé général _____	v
Experts consultés _____	viii
Liste des abréviations _____	ix
Objectif _____	1
1.0 Introduction _____	3
1.1 Évaluation technique : Secrétariat canadien de consultation scientifique 4	
1.2 La procédure _____	7
2.0 La méthode _____	8
2.1 Principes d'analyse financière _____	8
2.2 Principaux paramètres de production _____	10
3.0 Les techniques évaluées _____	12
Système 1 : aquaculture avec parcs en filet classiques _____	12
Système 2 : systèmes en parcs clos avec parois rigides _____	13
Système 3 : systèmes en parcs clos avec parois flexibles _____	15
Système 4 : techniques terrestres _____	16
4.0 Scénarios de production détaillés _____	18
4.1 Les cages marines conventionnelles _____	18
4.2 Système d'aquaculture en recirculation (SAR) _____	18
5.0 Hypothèses et conception de modèles pour les cages marines et le SAR 23	
5.1 Hypothèses biologiques _____	23
5.2 Hypothèses techniques _____	28
5.3 Hypothèses économiques _____	29
5.4 Calcul des coûts de production dans le modèle _____	31
5.5 Évaluations des coûts d'immobilisation _____	32
6.0 Résultats _____	34
6.1 Analyse initiale de tous les systèmes de production _____	34
6.2 Analyse détaillée : cages marines conventionnelles et les SAR _____	35
6.2.1 Résultat de la 3 ^e année _____	35

6.2.2	Valeur actualisée nette et investissement _____	38
6.3	Analyse de sensibilité _____	38
6.3.1	Facteurs communs _____	39
6.3.2	Facteurs spécifiques aux SAR _____	43
6.3.3	Impact de changements multiples sur la rentabilité du système ____	47
6.4	Résumé des analyses de sensibilité _____	48
7.0	Conclusion et étapes à venir _____	51
	Annexe _____	53
	Glossaire _____	54
	Références _____	57

Résumé général

Les responsables de la réglementation gouvernementale et l'industrie canadienne de la salmoniculture subissent continuellement des pressions pour réduire les impacts potentiellement négatifs de ce secteur économique sur l'environnement aquatique naturel. Une alternative est actuellement à l'étude : l'aquaculture « en parc clos », une technique qui consiste à enfermer les poissons dans des bassins flottants ou des piscicultures situées sur la terre ferme pour réduire au minimum leur impact sur les eaux avoisinantes.

L'aquaculture en parc clos comprend une gamme de techniques et d'environnements d'exploitation – de l'océan jusqu'aux systèmes de production sur terre – caractérisés par des niveaux variables d'isolement environnemental. Habituellement, plus un système est « fermé », plus sa gestion devient complexe, puisque ses besoins en énergie sont plus grands et que les détritiques peuvent devenir un problème plus aigu.

En raison de cette complexité, le MPO a établi la nécessité d'une analyse complète du potentiel technique et financier de l'aquaculture en parcs clos. Les renseignements obtenus grâce à une telle étude profiteraient à toutes les parties intéressées (gouvernement et industrie, aussi bien qu'aux environnementalistes), en mettant en relief les avantages potentiels de la technologie, en stimulant davantage l'innovation et en déterminant les lacunes, les limites et les risques possibles.

En 2008, le Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) a publié un rapport intitulé *Évaluation des techniques potentielles de salmoniculture en circuit fermé et en eau de mer*. Le rapport identifiait le besoin d'analyser les techniques de parc clos et émettait des recommandations économiques. L'étude actuelle vise à utiliser des outils d'analyse financière pour répondre au rapport du SCCS. Elle se limitera donc aux aspects financiers.

La base de comparaison de cette analyse est le système conventionnel de cages marines, un type d'aquaculture en enclos actuellement utilisé en Colombie-Britannique et dans d'autres régions du Canada, de même que dans le monde entier. Cette analyse comparera les systèmes en se basant sur des conditions de fonctionnement hypothétiques réalistes. Elle *ne* vise toutefois *pas* à fournir aux investisseurs potentiels des données qui pourraient être utilisées pour calculer leurs investissements futurs. Ces analyses financières représentent une entreprise hypothétique utilisant différentes techniques de production basées sur des pratiques acceptées actuellement par l'industrie. Les données ne devraient pas être utilisées pour appuyer des décisions d'investissements futurs, car ce document n'est pas destiné à être un plan d'affaires. Des plans d'affaires doivent

être préparés individuellement pour chaque projet et ils supposent une recherche qui dépasse le cadre de cette analyse financière.

Tous les scénarios décrits dans ce rapport ont été élaborés et analysés dans le cadre de l'environnement d'exploitation actuel de l'industrie aquacole de la Colombie-Britannique (c.-à-d. que tous les frais d'immobilisation et d'exploitation reflètent ceux d'une entreprise de la côte ouest). Des analyses plus approfondies et des adaptations seraient nécessaires pour représenter avec exactitude un environnement d'exploitation différent.

Pour commencer l'étude, le MPO a préparé une évaluation financière préliminaire de tous les types de techniques identifiées par le SCCS. Les résultats indiquent que seulement deux d'entre elles – les cages marines et les systèmes d'aquaculture en recirculation (SAR) – montraient des possibilités de résultats positifs (voir le tableau ci-dessous).

Système	Investissement initial	Résultat 3 ^e année	RCP
1. Cages marines	5 000 716 \$	2 641 147 \$	52%
2b. Rigide - avec aération	23 284 470 \$	-2 125 885 \$	-10%
2c. Rigide - injection d'oxygène	24 004 470 \$	-253 079 \$	-2%
3c. Flexible - injection d'oxygène	29 332 086 \$	-2 041 169 \$	-9%
4a. Installation terrestre - niveau de la mer	72 352 066 \$	-17 417 907 \$	-20%
4b. Installation terrestre - sous le niveau	67 748 173 \$	-13 496 265 \$	-19%
4c. Installation terrestre - injection d'oxygène	19 628 900 \$	-403 142 \$	-4%
4d. Installation terrestre - O ₂ , filtration mécanique	18 858 685 \$	-260 773 \$	-2%
4e. Systèmes d'aquaculture en recirculation	22 622 885 \$	381 467 \$	4%

À partir de cette évaluation préliminaire, le MPO a réalisé des analyses financières plus approfondies, y compris des analyses de sensibilité, sur les cages marines et le SAR. Les résultats démontrent un revenu net positif pour les deux techniques.

Cependant, avec des frais d'immobilisation respectifs de 5,0 M\$ et 22,6 M\$ pour les cages marines et le SAR, l'analyse démontre que les cages marines comportent un avantage certain en matière de revenus avant impôts. Bien que la production en SAR ait démontré son efficacité sur le plan de l'indice de consommation biologique (IC_b), de la thermostabilité et du contrôle environnemental, ses coûts plus élevés en capitaux, en énergie et en main-d'œuvre affectent de manière importante sa rentabilité globale.

L'étude a également démontré que, si les deux techniques sont rentables sur une base pro forma, avec des rendements sensiblement meilleurs dans le cas des cages marines, les techniques de SAR sont susceptibles d'être considérablement plus sensibles aux forces du marché échappant à la volonté de l'opérateur (telles que le taux de change et le prix de vente). Les SAR pourraient donc se révéler non rentable dans une plage de variabilité qu'a déjà connue l'industrie canadienne de la salmoniculture. Ces sensibilités sont dues en grande partie aux importants investissements initiaux requis et aux coûts associés qui s'ensuivent.

Comme pour la plupart des technologies naissantes, les frais d'immobilisation et d'exploitation pourraient diminuer une fois les SAR implantés plus largement. Si les technologies en parc clos atteignent un volume-seuil de production, les exploitants pourraient bénéficier d'économies d'échelle lors de l'acquisition des biens d'équipement; de plus, leur expertise grandissante pourrait contribuer à réduire les frais d'exploitation.

Pour réaliser cette analyse, le MPO a utilisé des coûts des cages marines qui découlent de plusieurs décennies d'expertise et d'une industrie qui profite des avantages d'une masse critique. Il est possible que les systèmes de production basés sur les SAR puissent réaliser des gains semblables, mais l'étendue et l'échéance de ces gains dépassent le cadre de la présente analyse. Il est également possible que certains coûts intangibles (par exemple, l'approbation publique et environnementale) puissent affecter la rentabilité de l'exploitation.

De façon générale, l'analyse a démontré que la technique des SAR est marginalement viable d'une perspective financière, mais qu'elle présente un plus haut niveau de risque que les systèmes de cages marines. Cependant, ces résultats doivent encore être évalués et leurs hypothèses validées par un scénario réel. Les prochaines étapes éventuelles pourraient inclure un projet pilote ou un système de démonstration capable de produire des saumons à des niveaux commercialement viables (par exemple, un module pouvant produire un volume pouvant atteindre des niveaux financièrement réalisables) pour démontrer la faisabilité technique et financière de la salmoniculture en parc clos dans des conditions réelles.

Il faudra également faire une *analyse du cycle de vie* d'une telle installation de démonstration et le comparer à celui de la production dans des cages marines. *L'analyse du cycle de vie* mesure et compare les incidences potentielles des systèmes sur l'environnement. Elle est aussi utilisée pour comparer des impacts écologiques locaux aux incidences de nature plus globale, tels que le changement climatique, l'épuisement des ressources non renouvelables et l'acidification des océans.

Les résultats de telles analyses approfondies permettront de déterminer les prochaines étapes et de guider la politique du gouvernement relative à la salmoniculture en parc clos.

Experts consultés

Le MPO a consulté plusieurs experts afin d'obtenir des points de vue fiables et réalistes sur les hypothèses techniques, scientifiques et financières utilisées dans ce rapport. Leurs contributions ont été d'une valeur inestimable et ont conduit à une amélioration progressive du rapport. Les experts consultés ont offert des points de vue divers sur une variété de sujets; en conséquence, il ne n'a pas toujours été possible d'incorporer toutes les informations reçues.

La révision de ce document par les experts nommés plus bas ne signifie pas nécessairement leur approbation. Les conclusions de cette étude, ainsi que toute opinion différente de celles des pairs qui ont évalué certains articles ou erreurs, demeurent celles de Pêches et Océans Canada. Les auteurs de ce rapport voudraient remercier les personnes suivantes pour leurs contributions :

- Bev Bacon, RDI Strategies
- John Colt, National Oceanographic and Atmospheric Administration
- Wayne Gorrie, PR Aqua
- Brad Hicks, Taplow Feeds
- Barry Hill, NB Department of Agriculture and Aquaculture
- John Holder, JLH Consulting
- KC Hosler, PR Aqua
- David Lane, T. Buck Suzuki Foundation
- John Lawrie, Independent Consultant
- Gary Myers, Myers Consulting
- David Minato, B.C. Salmon Farmers Association
- Michelle Molnar, David Suzuki Foundation
- Pam Parker, NB Salmon Growers Association
- Bill Robertson, Huntsman Marine Science Centre
- Gary Robinson, Independent Consultant
- Myron Roth, B.C. Ministry of Agriculture and Lands
- Ruth Salmon, Canadian Aquaculture Industry Alliance
- Daniel Stechey, Canadian Aquaculture Systems
- Steven Summerfelt, Freshwater Institute
- Michael Timmons, Cornell University
- Mary Ellen Walling, B.C. Salmon Farmers Association
- Andrew Wright, Save Our Salmon

Liste des abréviations

CCT	Coefficient croissance thermique
EAT	Éviscéré avec tête
ETP	Équivalent temps plein
FOB	Franco à bord
IC _b	Indice de consommation biologique
lb/po ²	Livres par pouce carré
LOX	Oxygène liquide
lpm	Litres par minute
MPO	Pêches et Océans Canada
RCP	Rendement des capitaux propres
RCI	Rendement du capital investi
SAR	Systèmes d'aquaculture en recirculation
SCCS	Secrétariat canadien de consultation scientifique
t	Tonne métrique
TRI	Taux de rentabilité interne
VAN	Valeur actualisée nette

Objectif

Tant les responsables de la réglementation gouvernementale que l'industrie canadienne de la salmoniculture subissent des pressions pour améliorer les méthodes de production, afin de réduire les impacts environnementaux négatifs et limiter les interactions potentiellement négatives entre les exploitations aquacoles et l'environnement aquatique. L'« aquaculture en parc clos », technique consistant à enfermer les poissons dans des piscicultures sur terre ou dans bassins flottants, est une alternative de production qui pourrait répondre à cet objectif.

L'aquaculture en parc clos comprend une gamme de techniques et d'environnements d'exploitation (de l'océan jusqu'aux systèmes de production sur terre) caractérisés par des niveaux variables d'isolement et d'interaction environnementale. Habituellement, plus un système est « fermé », plus il devient complexe, puisque ses besoins énergétiques sont souvent plus grands et que les rejets solides peuvent devenir un problème plus aigu.

C'est pourquoi une analyse complète du potentiel technique et financier des technologies des parcs clos s'impose. Les renseignements obtenus profiteraient à toutes les parties intéressées (gouvernement et industrie, de même qu'aux environnementalistes), en mettant en relief les avantages potentiels des technologies, en stimulant davantage l'innovation et en identifiant les lacunes, les limites et les risques possibles. Cette analyse est un processus en deux étapes : 1) un aperçu des technologies existantes et en développement, de même qu'une évaluation complète des aspects techniques et des risques externes des technologies les plus prometteuses; et 2) une évaluation financière des technologies les plus prometteuses identifiées à la première étape.

Le Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) coordonne la révision par les pairs des questions scientifiques pour Pêches et Océans Canada (MPO). Dans le rapport de mars 2008 intitulé *Évaluation des techniques potentielles de salmoniculture en circuit fermé et en eau de mer*, le SCCS avait résumé l'examen d'une série de documents de travail sur ce sujet. Cette récapitulation a constitué la base des avis scientifiques au gouvernement, à l'industrie et à d'autres intervenants au sujet du développement à l'échelle commerciale de la technologie des parcs clos. Le document identifiait un certain nombre de priorités de recherche en économie, technologie, santé des poissons et environnement à prendre en compte par les intervenants.

Le but de cette étude était d'utiliser des outils d'analyse financière pour donner suite aux recommandations économiques du SCCS et pour réaliser une analyse

des techniques de salmoniculture identifiées antérieurement. Dans cette étude, seuls les éléments financiers ont été considérés.

La base de comparaison de cette analyse est le système conventionnel de cages marines, actuellement utilisés en Colombie-Britannique et dans d'autres régions du Canada, de même que dans le monde entier. L'analyse *ne vise pas* à fournir aux investisseurs potentiels des données qui pourraient être utilisées pour appuyer des décisions d'investissements futurs. L'étude a pour but de réaliser une analyse exploratoire de la viabilité commerciale potentielle des techniques de parcs clos et une comparaison préliminaire des systèmes en se basant sur des conditions d'exploitation hypothétiques et réalistes. Les résultats de cette analyse financière pourraient être utiles pour établir les prochaines étapes (par exemple, un projet pilote ou un système de démonstration) et orienter la politique du gouvernement.

Il est important de noter que tous les scénarios décrits dans ce rapport ont été élaborés et analysés dans le cadre de l'environnement d'exploitation actuel de l'industrie aquacole de la Colombie-Britannique (c.-à-d. que tous les coûts des capitaux et les frais d'exploitation reflètent ceux d'une entreprise de la côte ouest). Des analyses plus approfondies et des adaptations seraient nécessaires pour représenter avec exactitude un environnement d'exploitation différent.

1.0 Introduction

La salmoniculture a débuté au Canada au début des années 70 quand les aquaculteurs ont concentré leurs efforts sur deux espèces de saumon du Pacifique : le coho (*Oncorhynchus kisutch*) et le chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*). Mais le centre d'attention est bientôt devenu le saumon atlantique (*Salmo salar*), qui peut se développer plus rapidement en eau salée que le saumon du Pacifique et tolère des densités plus élevées dans les enclos. Bien que la première aquaculture réussie du saumon atlantique ait eu lieu au N.-B. en 1979, la pratique s'est développée beaucoup plus rapidement en C.-B. au cours de la décennie suivante (Anderson, 2007; Robson, 2006).

Le saumon atlantique n'est pas indigène en Colombie-Britannique. Les premiers œufs de saumon importés dans la province sont venus d'Écosse, puis de l'état de Washington. Aujourd'hui, les exploitants canadiens des deux côtes produisent des alevins à partir du stock de géniteurs de leurs propres écloseries, et les salmoniculteurs canadiens élèvent principalement le saumon atlantique, comme c'est le cas dans d'autres régions salmonicoles du monde.

Le saumon influence largement les tendances de l'aquaculture canadienne, représentant 70 % de la production aquacole totale et plus de 80 % de sa valeur. La production s'est accrue à un taux annuel moyen de 7,5 % pendant la dernière décennie. Le Canada arrive au quatrième rang des pays producteurs de saumon d'élevage, avec 8 % de la production, mais il est loin derrière les deux principaux producteurs (le Chili, avec 35 %, et la Norvège, avec 43 %). Après avoir atteint un sommet en 2002, la production canadienne a diminué pendant plusieurs années avant de recommencer sa remontée, atteignant 117 306 t en 2007; cependant, ce niveau de production était toujours de presque 13 000 t de moins que le niveau de 2002. La valeur de la production totale de saumon a augmenté de 236 M USD en 1987 à 744 M USD en 2007. Depuis 2005, la demande croissante et l'offre limitée ont fait augmenter le prix du saumon sur le marché mondial.

La structure industrielle de ce secteur est mixte. Les exploitations salmonicoles sont vastes et intégrées verticalement (GSGislason & Associates Ltd, 2004). L'intégration comprend chacune des quatre phases de la chaîne de valeur de l'aquaculture, à savoir l'éclosion, l'élevage, la transformation et la mise en marché. Les exploitations salmonicoles intégrées élèvent généralement des saumoneaux à partir d'œufs dans leurs propres écloseries, puis transfèrent les saumoneaux vers les enclos d'élevage. Si une société n'exploite pas ses propres installations de traitement, elle confie cette opération à une entreprise spécialisée. Les sociétés de salmoniculture consacrent également des ressources à la recherche et au développement (R et D).

L'élevage en cages marines est la principale méthode de salmoniculture. Presque toutes les cages utilisés au Canada peuvent être regroupés sous le type de cages à gravité¹ (Masser et Bridger, 2007). Les cages marines sont amarrés en tant que groupe, ou flottille, habituellement à des systèmes de grilles d'amarrage submergées.

Lorsque les saumoneaux arrivent des écloséries en eau douce, les producteurs les placent dans les cages marines. Les saumoneaux sont nourris et élevés dans ces cages pendant 15 à 20 mois, jusqu'à ce qu'ils atteignent la taille de capture désirée. L'utilisation de distributeurs automatiques, qui se basent sur les informations fournies par des caméras sous-marines surveillant le comportement alimentaire des poissons et contrôlent la distribution de la nourriture, permet de s'assurer que les poissons ont assez à manger, tout en réduisant au minimum les déchets et l'impact de la charge alimentaire non consommée sur la qualité de l'eau.

1.1 Évaluation technique : Secrétariat canadien de consultation scientifique

En juin 2007, le MPO a mis sur pied un comité directeur, composé de parties intéressées au sens large à l'industrie salmicole, afin d'élaborer des objectifs de révision des techniques en parc clos. Le Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)² a été mandaté pour effectuer un examen technique des parcs clos et pour donner des conseils scientifiques sur son état d'avancement.

Le SCCS a préparé une série de documents de travail sur les techniques de parcs clos pour l'élevage de poissons à nageoires, dont les résultats ont été révisés et discutés lors d'un atelier tenu à Sidney, C.-B., en janvier 2008. Les documents issus de cette démarche approfondie ont servi à informer le MPO, les autres agences et ministères fédéraux, les gouvernements provinciaux, les Premières Nations, l'industrie et les environnementalistes sur le développement des technologies de parcs clos appliqué à la salmoniculture à des fins commerciales.

L'étude avait des objectifs précis (MPO, 2008) :

¹ Les cages à gravité comportent un système de collier extérieur auquel les filets sont accrochés et suspendus dans l'eau.

² Le SCCS coordonne l'évaluation par les pairs des problèmes scientifiques pour Pêches et Océans Canada. Les différentes régions du Canada font leurs propres examens d'évaluation des ressources de manière autonome, en fonction des caractéristiques et des besoins régionaux des parties intéressées. Le SCCS facilite ces processus régionaux, stimulant les normes nationales d'excellence et les échanges et les innovations en matière de méthodologie, d'interprétation et d'intuitions.

1. Définir les forces et les faiblesses des divers systèmes et techniques dans le contexte de leur utilisation potentielle pour l'élevage de saumons en parc clos à une échelle commerciale.
2. Relever les paramètres de rendement et les critères à utiliser pour l'évaluation des concepts, du rendement biologique et écologique, des coûts connexes (dépenses d'investissement et coûts variables) et du soutien logistique à utiliser dans les analyses économiques subséquentes.
3. Établir quels sont les processus nécessaires pour assurer la qualité de l'eau afin d'optimiser la croissance et le bien-être des poissons, tout en limitant les effets sur l'environnement aquatique externe.
4. Consigner par écrit et évaluer les techniques actuelles qui peuvent s'appliquer à chaque processus (composante) et évaluer l'incidence de chaque technique sur la dynamique du système.
5. Fournir un contexte technique pour faciliter l'intégration du système et la planification expérimentale pour la recherche future et les projets pilotes.
6. Élaborer une « analyse des écarts » que l'on pourra utiliser pour évaluer les besoins futurs concernant la recherche sur l'élevage en parc clos.
7. Constituer une base de connaissances sur laquelle on pourra fonder une analyse économique de l'élevage en parc clos.
8. Instaurer un dialogue avec l'industrie, les ONGE, les gouvernements, les Premières nations et les universités.

Après un premier examen de quarante systèmes de parcs clos, le SCCS a analysé en détail cinq types de systèmes de production :

1. les cages marines conventionnelles;
2. les systèmes de parcs clos flottants avec murs rigides;
3. les systèmes de parcs clos flottants avec murs flexibles;
4. les systèmes terrestres en circuit ouvert; et
5. les systèmes d'aquaculture en recirculation sur terre (SAR).

La section 3 de cette étude présente un examen plus détaillé de chaque système de production.

L'évaluation du SCCS a déterminé un certain nombre d'étapes nécessaires pour pouvoir évaluer de façon appropriée le rendement des propositions pour la salmoniculture en parc clos, dont les suivantes. (MPO, 2008) :

1. Examen de tout plan d'affaires proposé pour déterminer les objectifs, la justification et le plan de travail. Le plan d'affaires doit contenir des renseignements de base sur les promoteurs et une analyse de sensibilité des facteurs de marché, y compris les conditions d'exploitation moyennes et non optimales ainsi que les tendances des marchés mondiaux. Le plan d'affaires doit tenir compte des coûts véritables de l'exploitation et doit notamment fournir des preuves de la fiabilité du système, des dispositifs de secours et de l'utilisation de modèles d'affaires actuels et passés

- réalistes ainsi que de la prise en considération des impacts environnementaux.
2. Les propositions doivent être évaluées en fonction des prototypes exposés et doivent préciser les caractéristiques de l'environnement et du site, la technique d'élevage, la source d'eau et les composants du traitement. Un programme de surveillance environnementale précis et exhaustif doit faire partie de toute proposition.
 3. Les propositions doivent être évaluées en fonction du processus et des procédures utilisés dans l'analyse technique, y compris des aspects tels que la stabilité et l'intégrité structurales des enceintes, des systèmes d'amarrage et les processus de construction et de déclassement.
 4. Les propositions doivent être évaluées en fonction des paramètres d'exploitation biologique en cause, lesquels doivent être exposés de façon explicite. Elles doivent décrire le processus qui sera utilisé pour atteindre ces conditions d'exploitation et contenir des détails sur la fiabilité du système, y compris les dispositifs de secours et l'utilisation appropriée de techniques et de pratiques de biosécurité.
 5. Les propositions doivent être évaluées en fonction des pratiques de gestion, d'exploitation et d'élevage prévues.
 6. Les propositions doivent indiquer de quelle façon le projet sera durable. Les facteurs à considérer peuvent inclure, entre autres choses, tous les coûts énergétiques, les émissions de gaz à effet de serre et les coûts environnementaux, évalués à l'aide de l'approche de la comptabilisation des coûts environnementaux.
 7. Les propositions doivent être évaluées en fonction d'une analyse du risque détaillée ainsi que des coûts estimés et des impacts environnementaux prévus.
 8. Toutes les propositions doivent prévoir un budget pour une équipe de surveillance et d'évaluation indépendante et distincte.
 9. L'équipe d'évaluation doit publier à tous les trimestres et chaque année des rapports sur un site Web du gouvernement.

En plus de ces recommandations, le processus du SCCS a déterminé un certain nombre de priorités de recherche dans les domaines des sciences économiques, de la technologie, de l'aquaculture, de la santé et du bien-être, des déchets et d'autres impacts environnementaux.

1.2 La procédure

Dans le cadre des objectifs initiaux du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), une équipe du ministère des Pêches et des Océans (MPO) a entrepris, en novembre 2008, une étude financière des cinq techniques principales (et alternatives ou sous-techniques). Cette équipe a rencontré les parties intéressées pour discuter de l'élaboration d'un modèle d'évaluation financière basé sur les hypothèses et les sources de données de la procédure du SCCS. Un modèle de projet, conçu par Gardner Pinfold Consulting Economists, a été présenté. Cela a conduit à un débat et à l'identification des lacunes et des domaines devant faire l'objet d'un examen ultérieur. Ce modèle a été élaboré en utilisant des principes comptables communément acceptés et intégré à une feuille de calcul MS Excel.

Le Pêches et des Océans Canada (MPO) a présenté un modèle révisé à un groupe d'experts, dont un grand nombre avaient participé à l'examen initial du SCCS, lors d'une réunion des parties intéressées les 24 et 25 mars 2009 à Nanaimo, C.-B. À la suite d'une présentation générale du modèle et d'une discussion technique approfondie, le groupe a établi d'autres domaines à améliorer, tout particulièrement l'élément système d'aquaculture en recirculation (SAR). En raison d'un cycle de production plus court, de nombreuses hypothèses du modèle financier utilisées pour les quatre autres technologies n'étaient pas bien adaptées au système d'aquaculture en recirculation. À l'automne 2009, une nouvelle version du modèle a été élaborée, en intégrant un nouvel élément de système d'aquaculture en recirculation, prenant en compte de nombreux éléments uniques spécifiques à ce système. Plusieurs comités d'experts en la matière, composés de participants issus du gouvernement, de l'industrie et du monde universitaire, ont validé les hypothèses principales utilisées dans le modèle et établi d'éventuels domaines d'incertitude.

Après validation des hypothèses et des suggestions, le MPO a effectué une analyse financière préliminaire et l'a présentée à des experts en la matière. Les résultats de l'analyse préliminaire ont servi de points de discussion pour repérer d'éventuelles lacunes ou erreurs dans les intrants ou extrants du modèle. Un processus itératif a été employé, suivi d'une présentation publique et d'une discussion des résultats (Vancouver, C.-B., 26 avril 2010, et St. John's, T.-N.-L., 19 mai 2010). Il en découle le présent rapport exposant en détail les comparaisons financières entre divers scénarios en parc clos. Une copie du modèle financier (sous forme de feuille de calcul MS Excel) utilisé pour ce rapport est disponible sur demande auprès du MPO.

2.0 La méthode

Cette section expose les méthodes et les bases théoriques utilisées dans l'analyse financière. Elle commence par un bref aperçu des hypothèses sur lesquelles se fonde une analyse financière, suivi d'un résumé des cinq principaux systèmes de production (voir section 3). Elle passe ensuite en revue les paramètres de base du modèle de production du système, ainsi que les informations techniques plus détaillées (hypothèses biologiques, techniques et économiques et coûts des investissements, voir section 4) en se concentrant sur les comparaisons entre les cages marines classiques et les SAR.

2.1 Principes d'analyse financière

Une étude de faisabilité financière consiste en une évaluation du potentiel d'une technique dans un certain contexte de marché et de conditions économiques. Elle doit souvent être effectuée en prenant en compte les contraintes ou les avantages d'une production locale (telles que la disponibilité des sites, la température, etc.) et les critères d'exploitation. Ce rapport ne traite que des conditions d'exploitation applicables à la Colombie-Britannique. Les données de sortie peuvent représenter soit une valeur en dollars (bénéfice net, marge brute, revenu net, valeur actualisée nette), soit une proportion (ratios financiers). Des informations telles que le revenu, le capital de premier investissement, les coûts de fonctionnement généraux, les frais de financement et les autres coûts directs ou indirects (p. ex., dépenses administratives, amortissement, etc.) sont utilisées dans les analyses.

Deux données de sortie importantes utilisées dans l'analyse financière actuelle sont le résultat d'exploitation avant taxes au bout de trois ans et la valeur actualisée nette (VAN). Comme il est difficile d'évaluer les coûts et les revenus à long terme, le résultat au bout de trois ans d'exploitation est considéré comme une bonne approximation du bénéfice qu'un investisseur peut attendre de l'exploitation sur une seule année. Cela est dû au fait qu'après cette période les scénarios pris en compte ont atteint un régime stable de production, c'est-à-dire que les coûts et les revenus se sont stabilisés autour d'une valeur plus ou moins constante pour les années suivantes. Si les coûts financiers ont tendance à varier avec le temps, les revenus et les coûts de fonctionnement varient de manière significative uniquement au cours des deux premières années; ils sont ensuite relativement stables. Le résultat est calculé de la manière suivante :

$$\text{Résultat} = \text{Revenus au site de production} - \text{frais d'exploitation (fixes, main-d'œuvre, liés au volume produit, coûts en moule)} - \text{coûts administratifs} - \text{amortissement constant des actifs} - \text{frais d'intérêt (prêt et ligne de crédit)}$$

L'avantage de cette méthode est qu'elle inclut les coûts assumés tout au long de la vie du projet (dépendance d'immobilisation, financement) dans les résultats annuels.

L'autre donnée de sortie utilisée est la valeur actualisée nette (VAN) des flux de trésorerie. En calculant la VAN d'un projet, on escompte (on ramène à la valeur actuelle) une série de flux de trésorerie nets futurs qui résulteront d'un investissement. L'avantage de cette approche est qu'elle présente une idée globale de la valeur du projet. Cela signifie que tout coût ou revenu survenant pendant la vie du projet est additionné pour calculer son équivalent dans la période actuelle (en tenant compte de l'inflation, par exemple). Un taux d'escompte (taux de rendement requis) de 7 %, semblable à ce qui a été utilisé dans d'autres études de ce type, est utilisé. De plus, le taux de rentabilité interne (TRI), c'est-à-dire le taux d'escompte pour lequel la VAN est nulle, est calculé. Les formules pour calculer la valeur actualisée nette (VAN) et le taux de rentabilité interne (TRI) sont les suivantes :

$$VAN = \sum [Flux_t / (1 + i)^t] - C$$

$$TRI = i \mid \sum [Flux_t / (1 + i)^t] - C = 0 \$$$

Flux_t : L'augmentation ou la réduction nette d'argent comptant se produisant au cours d'une période (\$)

i : Le taux d'escompte retenu pour calculer la VAN ou la valeur de rendement de l'argent (pour cent)

t : La période durant laquelle les flux sont escomptés (en années)

C : Le coût initial du projet

Deux ratios financiers essentiels utilisés dans cette analyse sont le rendement du capital investi (RCI) et le rendement des capitaux propres (RCP). Selon l'application, ces ratios peuvent être calculés légèrement différemment. Dans le cadre de cet exercice :

$$RCI = \text{résultat avant impôts} / \text{capital investi}$$

$$RCP = \text{résultat avant impôts} / \text{total des capitaux propres}$$

Les capitaux propres se rapportent à la dépense d'investissement réalisée par les propriétaires. On suppose que les capitaux propres sont utilisés pour acquérir des biens d'équipement (p. ex., du matériel et des machines) et pour assurer un fonds de roulement tant que l'entreprise ne génère pas de ressources financières suffisantes pour satisfaire ses besoins en trésorerie. On présume que les besoins en trésorerie non couverts par l'investissement en capitaux propres sont satisfaits par le biais d'une ligne de crédit bancaire.

2.2 Principaux paramètres de production

Pour cette analyse, les paramètres généraux de production établis par la procédure du SCCS ont été utilisés afin de maintenir une cohérence entre les scénarios (tableau 1). Le poisson serait stocké à un poids initial de 75 g (soit acheté auprès de fournisseurs extérieurs, soit produit en interne dans le cadre d'une exploitation intégrée de type vertical), puis élevé dans des parcs en filet, des installations flottantes fermées ou des bassins de pisciculture à terre, pour atteindre un poids visé de 5,65 kg. À ce stade, tous les poissons seraient capturés et vendus, en soustrayant du prix du marché les coûts de traitement, d'emballage et de transport. Par conséquent, le prix obtenu sera inférieur au prix du marché franco à bord (FOB) Seattle et dénommé « prix au site de production » dans l'analyse.

Tableau 1. Principaux paramètres de production

Item	Unité	Valeur
Production annuelle totale	t	2 500
Poids initial du saumoneau	g	75
Poids à la récolte	kg	5,65
Durée du projet /Terme de l'emprunt	Années	19
Ratio capitaux propres /emprunt	-	2 : 1

La procédure du SCCS a d'abord établi pour chaque scénario une production totale de 2 500 t tous les deux ans. À ce niveau, on supposait que le potentiel de chaque technologie pouvait être évalué sans omettre de possibles économies d'échelle. Ce niveau de production a ensuite été porté (selon les recommandations de la réunion de mars 2009 à Nanaimo) à 1 250 t par année, pour créer un système de revenus plus conséquent. Cependant, à ce niveau de production, des inquiétudes sont apparues au sujet des économies d'échelle, tout particulièrement en ce qui concerne le potentiel des SAR. Pour résoudre ce problème, l'échelle de l'analyse a été modifiée pour porter sur deux sites produisant 2 500 t chaque année pour les systèmes flottants (y compris les parcs en filet) et sur une installation produisant annuellement 2 500 t pour les installations basées à terre. L'objectif de cette nouvelle approche était de refléter de manière plus précise les modèles de production existants (parcs en filet), tout en prenant en compte des économies d'échelle pour les scénarios de production en parc clos proposés.

L'analyse financière présume que l'investisseur obtiendra un prêt représentant les deux tiers (66 %) de l'investissement nécessaire, en apportant le montant supplémentaire par des capitaux propres. Ce prêt devrait être obtenu à des taux d'affaires standards, ou éventuellement à des taux plus élevés en raison des risques inhérents aux opérations spéculatives dans le domaine des nouvelles technologies. Le MPO admet qu'il est possible d'envisager un grand nombre de

montages financiers pour des projets d'aquaculture. En choisissant d'effectuer un partage entre des capitaux privés et un emprunt bancaire selon les proportions précisées ci-dessus, le MPO cherche à représenter un cas général, avec des niveaux de participation des investisseurs et des organismes prêteurs que l'on rencontre habituellement. Il faut noter que des différences dans ce type de ratio n'influencent pas le rendement du capital investi (RCI) pour une technologie donnée, mais qu'elles ont une incidence sur le rendement des capitaux propres (RCP), car cela modifie le total des capitaux propres. Il est également nécessaire de disposer d'une ligne de crédit pour couvrir les déficits d'exploitation au cours des premières années.

3.0 Les techniques évaluées

Les techniques étudiées ci-dessous et dans les pages suivantes sont basées sur une analyse des systèmes tirée de l'étude sur les techniques réalisée par le SCCS (MPO, 2008), et constituent la base des systèmes de production évalués dans le modèle financier. Le processus du SCCS les a identifiées en raison de leurs rendements potentiellement porteurs d'avenir d'un point de vue technique. Les spécifications techniques de chaque système sont présentées dans l'annexe à la fin de ce rapport³.

Certains des systèmes présentés (p. ex., le système 2 – flottant, paroi rigide; ou le système 3 – parois flexibles flottantes) n'en sont encore pour l'instant qu'à un stade conceptuel ou d'avant-projet; ils n'ont pas encore fait la preuve qu'ils sont techniquement réalisables à un niveau commercial. Certaines des illustrations représentent une interprétation de ce à quoi un système donné pourrait ressembler (par opposition à un système de production réel).

Système 1⁴ : aquaculture avec parcs en filet classiques

La production commerciale de poisson dans des systèmes de parcs en filet a été entreprise au Canada à la fin des années 1970. Aujourd'hui, en Colombie-Britannique, il est courant de déployer des systèmes de cages en acier de 30 m sur 30 m. Dans le cadre de cette étude, le MPO a donc appliqué cette configuration au modèle de base de culture en cage pour effectuer une comparaison avec les autres techniques. Ce scénario de production n'intègre pas d'aération mécanique, ni d'apport supplémentaire en oxygène, ni de gestion des déchets solides dans la conception ou l'exploitation des systèmes. On compte sur les courants naturels pour apporter de l'eau douce oxygénée vers les parcs en filet et dissiper les déchets solubles. Les déchets solides, sous la forme de matières fécales organiques et de moulée non ingérée, se déposent sur le fond de l'océan à proximité du site des cages.

³ Les spécifications et les informations concernant chaque système sont en grande partie fournies par les fournisseurs respectifs et n'ont pas été vérifiées par le SCCS.

⁴ Dans un souci de cohérence, ce rapport utilise la même numérotation que le rapport du SCCS. Lorsqu'un système numéroté est manquant, c'est parce que son scénario n'est pas concrètement réalisable.

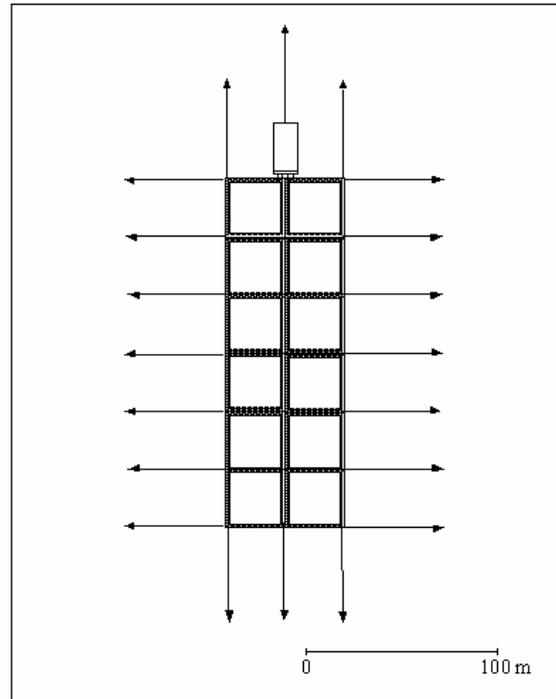


Figure 1. Disposition conceptuelle d'un site de salmoniculture comportant 12 cages (source : Canadian Aquaculture Systems Inc., 2008)

Système 2 : systèmes en parcs clos avec parois rigides

Fondée en 1994, la société Mariculture Systems, Inc., d'Edmonds, Wash., a conçu et breveté le système d'aquaculture SARGO™ en parc clos (voir Figure 2), pour la production intensive de poissons à nageoires dans des environnements d'eau de mer et d'eau douce. Les réservoirs flottants équipés de parois rigides reçoivent une alimentation continue en eau pompée à une profondeur comprise entre 20 et 100 m dans la colonne d'eau environnante. Le système de base se compose de quatre réservoirs assemblés autour de passerelles flottantes et d'une plate-forme de service renfermant les pompes, les commandes, les groupes électrogènes, les appareils d'alimentation, le stockage de la moulée, l'équipement d'alimentation en oxygène, les systèmes de traitement des déchets solides et d'autres équipements auxiliaires. Chaque réservoir fait 20 m de diamètre sur 8 m de profondeur et possède un volume d'élevage d'environ 2 500 m³. Au débit de 28 388 litres par minute (lpm) recommandé par le constructeur, le taux de renouvellement de l'eau est d'environ 88 minutes.

Le système 2a utilise 80 réservoirs Mariculture et fonctionne sur la base d'un système en circuit ouvert. L'alimentation en eau étant la seule source d'oxygène

pour le poisson, le taux de renouvellement de l'eau est donc important. Afin de maintenir pour les poissons les concentrations minimales en oxygène dissous, un débit de 548 000 lpm est nécessaire, ce qui correspond à un taux de renouvellement de moins de cinq minutes. Il est pratiquement impossible d'obtenir un tel débit.

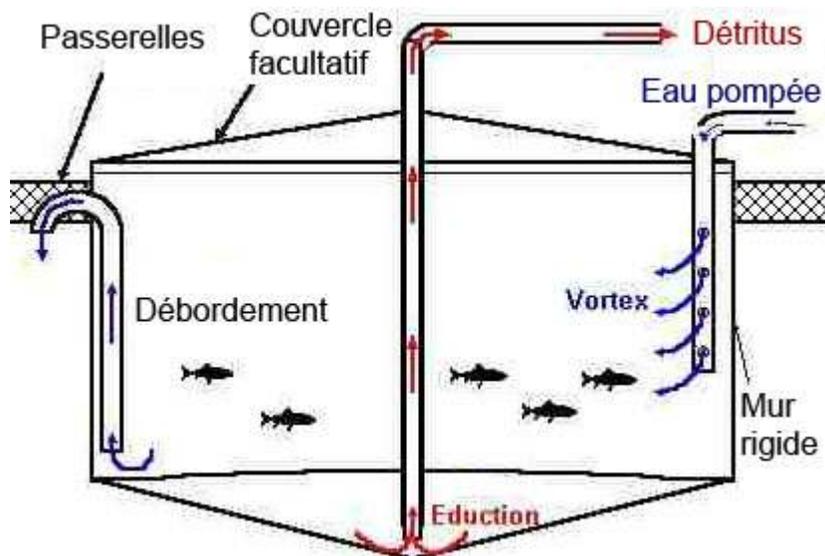


Figure 2. Unité d'élevage de poissons SARGO™ de Mariculture Systems, Inc. - Coupe transversale du réservoir (Utilisé avec la permission de Mariculture Systems, Inc., © 2007)

Le système 2b utilise 48 réservoirs Mariculture et fonctionne sur la base d'un système en circuit ouvert. Pour apporter un complément à l'alimentation en oxygène provenant de l'arrivée d'eau, une aération mécanique introduit de l'air atmosphérique dans le réservoir à l'aide de diffuseurs en céramique à pores de taille moyenne. Dans ce système, les déchets solides sont collectés par un dispositif à double drain qui dirige une petite fraction du flux total vers un drain central au fond. Le flux restant est relativement clair et se déverse dans les eaux environnantes depuis la surface du réservoir. Les flux du drain inférieur vont s'écouler dans des bassins de décantation et de stockage des éléments solides sur site, composés de huit réservoirs supplémentaires (ayant les mêmes dimensions que les réservoirs de production) situés au centre du site de production. Chaque réservoir de décantation/stockage récupère l'eau chargée en éléments solides provenant de six réservoirs de production et évacue l'eau décantée dans les eaux environnantes. L'efficacité de l'élimination des particules de déchets n'a pas été démontrée sur un système de ce type à l'échelle commerciale.

Le système 2c utilise 32 réservoirs Mariculture et fonctionne également sur la base d'un système en circuit ouvert. Pour compléter l'alimentation en oxygène

provenant de l'arrivée d'eau, de l'oxygène liquide est injecté dans l'arrivée d'eau du réservoir par des diffuseurs de bulles ultrafines introduites à une profondeur de 10 à 20 m. Tous les autres aspects techniques sont similaires pour les systèmes 2b et 2c, sauf que dans le système 2c, les réservoirs de décantation reçoivent les eaux provenant de quatre réservoirs chacun au lieu de six.

Système 3 : systèmes en parcs clos avec parois flexibles

La société Future SEA Technologies, basée à Nanaimo, C.-B., a conçu un enclos rond flexible, construit en chlorure de polyvinyle épais, imperméable à l'eau. Les « sacs » SEA System™ sont suspendus dans l'eau par un système de flottaison spécialement conçu (voir Figure 3). Comme l'eau pompée dans les sacs aide à maintenir une pression relativement constante, le sac conserve sa forme. Future SEA fabrique une unité de production standard qui mesure 15 m de diamètre sur 11 m de profondeur, pour un volume d'élevage de 2 000 m³.



Figure 3. Représentation schématique du système SEA de Future SEA Technologies (Utilisé avec la permission de Future SEA Technologies, © 2008)

Future SEA a aussi élaboré un siphon breveté basé sur un concept de double drain d'évacuation concentrique. L'eau claire est évacuée de la partie supérieure du réservoir par un drain central, tandis que les eaux usées chargées d'éléments solides sont recueillies par un drain concentrique au bas du réservoir. En se basant sur des essais en laboratoire réalisés avec des granules de plastique de densité comparable à celle des déjections des poissons et de la moulée non ingérée, Future SEA prétend que son siphon peut éliminer 75 % des éléments solides. Cette technologie est encore au stade de concept et n'a pas encore été développée ou testée à une échelle commerciale.

Future SEA a également conçu des « silos » à déchets où les particules de déchets sont encore plus concentrées et stockées jusqu'à une semaine avant d'être éliminées. Les silos sont vidés dans un bateau de service équipé d'une cale étanche. À quai, le contenu du bateau est pompé dans un camion de pompage des eaux d'égout qui enlève les « boues » pour traitement, compostage ou application sur des terrains dans des habitats adaptés (Future SEA 2007).

Le système 3c⁵ utilise 40 « sacs » SEA System™ Future SEA et fonctionne sur la base d'un système en circuit ouvert. Pour compléter l'alimentation en oxygène provenant de l'arrivée d'eau, des diffuseurs de bulles ultrafines introduites à une profondeur de 10 à 20 m injectent de l'oxygène liquide dans l'arrivée d'eau du réservoir. Les déchets solides sont recueillis à l'aide du siphon breveté de Future SEA, basé sur un concept de double drain d'évacuation concentrique qui dirige une petite fraction du flux total vers un drain central au fond. Le reste de l'écoulement est relativement clair et se déverse dans les eaux environnantes. L'efficacité de l'élimination des particules de déchets n'a pas été démontrée sur un système de cette échelle. Les flux du drain inférieur vont s'écouler dans des bassins de décantation et de stockage des éléments solides sur site. Ceux-ci se composent de huit réservoirs supplémentaires SEA System™ de mêmes dimensions que les réservoirs de production, situés au centre des réservoirs de production. Chaque réservoir de décantation/stockage récupère l'eau chargée en éléments solides provenant de cinq réservoirs de production et évacue l'eau décantée dans les eaux environnantes.

Système 4 : techniques terrestres

Le système 4a utilise 76 réservoirs en béton mesurant 19,5 m de diamètre sur 5,6 m de profondeur, avec un volume d'élevage par réservoir de 1 665 m³. Construit au niveau du sol sur un terrain près de l'océan, on estime à environ 10,5 m la hauteur statique du niveau moyen de la marée au niveau de fonctionnement dans les réservoirs. La tour d'aération de l'arrivée d'eau ajoute 2,4 m supplémentaires en hauteur, portant la hauteur statique totale de ce système à environ 13 m. Le réservoir fonctionne sur la base d'un système en circuit ouvert avec une configuration à un seul drain; tous les effluents du processus doivent donc être traités pour une élimination des solides avant l'évacuation. Les déchets solides de ce système sont collectés dans un bassin de décantation creusé dans le sol, de 555 m de long sur 185 m de large et 2 m de profondeur. Un deuxième bassin est nécessaire pour permettre à un bassin d'être mis hors service pour en assurer le nettoyage.

⁵ La numérotation utilisée dans ce rapport est la même que celle utilisée par le SCCS, afin de maintenir une cohérence entre les rapports. Si un numéro de système est absent, c'est parce que son scénario n'est pas concrètement réalisable.

Le système 4b utilise le même nombre de réservoirs, de même volume, que le système 4a; dans ce scénario, toutefois, les réservoirs sont installés sous le niveau du sol pour réduire la hauteur totale de pompage. On estime à environ 6 m la hauteur statique du niveau moyen de la marée au niveau de fonctionnement dans les réservoirs. La tour d'aération de l'arrivée d'eau ajoute 2 m supplémentaires en hauteur, ce qui porte la hauteur statique totale de ce système à environ 8 m. Tous les autres aspects techniques sont similaires à ceux du système 4a.

Le système 4c utilise 48 réservoirs en béton de taille et de volume similaires à ceux du système 4a. Tous les réservoirs sont installés sous le niveau du sol pour réduire la hauteur totale de pompage; on estime à environ 6 m la hauteur statique du niveau moyen de la marée au niveau de fonctionnement dans les réservoirs. De l'oxygène liquide doit être injecté dans l'arrivée d'eau de chaque réservoir, avec une pression d'entrée d'eau dans le réservoir supérieure à 4 lb/po². Le réservoir fonctionne sur la base d'un système en circuit ouvert, avec une configuration à double drain pour faciliter la gestion des déchets solides. De chaque réservoir, une petite fraction du flux total est évacuée par un drain central au fond, éliminant une grande partie des déchets de particules. Le flux restant est relativement clair et se déverse du système pour être évacué vers le collecteur. L'efficacité de l'élimination des particules de déchets n'a pas été démontrée sur un système de cette échelle. Les flux du drain inférieur sont dirigés vers des bassins de décantation et de stockage des éléments solides sur site mesurant 162 m de long sur 54 m de large et 2 m de profondeur. Un deuxième bassin serait nécessaire pour permettre à un bassin d'être mis hors service pour en assurer le nettoyage.

Le système 4d est identique dans sa configuration (même nombre et même volume de réservoirs) au système 4c, sauf que les flux du drain inférieur sont clarifiés en utilisant des filtres à tambour, ce qui permet de retirer de 65 à 70 % du total des déchets solides et de les concentrer ultérieurement. On prévoit un débit de 400 lpm d'eau chargée en éléments solides provenant de chacun des trois filtres à tambour. L'eau de lavage à contre-courant est traitée pour améliorer l'élimination des particules et dirigée vers des bassins de décantation et de stockage des éléments solides sur site mesurant 36 m de long sur 12 m de large et 2 m de profondeur. Un deuxième bassin serait nécessaire pour permettre à un bassin d'être mis hors service pour en assurer le nettoyage.

Le système 4e, basé à terre, avec un système de recirculation à 98 % basé en grande partie sur une conception AquaOptima, a été proposé par le processus du SCCS. En raison des limites des données disponibles, de stratégies de production différentes, de la conception du modèle initial (voir section 1.2) et des estimations élevées de coûts des investissements initiaux, la conception AquaOptima n'a pas été évaluée par cette étude. À la place, un système d'aquaculture en recirculation basé à terre d'un coût plus modéré a été proposé et évalué; les détails de celui-ci sont présentés à la section 4.

4.0 Scénarios de production détaillés

Sur la base de notre analyse financière préliminaire (voir la section 6.1), seules deux technologies de production, les cages marines et les systèmes d'aquaculture en recirculation (SAR), ont démontré un potentiel économique viable. C'est pourquoi, à compter de maintenant, seules ces deux techniques seront retenues à des fins d'analyses plus exhaustives. Les sections qui suivent étudient plus en détail les systèmes de production et leurs aspects techniques respectifs.

4.1 Les cages marines conventionnelles

Ce scénario compte deux systèmes de 12 cages (voir Figure 1) dont la capacité de production est de 2 500 t chacun, sur un cycle de deux ans. Afin d'obtenir les captures annuelles et les revenus équilibrés attendus, l'empoissonnement des sites s'effectue tous les deux ans. On a émis l'hypothèse que des saumoneaux dans la classe d'âge de 75 g, transférés dans le site marin en octobre et élevés à la température ambiante, atteignent un poids moyen à la capture de 5,65 kg sur une période d'environ 20 mois. Les sites sont principalement situés dans des baies, à l'abri d'intempéries pouvant perturber les activités et endommager les cages. Le système d'alimentation et l'entreposage sont placés sur le site sous la supervision constante du personnel, soit sur place ou sur des sites adjacents. Les poissons sont nourris directement dans les enclos. Seule une petite quantité (environ 1 %) de la moulée n'est pas consommée et est perdue. Le personnel technique et d'entretien se rend sur place par bateau pour faire fonctionner les systèmes d'alimentation et effectuer l'entretien. On doit également acheminer la moulée et les saumoneaux sur le site. Les poissons sont capturés à maturité en un seul lot. Le site est laissé au repos jusqu'à la prochaine introduction de saumoneaux.

4.2 Système d'aquaculture en recirculation (SAR)

Le modèle comprend l'équipement habituel des SAR : les bassins circulaires, les systèmes de gestion des solides à double drain, le biofiltre, les dispositifs d'extraction du dioxyde de carbone, de filtration mécanique et de rayonnement ultraviolet, les pompes de circulation d'eau, le système d'oxygénation, ainsi que les systèmes de traitement à l'ozone et d'alimentation. Le modèle comprend aussi dans chacun des bassins un dispositif de régulation de l'oxygène et du dioxyde de carbone.

En 2008, le MPO a examiné des piscicultures en parc clos, dont plusieurs utilisaient des bassins circulaires. Le modèle financier repose sur ce type de

bassins pour l'exploitation des SAR. Leur rapport diamètre-profondeur est d'environ 4 : 1. Le diamètre maximal des bassins pour une pisciculture de 2 500 t est de 15,4 m. L'installation comprend 30 bassins de production, répartis en 5 modules de production indépendants de 6 bassins chacun (voir Figure 4). Le volume total d'élevage dans les 30 bassins de production est de 21 418 m³, pour une densité moyenne d'empoissonnement est de 50 kg/m³. Le volume d'élevage varie en fonction de la température utilisée. Ainsi, des températures d'eau inférieures exigent un plus grand volume. Le bassin est construit en béton, et le fini de sa surface intérieure est adapté au saumon et à l'eau de mer. L'eau en circulation est assurée d'un approvisionnement suffisant en oxygène et de l'élimination appropriée du dioxyde de carbone, de l'ammoniaque et des matières en suspension qu'elle contient. Il faut compter environ 100 l d'eau d'appoint par kilogramme de production piscicole, en fonction de la quantité d'eau nécessaire pour éliminer les déchets solides.

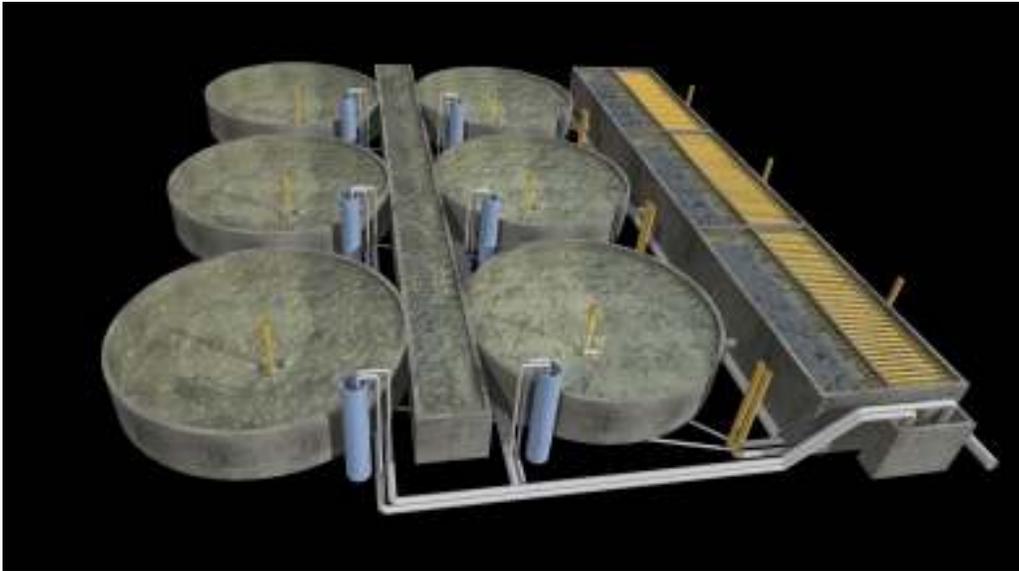


Figure 4. Représentation schématique d'un module de production de poisson

Un drain est situé au centre de chacun des bassins. Un réservoir de récupération des solides se trouve à proximité du drain central, sous le bassin. Le contenu du réservoir s'écoule par intermittence par le drain secondaire, directement dans un bassin de boues résiduaires. Il est préférable de faire s'écouler toute l'eau par le centre du bassin et de la faire passer par le système de traitement d'eau. Le tuyau d'évacuation est conçu pour fournir un débit d'environ 1 l/sec et conserver une faible perte de charge (moins de 0,08 m/30 m de tuyau). L'eau se déverse par gravité vers la chambre de dépôt des déchets solides, qui dispose d'un réglage du niveau d'eau.

La chambre de dépôt des déchets solides possède également des décanteurs à tubes. Les déchets solides sont dirigés vers le bassin de récupération et lavés à

contre-courant par intermittence, au rythme de l'accumulation des déchets, avec l'eau utilisée pour l'élevage des poissons. Ce processus de décantation permet de recueillir la plupart des déchets solides qui ne sont pas éliminés par le drain secondaire et qui sont récupérables. L'eau des bassins de poissons s'écoule doucement par le centre du bassin vers le bassin de décantation adjacent, pour éviter que les particules de déchets solides ne se brisent. L'étape de dégrillage est ainsi évitée, les toiles métalliques augmentant souvent la quantité de petites particules et retenant seulement de 50 à 60 % de la totalité des déchets solides.

L'eau se déverse par gravité à partir du haut de la chambre de dépôt sur un substrat bactérien grâce à des buses de pulvérisation à basse pression. La perte de charge totale à travers le filtre biologique est de 1,4 m plus l'épaisseur du lit filtrant. La pression hydraulique sur le lit filtrant est réglable pour assurer un mouillage et un échange gazeux optimaux. Des soufflantes à rendement élevé distribuent l'air dans la base du filtre biologique, qui dispose de la profondeur d'eau nécessaire pour servir de bassin de refoulement afin d'absorber les montées de pression hydraulique et pour laisser un espace d'air entre l'eau et le substrat de filtration.

L'eau s'écoule par gravité par le bas du filtre biologique à travers un filtre à tamis de 20 µm retenant toutes les matières solides qui ne sont pas recueillies par le décanteur à tubes et les matières du filtre biologique.

La filtration sur tamis et le système de traitement par rayons ultraviolets aident à éliminer les agents pathogènes de l'eau d'appoint à son arrivée. L'eau recirculée est également traitée à l'ultraviolet et à l'ozone. Le traitement par rayonnement ultraviolet est le principal traitement de l'eau avant son arrivée dans le système. Les coûts d'investissement du projet et la demande d'électricité englobent également les coûts de traitement par rayonnement ultraviolet de l'eau en recirculation.

L'eau passe à travers le filtre à tamis, est soumise à l'ultraviolet, puis se dirige vers le bassin de pompage. Les pompes à eau sont dotées de moteurs électriques à rendement élevé (93 % au minimum). Chaque module comprend au moins deux pompes. La redondance des systèmes est importante et elle est assurée par le raccordement de ces pompes à des systèmes séparés de conduites d'eau. Les conduites quittent les pompes à une hauteur qui permet de les acheminer vers les bassins sans variation de niveau. Le diamètre des conduites minimise la perte de charge due au frottement. L'eau en circulation dans chacun des bassins passe par un système d'injection d'oxygène comprenant deux éléments par bassin.

L'oxygène est produit par une technique de séparation des gaz à rendement élevé. Son rendement nominal est de 3,25 kg d'oxygène par kWh. Des tuyaux de diffusion d'air, placés dans chaque bassin, libèrent également de l'oxygène pur en cas d'urgence. Un réservoir d'oxygène liquide (LOX) sert à fournir cet

oxygène d'urgence. Ce réservoir est aussi relié au dispositif de production d'oxygène pour libérer automatiquement de l'oxygène liquide si la pression d'oxygène produit est inférieure à la valeur minimale établie. Cette conduite achemine également tout l'oxygène libéré par la soupape de sûreté d'oxygène liquide.

La gestion des eaux usées a été prise en compte, mais elle n'a pas été déterminée de façon précise, en cas d'éventuelles exigences propres au site. Les coûts relatifs à ce processus ont été quantifiés en coût par tonne de poisson produit. Ce système de production génère des déchets à un débit de 35 m³/h.

Le système peut contrôler la température de l'eau à la valeur choisie et maintenir la concentration en oxygène saturé à 100 %. Le modèle proposé maintient efficacement l'eau à la température désirée et récupère la chaleur dérivée du processus de production. Une chaudière est également prévue afin de répondre aux besoins calorifiques critiques. On s'attend à ce que le refroidissement de l'eau soit aussi important, voire plus important, que son chauffage. La capacité de refroidissement fait partie intégrante du contrôle de la température totale prévu pour la pisciculture. Le renouvellement de l'eau constitue ici une méthode auxiliaire de refroidissement.

Le système de production comprend, dans tous ses aspects essentiels, du matériel redondant ou de rechange, notamment : des pompes à eau, des conduites d'eau, un dispositif d'alimentation d'oxygène, des soufflantes pour l'extraction du dioxyde de carbone, l'alimentation électrique et un dispositif à trois étapes pour la séparation des déchets solides.

Stratégie de production

Le plan de croissance prévoit l'utilisation de saumoneaux de 75 g afin de respecter les prévisions en matière de production et de récolte. La gestion de la production suppose l'empoissonnement régulier de saumoneaux à intervalles d'un mois. Des techniques particulières pour l'élevage de saumoneaux seront requises afin d'assurer le respect de ce calendrier d'empoissonnement. Le plan de croissance des saumoneaux établit que leur élevage doit s'étendre sur deux mois et que leur poids moyen doit atteindre 250 à 300 g avant que le lot de poissons ne soit transféré dans des bassins plus grands. La croissance des poissons se poursuit pendant trois mois, jusqu'à l'atteinte d'un poids de 900 à 1 000 g, après quoi on augmente le nombre de bassins. Le dernier tri s'effectue lorsque le poisson a atteint un poids variant entre 2 000 et 2 500 g, puis l'élevage se poursuit jusqu'à l'atteinte du poids commercial. Le modèle prévoit le matériel et les procédures nécessaires pour le transfert des poissons dans les bassins de production.

Le plan de production prévoit une récolte quotidienne régulière, une fois l'inventaire initial de la biomasse dressé. La première récolte devrait avoir lieu

12 mois après le transfert des saumoneaux dans une eau à température contrôlée de 15 °C.

Empreinte terrestre

La superficie de l’empreinte terrestre totale de l’activité est estimée à 80 900 m² (8,09 ha). En supposant que le projet comprend 30 bassins circulaires de 15,4 m de diamètre occupant environ 40 % de la superficie totale (de l’espace est aussi requis pour l’accès aux bassins, l’entreposage, les bureaux, etc.), l’espace utilisé par le bâtiment est de 13 928 m². Une superficie supplémentaire est requise pour satisfaire à la réglementation de l’environnement et de la construction en lien avec des questions comme l’entreposage, l’accès au site, la distance minimale à respecter par rapport à la propriété adjacente, etc.

5.0 Hypothèses et conception de modèles pour les cages marines et le SAR

La présente étude émet certaines hypothèses quant aux paramètres et aux coûts de l'activité, qui permettent d'étayer les comparaisons établies entre les techniques. Plusieurs comités d'experts ont examiné ces hypothèses et, à notre avis, les conditions d'utilisation de ces méthodes de production s'appuient sur des données réalistes. Beaucoup de ces hypothèses sont de nature financière, mais certaines autres, essentielles sur les plans biologique et technique, font aussi partie du modèle. Les hypothèses qui ont le plus d'incidence sur les performances du modèle sont résumées au tableau 2 et discutées plus bas.

5.1 Hypothèses biologiques

Les hypothèses sur le plan biologique sont essentielles à l'analyse, car elles déterminent le rendement des poissons dans des conditions d'élevage données. Les trois principales hypothèses ont trait à l'indice de consommation biologique, au coefficient de croissance thermique et à la mortalité.

IC_b

L'indice de consommation biologique, à savoir la proportion de nourriture absorbée et transformée en chair, a une incidence importante sur la quantité de moulée nécessaire et, par conséquent, sur les coûts totaux d'alimentation engendrés par le cycle de production. On a établi la valeur de 1,27 comme représentative de la norme actuelle de l'industrie pour la production en cages marines. En raison des contrôles environnementaux accrus et de la nécessité d'utiliser de la moulée de meilleure qualité, on a établi à 1,05 la valeur pour le SAR. La pratique courante veut que de nombreuses installations de recirculation utilisent de la moulée spécialement conçue pour maximiser la croissance du poisson, pour empêcher la dégradation rapide de la moulée, ainsi que pour améliorer l'uniformité et la durabilité des boulettes fécales pour l'enlèvement des matières solides. Il est envisageable que des valeurs plus faibles (par exemple, 1,0) puissent être atteintes, mais le MPO a préféré utiliser, aux fins de la présente analyse, une valeur légèrement plus prudente (1,05). L'incidence de la variabilité de l'indice de consommation biologique est examinée dans la section « Analyse de la sensibilité ».

CCT

Le coefficient de croissance thermique est un élément important de la formule de croissance utilisée dans le modèle. Il établit un lien direct entre la croissance et la somme des températures quotidiennes de l'eau sur une période donnée

(exprimée en degrés-jours). Son effet sur la durée du cycle de production a d'importantes répercussions sur la structure des revenus, en particulier pour le SAR. Si on arrive à réaliser un cycle de 12 mois avec des coefficients de croissance plus élevés, les revenus seront conformes aux cibles annuelles de 2 500 t à la base de l'analyse.

Tableau 2. Hypothèses biologiques, techniques et économiques utilisées dans le modèle

Item	Description	Unité	Cages marines	Source	SAR	Source
Biologique						
Indice de consommation biologique	Conversion de la moule en chair	-	1,27	CE	1,05	MPO
Coefficient de croissance thermique	Coefficient utilisé dans l'équation de croissance	-	2,7	T et F	2,7	T et F
Pertes d'inventaire par cohorte	Pertes d'inventaire totales pour une cohorte	%	~10	SCCS	7,0	CE
Technique						
Température	Température d'élevage en bassin ou en cage	°C	7,74 - 10,41	SCCS	15	CE
Densité moyenne d'élevage	Densité moyenne durant le cycle de production	kg/m ³	15	SCCS	50	CE
ETP						
Personnel de gestion		-	2	CE	4	CE
Maintenance		-	1	CE	-	CE
Techniciens		-	7	CE	14	CE
Énergie						
Électricité		kWh/cycle	-		7 260 205	Myers
Électricité (génération au diesel)		kWh/cycle	542 640	SCCS	-	
Essence		l/cycle	720	SCCS	-	
Propane		kg/cycle	2 333	SCCS	-	
Hypothèses spécifiques au SAR						
Espace des bassins	Espace occupé par les bassins dans la bâtisse	%	-		40	Myers
Suppression d'ammoniac par le biofiltre		kg/m ³ /jour	-		0,0375	Myers
Production d'ammoniac		% du poids en moule	-		3	Myers
Charge nécessaire à la circulation		m	-		8	Myers
Profondeur du lit filtrant (biofiltre)		m	-		1	Myers
Ratio de conversion du gaz en liquide		-	-		7	Myers
Taux de suppression du CO ₂		% CO ₂ dissout	-		90	Myers
Taille des ouvertures (baril de filtration)		Microns	-		21	Myers
Nettoyage du filtre à tambour		%	-		25	Myers
Charge nécessaire au pompage extérieur		m	-		100	Myers
Consommation d'O ₂ par les poissons		kg O ₂ /kg de moule	-		0,46	Myers
Taux de dissolution d'O ₂		%	-		90	Myers
Concentration de CO ₂ dans l'eau		mg/l	-		14	Myers
Besoins en ozone		g/kg de moule	-		20	Myers
Chauffage des installations		btu/m ²	-		300	Myers
Remplacement de l'air ambiant		Échanges/heure	-		2	Myers
Espaces des bassins		-	-		30	Myers
Épaisseur du plancher en béton		m	-		0,15	Myers
Épaisseur de la paroi des bassins		m	-		0,4	Myers
Remplacement de l'eau	Taux de remplacement calculé	Minutes/échange	-		106	

Item	Description	Unité	Cages marines	Source	SAR	Source
Économique						
Revenus						
	Obtenu à partir des hypothèses suivantes (prix à la ferme)					
Prix de vente du saumon	Prix de vente FOB Seattle	USD \$/lb	2,60	CE	2,60	MPO
Éviscération		\$/kg	0,40	CE	0,40	CE
Emballage		\$/kg	0,16	CE	0,16	CE
Transport		\$/kg	0,11	CE	0,11	CE
Commission		%	5,0	CE	5,0	CE
Taux de change		USD/CAD	0,95	BDC	0,95	BDC
Prix à la ferme		\$/kg	5,05		5,05	
Loss to HOG weight		%	17	CE	17	CE
Coûts administratifs						
	Incluent le personnel administratif	\$/kg vivant	0,21	MPO	0,21	MPO
Autres coûts fixes						
Valeur assurée	Valeur assurée en cas de pertes d'inventaire	% des coûts	70	CE	70	CE
Assurance inventaire	Frais d'assurance lié à la valeur assurée	% de la valeur assurée	3	CE	3	CE
Maintenance		% de l'immobilisation	6	CE	1	CE
Traitement des déchets		\$/t vivant	N/A	CE	50	CE
Autres (assurance-incendie incluse)		\$/année	13 060	G et P	245 081	Myers
Coûts variables						
Main d'œuvre						
Gestion	Obtenu à partir des ETPs et des hypothèses suivantes	\$/semaine	1 200	CE	1 200	CE
Maintenance		\$/semaine	1 150	CE	1 150	CE
Techniciens		\$/semaine	800	CE	800	CE
Avantages sociaux		% of wages	35	CE	35	CE
Logement des travailleurs		\$/année	30 000	CE	N/A	CE
Coût en moulée	Obtenu à partir de l'IC _b , de la croissance, de l'inventaire et du prix de la moulée	\$/t	1 200	MPO	1 500	MPO
Prix de la moulée		\$/t				
Coûts associés à la production						
Électricité	Obtenu à partir de la consommation d'énergie, de l'inventaire et des hypothèses suivantes	\$/kWh	0,07	BCH	0,07	BCH
Électricité (génération au diesel)	Prix de l'électricité lorsque générée au diesel	\$/kWh	0,25	ACE	0,25	ACE
Essence		\$/L	1,39	RNCAN	1,39	RNCAN
Propane		\$/L	0,77	RNCAN	0,77	RNCAN
Oxygène liquide	Prix pour les besoins exceptionnels (recirculation)	\$/kg	-		0,25	Myers
Prix du saumoneau (vacciné)		\$/saumoneau	2,00	CE	2,00	MPO
Location d'équipement		\$/poisson/mois	0,0038	G et P	-	
Plongeurs		\$/poisson/mois	0,0082	G et P	-	
Financement						
Taux d'intérêt sur le prêt	Intérêts sur le prêt et sur la marge	%	7,0	MPO	7,0	MPO
Taux d'intérêt sur la marge	Taux d'intérêt sur le prêt initial	%	9,0	MPO	9,0	MPO
	Taux d'intérêt sur la marge due au déficit d'exploitation	%				

Légende du tableau 2 :

ACE : Association canadienne de l'électricité – www.electricity.ca/accueil.php/lang=FR
 BCH : Tarif affaires de B.C. Hydro – http://www.bchydro.com/youraccount/content/business_rates.jsp
 (consulté le 15 février 2010)
 BDC : Cours USD/CAD de la Banque du Canada à midi – www.bank-banque-canada.ca/fr/index.html
 (consulté le 15 février 2010)
 CE : Comité d'experts
 G et P : Gardner Pinfold Consulting
 MPO : Ministère des Pêches et Océans
 Myers : Myers Consulting, communication personnelle
 RNCan : Ressources naturelles Canada – nrcan.gc.ca/eneene/focinf-fra.php (consulté le 16 février 2010)
 SCCS : Secrétariat canadien de consultation scientifique
 T et F : Thorarensen et Farrell, 2008

Si les coefficients de croissance thermique sont plus bas, il faudra allonger le cycle de production pour atteindre l'objectif de production de 2 500 t. Cette solution aura une incidence sur la capacité d'élevage totale, dans la mesure où l'on souhaitera maintenir des récoltes mensuelles constantes. Aux fins du présent exercice de modélisation, et en se fondant sur les résultats de Thorarensen et Farrell (2008), un coefficient de croissance thermique de 2,7 a été établi, tant pour les cages marines que pour le SAR.

Compte tenu du contrôle élevé que l'on peut exercer sur les paramètres de qualité de l'eau dans l'exploitation des SAR, le MPO a émis l'hypothèse que l'on pourrait atteindre des coefficients de croissance thermique plus élevés dans ces systèmes de production, ce qui réduirait légèrement la durée du cycle de croissance. Toutefois, aux fins du présent exercice de modélisation, l'étude s'en tient à des estimations plus prudentes, conformes aux valeurs publiées. En se fondant sur un coefficient de croissance thermique de 2,7, la durée du cycle de production pour le SAR serait de 12 mois et celle des cages marines, de 20 mois. En se fondant également sur un milieu de croissance contrôlé et maintenu à une température constante de 15 °C pour le SAR, et compte tenu des performances actuelles de l'industrie en milieu d'eau salée, la durée du cycle prévu pour le SAR ne semble pas exagérément optimiste par rapport à celle des cages marines. Il est important de noter qu'un changement d'un mois du cycle de production n'a pas d'effet sur la rentabilité des cages marines et n'affecte que très peu le SAR.

Mortalité

La mortalité durant le cycle entier de production était estimée à 10 % pour la production à partir des cages marines, selon l'examen du SCCS (MPO, 2008) et la consultation d'experts en la matière. Le modèle calcule une valeur de mortalité tous les 15 jours; on observe une mortalité plus élevée pendant la période initiale de croissance, entraînant un taux de mortalité de 10 % durant le cycle complet de production. La mortalité dans le SAR a été établie à 7 %, avec 50 % survenant durant les deux premiers mois de production, le reste étant réparti également entre les mois de production suivants. Les conséquences de cette

différence de taux de mortalité sont examinées dans la section traitant de l'analyse de sensibilité.

5.2 Hypothèses techniques

Température

Pour la production dans des cages marines, les valeurs de température d'eau utilisées étaient celles établies par l'examen du SCCS (MPO, 2008). Elles reflètent la valeur moyenne des températures de l'eau en C.-B. Pour cet exercice de modélisation, les valeurs variaient de 7,74 à 10,41 °C. Une température constante de 15 °C a été attribuée au SAR. Les conséquences de différences de température de l'eau dans le cas du SAR sont examinées dans la section traitant de l'analyse de sensibilité.

Densité d'empoissonnement

Pour la production dans des cages marines, une densité d'empoissonnement maximale de 15 kg/m³, selon les pratiques normales de l'industrie, a été utilisée. Pour le SAR, une biomasse moyenne de 50 kg/m³ a été choisie, après consultation d'experts en la matière. On a estimé que la biomasse moyenne pourrait s'élever jusqu'à 80 kg/m³, mais aux fins de cet exercice de modélisation, une valeur plus conservatrice a été utilisée. Une analyse de sensibilité avec densité d'empoissonnement variable a également été réalisée.

Main d'œuvre

Les besoins en main-d'œuvre des systèmes de production avec cages marines ont été déterminés selon les normes établies par l'industrie, après consultation d'experts en la matière. Les cages marines requièrent les équivalents temps plein suivants (ETP) : deux gestionnaires, un employé d'entretien et sept techniciens. Les systèmes de production en recirculation exigent les ETP suivants : quatre gestionnaires et quatorze techniciens. Il n'y a aucun employé d'entretien, car on suppose qu'au moins un des experts gestionnaires sera formé pour gérer tous les problèmes techniques des installations. Un plus grand nombre de techniciens est également nécessaire à cause de la nature plus technique des SAR. Pendant le jour, sept techniciens et deux gestionnaires seront présents sur le site. Pendant la nuit, deux techniciens seront présents. Dans le but d'assurer une présence continue (24 heures sur 24, 7 jours par semaine), des ETP additionnels seront requis, trois techniciens et deux gestionnaires pour le jour et deux techniciens pour la nuit.

Énergie et éléments spécifiques au SAR

Les besoins en énergie et les intrants spécifiques aux SAR sont présentés au tableau 2. Ces chiffres sont établis à la fois d'après l'étude du SCCS (MPO, 2008) et à la suite de consultations avec des experts en la matière.

Imprévus

Un pourcentage du total partiel d'immobilisation, 10 % dans le cas de la production dans des cages marines et 20 % pour le SAR, a été réservé pour permettre de faire face aux frais d'immobilisation inattendus d'un projet donné. On a estimé que ces imprévus seraient plus importants pour le SAR, dû au niveau plus élevé d'incertitude liée à de tels projets.

5.3 Hypothèses économiques

Le modèle intègre plusieurs hypothèses économiques, certaines ayant un plus grand impact sur la rentabilité du système à cause de leur importante variabilité. Les principales hypothèses économiques sont exposées ci-dessous.

Taux de change

Le taux de change a été fixé à 0,95 USD (dollar américain) pour un CAD (dollar canadien), selon les taux en vigueur au moment de l'analyse. Une analyse de sensibilité utilisant des taux de change variables a été exécutée et son impact sur la rentabilité a été évalué.

Prix de vente FOB Seattle

Dans le modèle, le prix de vente est défini par l'utilisateur. Le prix de vente du saumon Franco à bord (FOB) utilisé dans cette analyse a été fixé à 2,60 USD/lb (5,05 USD/kg). Il a été choisi afin de représenter une valeur moyenne à laquelle le producteur peut s'attendre au cours de la durée du projet. La valeur moyenne est différente de la valeur quotidienne, parce qu'elle est moins variable et représente plus efficacement le potentiel financier d'un scénario de production donné. Pour cette analyse, les valeurs historiques de cinq ans, de 2006 à 2010 (1,87 USD/lb à 3,87 USD/lb), ont été utilisées pour fixer le prix moyen (2,60 USD/lb). En dépit de l'augmentation actuelle du prix moyen (Urner Barry chez COMTELL, 2010), beaucoup d'observateurs et d'experts de l'industrie s'attendent à ce que le prix diminue au cours des prochaines d'années, après le retour à la normale de la production chilienne.

Des experts en la matière (voir la liste à la page xiii) estiment que les poissons produits en SAR pourraient valoir environ 0,33 \$/kg de plus que les poissons

élevés dans des cages marines, les SAR étant perçus comme une méthode de production plus écologique. Dans le cas du saumon atlantique élevé en SAR, le peu d'expérience accumulée suggère que, pour l'instant, cela demeure une hypothèse; en conséquence, un même prix de vente a été utilisé pour les deux systèmes. Une analyse de sensibilité utilisant des prix de marché variables a été exécutée pour évaluer leur impact sur la rentabilité.

Prix de la moulée

Un autre aspect économique important est le prix de la moulée. Pour la production dans des cages marines, l'étude a utilisé une norme de l'industrie : 1 200 \$/t (incluant le transport). Pour le SAR, un coût de 1 500 \$/t (incluant le transport) a été utilisé. Ce montant plus élevé correspond à un mélange particulier d'ingrédients qui maximise la croissance, résiste à la décomposition rapide et améliore la consistance et la durabilité des granules fécaux, ce qui facilite l'élimination des solides. Selon l'emplacement du SAR, le coût de transport de la moulée pourrait être inférieur à celui des sites aquacoles situés en mer, mais cela n'a pas été pris en compte dans ce modèle général. Une analyse de sensibilité utilisant des prix variables pour la moulée a été exécutée pour évaluer leur impact sur la rentabilité.

Coût des saumoneaux

L'analyse a utilisé un coût de saumoneau de 2,00 \$ pour les deux systèmes de production, selon les normes de l'industrie. On estime que les coûts de saumoneaux pour le SAR pourraient être réduits de 0,40 \$/saumoneau sans la vaccination. Toutefois, il n'existe actuellement pas de marché libre et compétitif pour les saumoneaux en C.-B., tous les saumoneaux étant produits par des sociétés intégrées verticalement. Il est donc peu probable qu'une éventuelle installation de SAR puisse acheter, dans les écloséries existantes, des saumoneaux à prix réduit. S'il est possible qu'une exploitation de SAR puisse être intégrée verticalement à l'avenir (en supposant qu'une société ou une industrie atteigne la masse critique), il est encore trop risqué ou prématuré pour utiliser de telles conditions d'exploitation dans le cadre de cette étude. Une analyse de sensibilité avec des coûts variables de saumoneaux a été réalisée.

Amortissement

Une méthode d'amortissement constant a été utilisée pour évaluer les réinvestissements nécessaires et les flux nets de trésorerie pendant la durée du projet.

Dans le modèle, l'étude a utilisé l'amortissement constant (au lieu des déductions pour amortissement et des calculs d'impôt sur le revenu) pour évaluer le coût des actifs amortissables. En conséquence, l'impôt n'a pas été inclus comme coût

dans cette analyse. Il est donc important de remarquer que toutes les valeurs présentées dans cette analyse n'incluent pas l'impôt sur les sociétés.

5.4 Calcul des coûts de production dans le modèle

Dans le modèle de croissance prévue des poissons, la ration alimentaire est calculée au moyen d'un indice de consommation (IC_b), d'un prix de la moulée saisi par l'utilisateur, du poids moyen des poissons au commencement et à la fin de la période et du nombre des poissons. (Les trois dernières valeurs sont déterminées par le modèle à chaque période.) Une certaine quantité de moulée est également considérée comme perdue, puisqu'une partie n'est pas mangée ou bien est absorbée par les poissons qui meurent au cours de la période. Cette perte a été établie à 1 % pour les deux systèmes de production. Le calcul du coût de la moulée utilise la formule suivante (MPO, 2008) :

Coût de la moulée = nombre de poissons * Δ de poids * IC_b * (1 + pourcentage de mortalité) * prix de la moulée

Le poids des poissons est calculé comme suit (MPO, 2008) :

$Poids_t = (Poids_{t-1}^{1/3} + \text{Température} / 1000 * \text{constante de croissance} * \text{pourcentage de croissance} * \text{jours dans la période})^3$

Pour les cages marines, les coûts variables associés à la production incluent l'énergie, les plongeurs, l'achat de saumoneaux et la location d'équipement. Ces coûts dépendent tous du nombre de poissons dans l'enclos à tout moment, sauf les coûts d'énergie, établis selon l'analyse du SCCS (MPO, 2008) et reliés au poids cible total. Les coûts de production en SAR comprennent l'achat de saumoneaux (basé sur le poids cible total, le poids initial et final des poissons, ainsi que sur le taux de mortalité) et les coûts d'énergie, qui sont calculés par le modèle et selon les données fournies par des experts en la matière.

Les coûts fixes (à l'exclusion des coûts administratifs) sont calculés dans des sections différentes pour les cages marines et le SAR. Ils incluent des éléments tels que la gestion des déchets, l'assurance des bâtiments et l'entretien. Certains peuvent ne s'appliquer qu'à certains systèmes de production (p. ex., les coûts de licence et d'emplacement, les paiements du bail des cages marines), ou sont compris dans une catégorie « autre » plus générale (p. ex., les frais de téléphone et de transport pour le SAR). Les coûts administratifs englobent tous les frais généraux (c.-à-d. les services de comptabilité, la publicité et les promotions, les honoraires du service de la paie, les frais bancaires, l'implication dans la communauté, les frais de divertissement, les services de nettoyage et d'entretien, les frais de gestion, les frais de participation aux réunions du conseil d'administration, les frais d'adhésion ou d'abonnement, les fournitures de bureau, l'impôt sur la masse salariale, la formation et les déplacements) et le personnel administratif. L'impôt foncier est également inclus, à un taux de 3 %.

Les revenus sont calculés après soustraction des frais d'emballage, de traitement, de transport et de l'escompte sur ventes du prix FOB Seattle déjà converti de USD en CAD pour obtenir le prix au site de production. Le poids total de poissons est transformé en poids éviscéré avec tête (EAT) avant le calcul des revenus. Avec un prix de vente FOB de 2,60 USD/lb (6,01 CAD/kg), le prix au site de production, après avoir soustrait les coûts énumérés ci-dessus, est de 5,05 CAD/kg. On obtient donc pour cette analyse une différence de 0,96 \$/kg entre le prix de vente et le prix au site de production. Dans cette différence, 0,67 \$/kg correspondent aux coûts de capture, qui englobent l'éviscération, l'emballage et le transport.

5.5 Évaluations des coûts d'immobilisation

En tenant compte de toutes les hypothèses liées aux investissements requis par les cages marines et le SAR, le tableau 3 présente les coûts d'immobilisation de même que la vie utile des principaux composants. Les valeurs utilisées sont calculées à partir des normes de l'industrie et ont été validées par des experts en la matière.

Les coûts d'immobilisation d'une installation de cages marines sont évalués à 5 000 716 \$ (incluant 10 % d'imprévus, soit 454 611 \$). Parmi les éléments d'immobilisation importants, mentionnons les filets (3 360 000 \$), les installations du rivage et leur préparation (350 000 \$), ainsi que le système d'alimentation (333 900 \$). Les coûts d'immobilisation s'élèvent à 2 000 \$/t de production.

Les coûts d'immobilisation d'une installation d'aquaculture en recirculation sont évalués à 22 622 885 \$ (incluant 20 % d'imprévus, soit 3 770 481 \$). Parmi les frais d'immobilisation importants, mentionnons le terrain (1 800 000 \$), les bassins de production (1 593 392 \$), les filtres à tambour (1 883 047 \$), le biofiltre (2 625 845 \$), la tuyauterie (1 207 081 \$), les pompes (1 255 364 \$), le bâtiment (2 263 341 \$), le stérilisateur aux ultraviolets (2 243 964 \$) et le substrat de décantation (1 274 678 \$). Les coûts d'immobilisation s'élèvent à 9 049 \$/t de production.

Tableau 3. Évaluations des coûts d'immobilisation

Cages marines

2 000 \$ /t

Composante	Description	Unités	Coût	Coût total	Vie utile*	Amortissement (linéaire)	
Site et préparation	Estimé	2	175 000 \$	350 000 \$			
Système d'enclos en filet	30m x 30m Wavemaster	24	140 000 \$	3 360 000 \$			
<i>Filets et dispositif d'amarrage (30% des coûts du système)</i>							
Génératrice de rechange	100 kW Kohler	1	10 190 \$	10 190 \$			
Chariot élévateur	Modèle Yale GLC050	1	7 015 \$	7 015 \$			
Entrepôt à moulée	AKVA	1	50 000 \$	50 000 \$			
Système d'alimentation	AKVA	2	166 950 \$	333 900 \$			
Bateau de service et de transport	Jackson Craft	1	135 000 \$	135 000 \$			
Équipements de pisciculture divers > dispositif d'alimentation, système de contrôle, etc.		2	150 000 \$	300 000 \$			
Sous-total				4 546 105 \$			
Imprévus (10 %)				454 611 \$			
Estimé du coût d'immobilisation				5 000 716 \$			
						Total	675 561 \$

Systèmes d'aquaculture en recirculation

9 049 \$ /t

Composante	Description	Coût total	Vie utile*	Amortissement (linéaire)	
Terrain 8,09 ha (20 acres)	90 000 \$/acre - Avison Young	1 800 000 \$			
Préparation du site		200 000 \$			
Bassin d'élevage	Béton au coût approx. de \$400/m3	1 593 392 \$			
Filtre à tambour	PRAqua	1 883 047 \$			
Biofiltre et matériel granulaire	LS Enterprises - bassin en béton ¹	2 625 845 \$			
Système de plomberie	Tuyaux HDPE	1 207 081 \$			
Pompes intérieures		1 255 364 \$			
Pompe extérieure	Pompes verticales pour eau salée ²	7 886 \$			
Bâtisse isolée	Structure en acier ³	2 263 341 \$			
Échangeur d'air pour la ventilation		289 708 \$			
Chaudière électrique		108 640 \$			
Échangeurs de chaleur	Échangeurs de chaleur à plaques et cadres pour l'eau ⁴	65 421 \$			
Génératrice à oxygène	Air Liquide pour systèmes de grande dimension ⁵	599 151 \$			
Génératrice à ozone	Ozonia ⁶	562 681 \$			
Stérilisateur UV	Ozonia ⁶	2 243 964 \$			
Filtre à tambour (entrée d'eau)		17 929 \$			
Décanteur à tubes	LS Enterprises	1 274 678 \$			
Génératrice de rechange		177 776 \$			
Chariot élévateur		7 000 \$			
Entrepôt à moulée		25 000 \$			
Système d'alimentation	Système de distribution de la moulée Cablevey ⁷	147 000 \$			
Système de contrôle		97 500 \$			
Équipements de culture		400 000 \$			
Sous-total		18 852 404 \$			
Imprévus (20 %)		3 770 481 \$			
Estimé du coût d'immobilisation		22 622 885 \$			
				Total	1 160 444 \$

* La vie utile des composantes a été discutée et établie à l'interne au MPO

¹ <http://www.biofilters.com>⁵ <http://www.ca.airliquide.com>² <http://www.fpipumps.com/>⁶ <http://www.degremont-technologies.com/dgtech.php?rubrique121>³ <http://www.apexbuilding.com/about.htm>⁷ <http://www.cablevey.com/>⁴ <http://www.muel.com/default.cfm>

6.0 Résultats

Pour l'analyse financière, l'étude a adopté une approche en deux phases. La section 6.1 présente une première analyse de tous les systèmes de production en parc clos pour déterminer quels systèmes méritent une analyse plus détaillée. La section 6.2 montre une analyse plus fouillée des systèmes de cages marines (norme actuelle de l'industrie et cas de référence) et de production par SAR. Finalement, la section 6.3 présente des analyses de sensibilité des paramètres pouvant varier et ayant un impact sur la rentabilité des opérations.

6.1 Analyse initiale de tous les systèmes de production

Les résultats de cette première analyse suggèrent que toutes les techniques, sauf les cages marines et les SAR, donnent des rendements négatifs sur les capitaux propres, allant de -2 % à -20 %. Cependant, les informations nécessaires à une analyse complète faisaient défaut pour un grand nombre de systèmes; des évaluations au meilleur jugement ont donc été faites pour plusieurs des hypothèses. L'investissement total, le revenu de la 3^e année et le RCP sont récapitulés au tableau 4.

Tableau 4. Résultats préliminaires pour toutes les techniques⁶

Technologie	Investissement initial	Résultat 3 ^e année	RCP
1. Cages marines	5 000 716 \$	2 641 147 \$	52%
2a. Rigide - sans aération	-	-	-
2b. Rigide - avec aération	23 284 470 \$	-2 125 885 \$	-10%
2c. Rigide - injection d'oxygène	24 004 470 \$	-253 079 \$	-2%
3c. Flexible - injection d'oxygène	29 332 086 \$	-2 041 169 \$	-9%
4a. Installation terrestre - niveau de la mer	72 352 066 \$	-17 417 907 \$	-20%
4b. Installation terrestre - sous le niveau	67 748 173 \$	-13 496 265 \$	-19%
4c. Installation terrestre - injection d'oxygène	19 628 900 \$	-403 142 \$	-4%
4d. Installation terrestre - O ₂ , filtration mécanique	18 858 685 \$	-260 773 \$	-2%
4e. Systèmes d'aquaculture en recirculation	22 622 885 \$	381 467 \$	4%

Le système 2a (murs rigides, système en circuit ouvert, aucune aération) a été considéré comme peu réaliste en raison du taux élevé requis de renouvellement de l'eau (toutes les cinq minutes); il n'a pas été donc analysé. Le MPO a rencontré d'autres difficultés en voulant obtenir les coûts d'immobilisation et d'exploitation de certains autres systèmes (p. ex., les systèmes flottants flexibles et rigides), parce qu'ils sont à un stade de développement peu avancé et à cause des droits de propriété industrielle associés. Pour compléter l'analyse, un grand

⁶ La numérotation utilisée dans ce rapport est identique à celle utilisée par le SCCS, afin de maintenir une cohérence entre les rapports. Si un numéro de système est absent, c'est parce que son scénario n'est pas concrètement réalisable.

nombre de coûts ont dû être évalués approximativement, ce qui a diminué la précision des résultats.

Les systèmes sur terre (systèmes 4a-4d) ont été testés par le passé, mais ils n'ont pas démontré de faisabilité financière à un niveau commercial, principalement en raison des frais élevés d'immobilisation et d'exploitation (p. ex., les systèmes 4a et 4b). Les résultats initiaux du modèle financier confirment ces résultats antérieurs.

6.2 Analyse détaillée : cages marines conventionnelles et les SAR

Après avoir complété l'analyse financière initiale de toutes les techniques et constaté la rentabilité négative de toutes sauf deux, le MPO a conclu qu'une analyse financière plus détaillée de la norme de l'industrie actuelle (cages marines) et de la technique en parc clos la plus prometteuse (SAR) était nécessaire. Deux raisons principales motivent cette décision : 1) selon l'analyse préliminaire, les deux techniques sont suffisamment avancées pour que des données biologiques et économiques fiables soient disponibles afin de permettre une analyse robuste; et 2) les deux techniques ont démontré une rentabilité positive dans l'analyse financière initiale.

6.2.1 Résultat de la 3^e année

Avec des frais d'immobilisation de 5,0 M\$ pour les cages marines et de 22,6 M\$ pour le SAR, l'analyse a déterminé que les cages marines comportent un avantage certain en matière de revenus avant impôts (voir le tableau 5). Puisque les mêmes prix et les mêmes volumes de production annuelle avaient été utilisés pour les deux systèmes, les revenus étaient identiques. Les coûts totaux en moule étaient également équivalents pour les deux techniques, même si un prix de la moule et des indices de consommation (IC_b) différents avaient été établis pour chaque système. L'indice de consommation (IC_b) plus élevé dans le cas des cages marines est compensé par un prix inférieur de la moule, alors que l'efficacité des SAR est atténuée par de la moule de plus haute qualité et plus coûteuse.

Voici les principaux facteurs expliquant les différences :

- **Les coûts de la main-d'œuvre.** Ils sont presque deux fois plus élevés pour le SAR que pour les cages marines, une différence importante entre les deux techniques.

- **Les coûts d'énergie.** En raison des exigences plus considérables de pompage et de chauffage du SAR, les coûts d'énergie sont sensiblement inférieurs dans le cas des cages marines.
- **L'amortissement.** Les dépenses en immobilisations du SAR (22,6 M\$) et des cages marines (5 M\$) font en sorte que les frais d'amortissement doivent être considérés. Ces frais sont d'environ 500 000 \$ plus élevés pour le SAR; ils ont donc un impact sur le revenu. En outre, les frais d'intérêt sur le prêt initial sont presque cinq fois plus élevés pour les SAR que pour les cages marines.

Tableau 5. Revenus, résultats et ratios financiers pendant la 3^e année d'exploitation

Item	Cages marines	SAR
<u>Revenu</u>		
Ventes	10 478 750 \$	10 478 750 \$
<u>Coût de production</u>		
Coûts fixes		
Assurance inventaire	141 228 \$	141 625 \$
Entretien	300 043 \$	188 524 \$
Traitement des déchets	s.o.	125 000 \$
Autres	13 060 \$	245 081 \$
Coût liés à la production		
Énergie	70 109 \$	508 214 \$
Saumoneaux	969 865 \$	951 565 \$
Autres	118 816 \$	-
Moulée	4 065 039 \$	3 952 294 \$
Main d'œuvre	672 330 \$	1 123 200 \$
Total	6 350 490 \$	7 235 504 \$
Marge brute	4 128 260 \$	3 243 246 \$
<u>Coûts généraux</u>		
Amortissement	675 561 \$	1 160 444 \$
Dépenses administratives	525 000 \$	525 000 \$
Résultat d'opération	2 927 700 \$	1 557 802 \$
<u>Autres coûts</u>		
Intérêts sur l'emprunt	218 239 \$	987 297 \$
Intérêts sur la marge	68 315 \$	189 039 \$
Résultat (avant taxes)	2 641 147 \$	381 467 \$
<hr/>		
Coût d'immobilisation	5 000 716 \$	22 622 885 \$
Investissement privé (immobilisation)	1 700 243 \$	7 691 781 \$
Investissement privé (fond de roulement)	3 341 109 \$	1 911 846 \$
Total des capitaux propres	5 041 352 \$	9 603 627 \$
RCP	52%	4%
RCI	53%	2%

6.2.2 Valeur actualisée nette et investissement

La valeur actualisée nette (VAN) d'un projet aide les investisseurs à prévoir les rendements propres à chaque technique. À un taux de change de 0,95 USD/CAD et à un prix de vente FOB Seattle de 2,60 USD/lb, la VAN est de 19 255 055 CAD pour les cages marines et de -3 777 934 CAD pour le SAR (voir le tableau 6). Avec un investissement initial d'environ 5,0 M\$ (un tiers de capitaux propres, deux tiers d'emprunts), les cages marines obtiennent un meilleur rendement que le SAR.

Le taux de rentabilité interne (TRI) d'un projet reflète le taux d'escompte qui met à égalité la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs de l'entreprise et le coût de l'entreprise, c'est-à-dire que la valeur actualisée nette des flux de trésorerie (VAN) est de zéro. Par conséquent, le taux de rentabilité interne reflète le rendement prévu sur l'investissement produit par l'entreprise. Pour les cages marines, le taux de rendement prévu est de 40,3 %. Pour le SAR, il est de 3,4 %, soit inférieur à ce que des investisseurs pourraient exiger de ce genre d'entreprise.

Tableau 6. Comparaison de la valeur actualisée nette et du taux de rentabilité interne

	Cages marines	SAR
Coût d'immobilisation	5 000 716 \$	22 622 885 \$
Déficit d'exploitation	9 800 218 \$	5 680 291 \$
Investissement privé (immobilisation)	1 700 243 \$	7 691 781 \$
Investissement privé (fond de roulement)	3 341 109 \$	1 911 846 \$
Total des capitaux propres	5 041 352 \$	9 603 627 \$
VAN (7%)	19 737 471 \$	-3 777 934 \$
TRI	40,6%	3,4%

Les résultats annuels inférieurs pour le SAR se traduisent par des flux de trésorerie insuffisants pour compenser l'investissement exigé. Cela s'explique par des coûts de main-d'œuvre, d'énergie et d'immobilisation plus élevés.

6.3 Analyse de sensibilité

Le MPO a effectué une analyse de sensibilité sur les résultats pour évaluer l'impact de paramètres biologiques (indice de consommation), techniques (densité d'élevage) et de paramètres économiques (prix de vente, taux de change, coût en moulée, coût des saumoneaux, taux d'intérêt, etc.) sur des scénarios de production dans des cages marines et un SAR, afin d'identifier les paramètres susceptibles d'être incertains. Les paramètres incertains auraient un impact sur la faisabilité financière s'ils variaient au-delà des hypothèses du modèle.

6.3.1 Facteurs communs

Les premiers facteurs analysés ont été ceux qui peuvent affecter les résultats des deux techniques. Les facteurs évalués sont le taux de change entre les devises américaine et canadienne, le prix de vente du saumon, l'indice de consommation biologique, le prix de la moulée, le prix des saumoneaux et les frais d'immobilisation imprévus.

A. Taux de change

L'analyse a démontré que les variations ordinaires du taux de change ont un impact important sur la rentabilité, les résultats de la 3^e année chutant de plus de 4,0 M\$ à environ 1,5 M\$ dans le cas des cages marines lorsque le taux de change USD-CAD passe de 0,85 \$ à 1,05 \$ (voir la figure 6). Le résultat de la 3^e année passe de 2,0 M\$ à -1,0 M\$ pour le SAR avec les mêmes variations de taux de change.

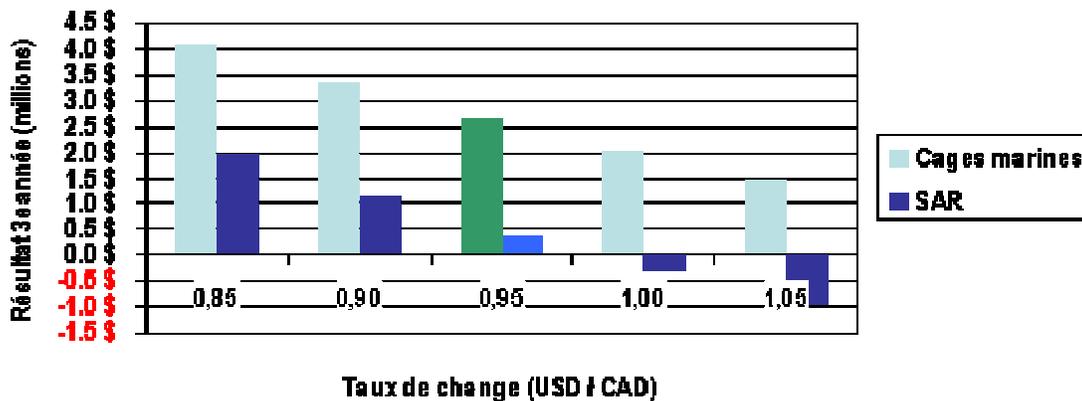


Figure 6. Sensibilité du résultat de la 3^e année au taux de change

B. Prix de vente FOB Seattle

Le MPO a observé un impact semblable lorsque le prix du poisson fluctue, avec des valeurs de 0,8 M\$ à 4,5 M\$ pour les cages marines et de -1,8 M\$ à 2,4 M\$ pour le SAR, quand le prix de vente passe de 2,20 à 3,00 USD/lb (voir la figure 7).

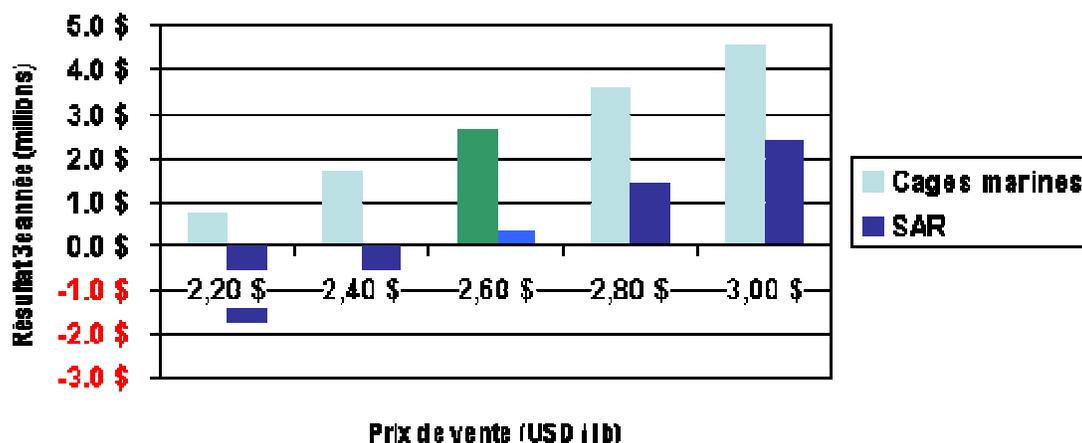


Figure 7. Sensibilité du résultat de la 3^e année au prix de vente

C. Indice de consommation biologique

Ce paramètre biologique démontre un fort potentiel d'influence sur le résultat, avec un impact plus évident sur les scénarios de production avec SAR (voir la figure 8). Des itérations ont été effectuées pour le SAR aux ratios de 1,00, de 1,05 et de 1,10, ce qui donne des résultats de 3^e année de 727 960 \$, de 381 467 \$ et de 34 973 \$ respectivement. La même analyse a également été exécutée avec les scénarios des cages marines, pour évaluer l'impact de l'IC_b, avec des valeurs de 1,20, de 1,27 et de 1,30; les résultats de 3^e année obtenus sont de 2 882 333 \$, de 2 641 147 \$ et de 2 537 781 \$.

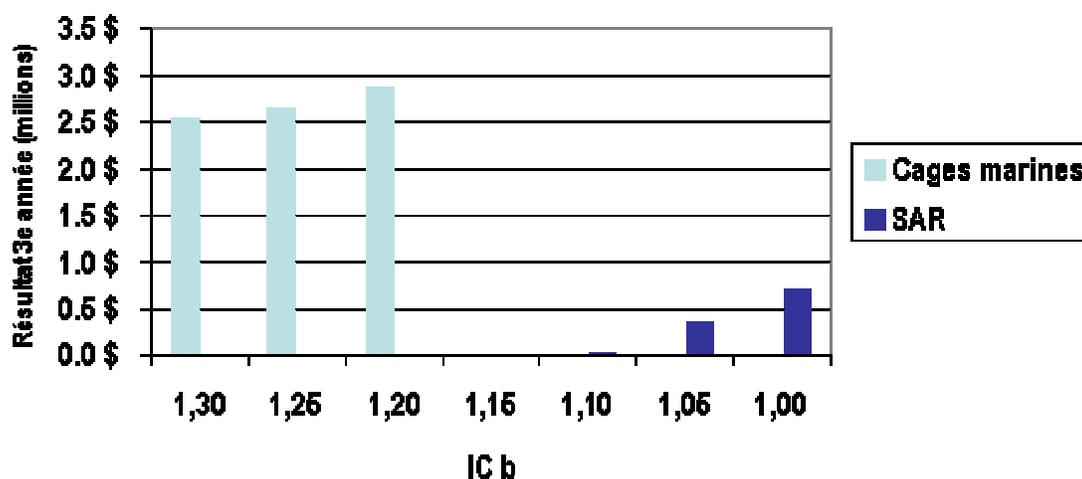


Figure 8. Impact de la variation de l'IC_b sur les deux techniques

D. Prix de la moulée

L'analyse de la variation du prix de la moulée (voir la figure 9) révèle un avantage pour les cages marines lorsque le prix de la moulée varie. Pour des valeurs allant de 1 200 \$ à 1 500 \$/t, les cages marines ont toujours affiché un résultat solide et positif (de plus de 2,5 M\$ jusqu'à environ 1,5 M\$). Pour le SAR, un prix entre 1 400 et 1 600 \$/t provoque une chute de rentabilité qui atteint presque zéro (de presque 700 000 \$ à environ 60 000 \$). Cette analyse de sensibilité démontre que les cages marines peuvent toujours assurer des rendements plus élevés lorsque le prix de la moulée augmente.

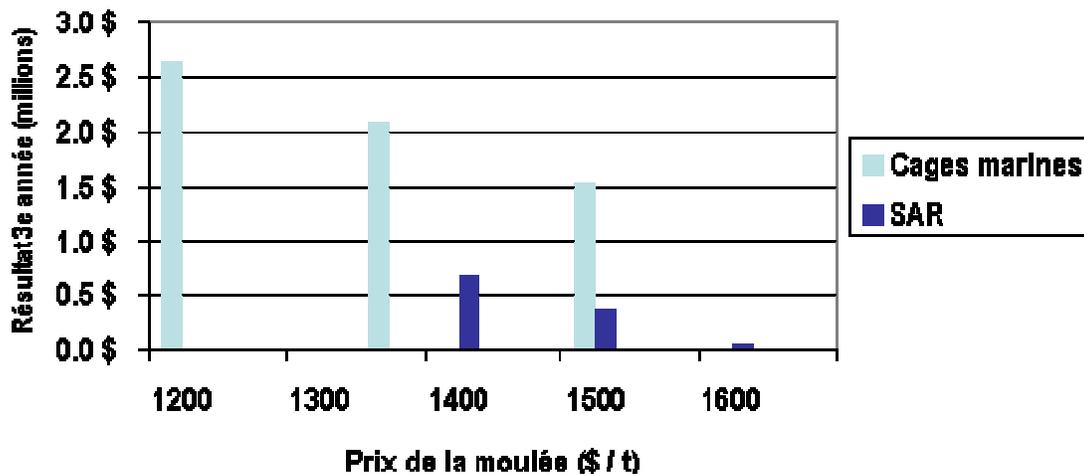


Figure 9. Impact de la variation du prix de la moulée sur les deux techniques

E. Prix des saumoneaux

Le prix des saumoneaux n'a pas d'impact important sur la rentabilité de l'une ou l'autre des techniques. Le résultat diminue de 0,5 M\$ à 0,26 M\$ pour le SAR quand le prix des saumoneaux augmente de 1,80 \$ à 2,20 \$ par poisson (voir la figure 10.). L'impact est semblable sur les cages marines, le résultat passant de 2,7 M\$ à 2,5 M\$. L'impact global est légèrement plus grand sur le SAR, car le résultat de la 3^e année est plus près de zéro que pour les cages marines.

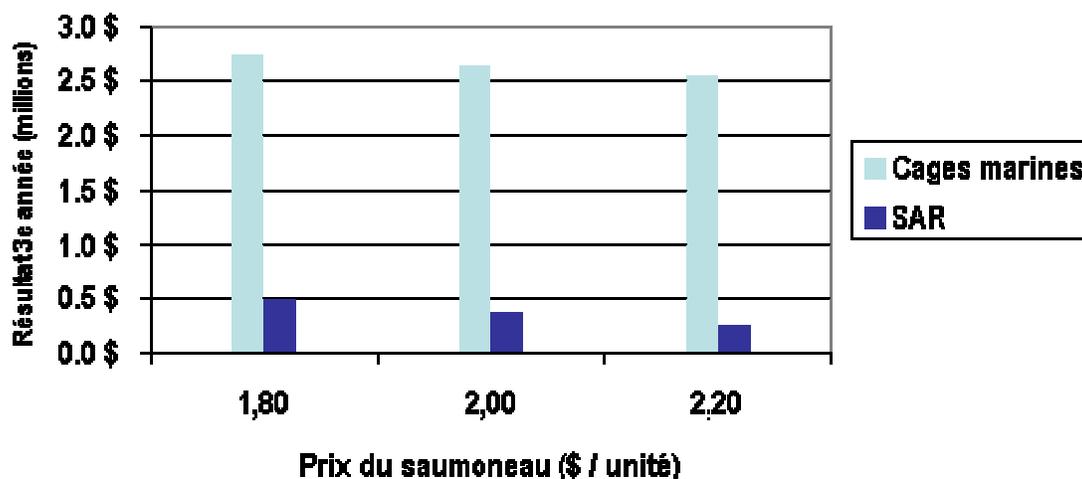


Figure 10. Impact de la variation du prix des saumoneaux sur les deux techniques

F. Imprévus

On peut faire varier les frais d'immobilisation imprévus, puisque cette valeur est sujette à l'incertitude. Comme on peut le voir à la figure 11, cette valeur n'a pas un impact important sur la rentabilité du SAR. L'impact de ce paramètre sur la production dans des cages marines est également marginal.

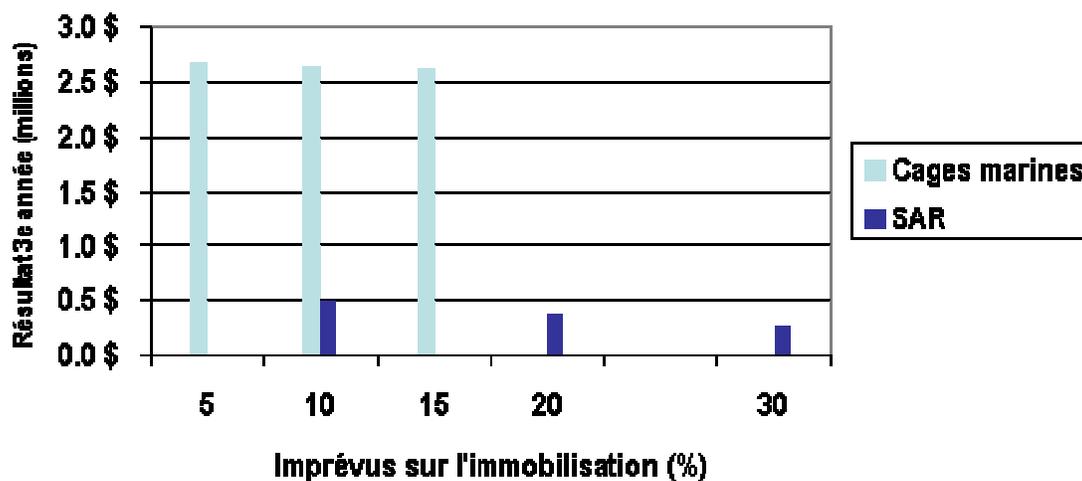


Figure 11. Impact des frais d'immobilisation imprévus sur le résultat de la 3^e année

6.3.2 Facteurs spécifiques aux SAR

Après l'évaluation de l'impact des facteurs communs susceptibles d'influencer la rentabilité des cages marines et des SAR, le MPO a effectué une analyse plus spécifique des impacts causés par des paramètres affectant uniquement les SAR. Cette analyse différentielle est nécessaire en raison d'une connaissance plus grande de la production dans des cages marines. Les valeurs de certains facteurs de production sont bien connues (grâce à l'expérience accumulée et aux données historiques) et elles ne sont pas susceptibles de varier considérablement, comme elles le pourraient dans des systèmes de production en recirculation. Parmi ces facteurs, nous analyserons l'impact du taux d'intérêt sur le prêt initial, de la densité d'empoissonnement, de la température de l'eau, du nombre d'ETP et du taux de mortalité pendant le cycle d'élevage.

A. Taux d'intérêt du prêt

La figure 12 illustre l'impact pour l'exploitation d'un SAR d'un taux d'intérêt plus élevé sur le prêt initial. Une telle analyse vise à évaluer l'impact de taux possiblement plus élevés à cause de la perception d'un risque plus grand dans le cas des SAR. Une telle différence n'est pas prévue pour les cages marines. La différence de résultat entre les scénarios est importante quand le taux d'intérêt diffère de celui qui est utilisé dans le scénario de base (7 %). Le résultat chute de 0,4 M\$ à environ 30 000 \$ pour le SAR quand le taux d'intérêt grimpe de 7 % à 9 %.

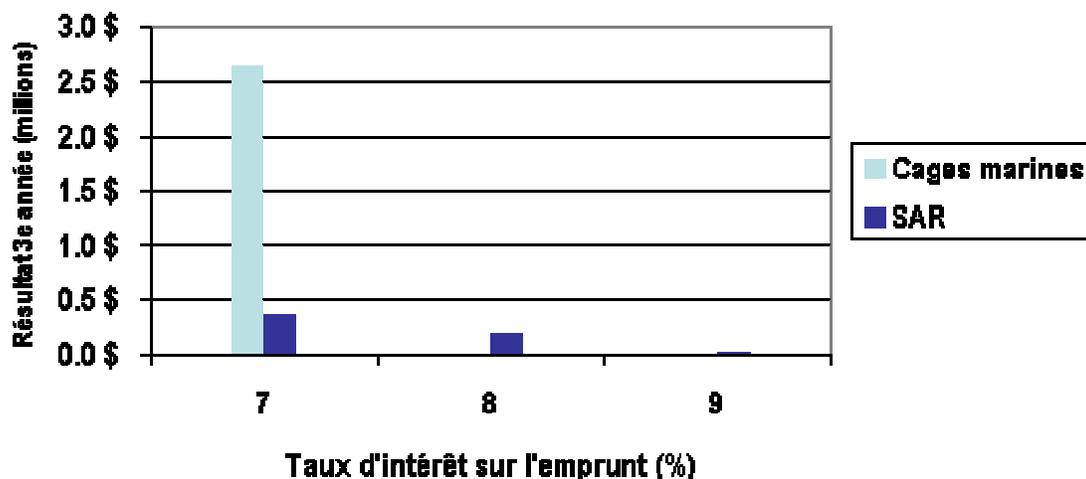


Figure 12. Impact du taux d'intérêt d'un prêt sur le SAR

B. Densité d'empoissonnement

La rentabilité d'un SAR s'articule autour de la capacité du producteur à réaliser une densité d'empoissonnement élevée. Quand la densité d'empoissonnement moyenne diminue de 50 kg/m³ à 30 kg/m³, le résultat du SAR diminue d'environ 0,4 M\$ à environ -100 000 \$ (voir la figure 13). Dans le modèle, une densité d'empoissonnement moindre affecte également les besoins en immobilisation, en énergie et en main-d'œuvre.

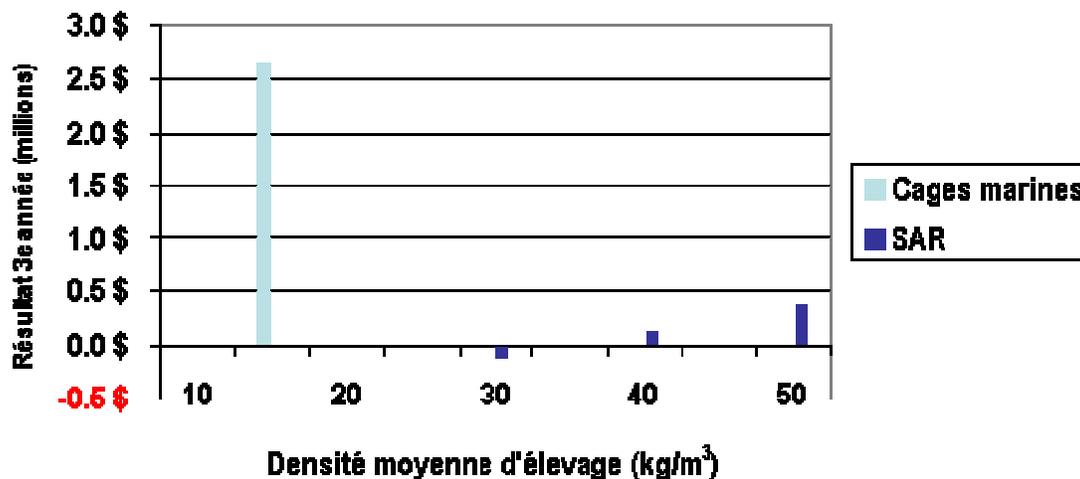


Figure 13. Impact de la densité d'empoissonnement sur le SAR

C. Température de l'eau

La figure 14 illustre les impacts des variations de température de l'eau. L'analyse de sensibilité démontre que la température de l'eau peut à elle seule compromettre considérablement la rentabilité, avec des résultats augmentant de -209 847 \$ à 381 467 \$ lorsque la température passe de 11 °C à 15 °C.

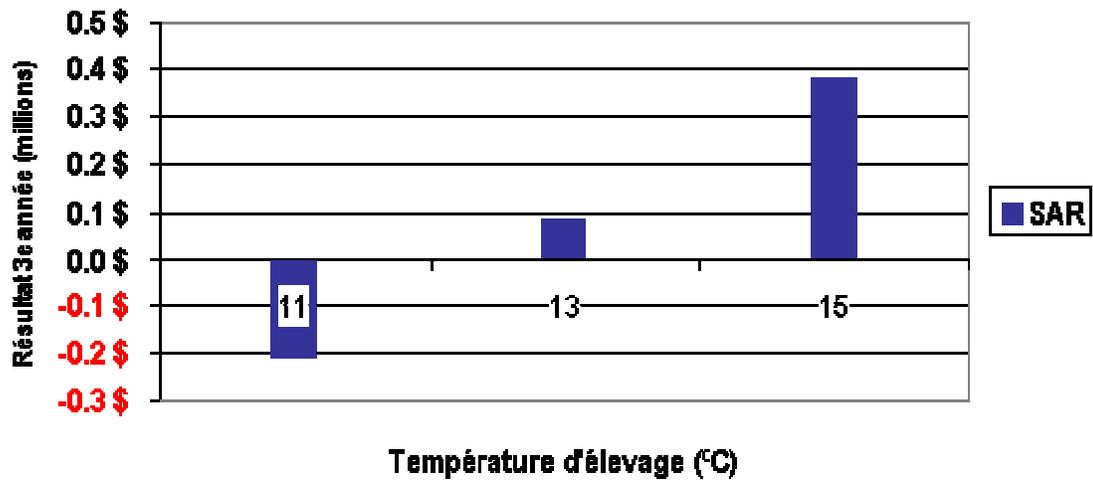


Figure 14. Impact de la température de l'eau sur le SAR

D. Nombre d'ETP

Comme le montre la figure 15, le nombre d'équivalents temps plein (ETP) n'a qu'un léger impact sur la rentabilité du SAR. En passant de 16 à 20, les limites inférieures et supérieures du résultat de la 3^e année deviennent respectivement 241 583 \$ et 521 351 \$.

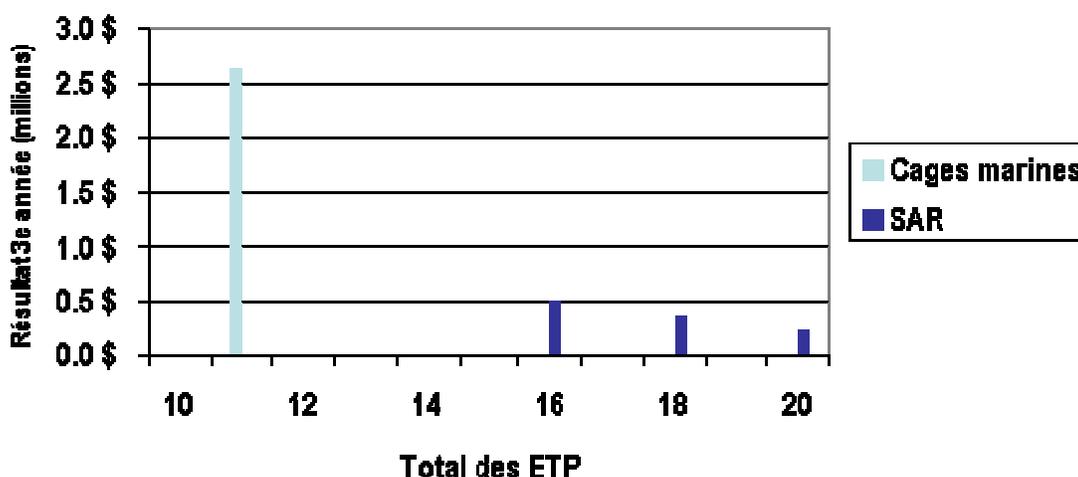


Figure 15. Impact du nombre d'ETP sur le SAR

E. Mortalité

La figure 16 illustre les impacts de la variation du taux de mortalité. L'analyse de sensibilité démontre que la mortalité affecte légèrement la rentabilité, avec des résultats diminuant d'environ 10% à 20% quand le taux de mortalité globale augmente de 4 à 10% de la population totale.

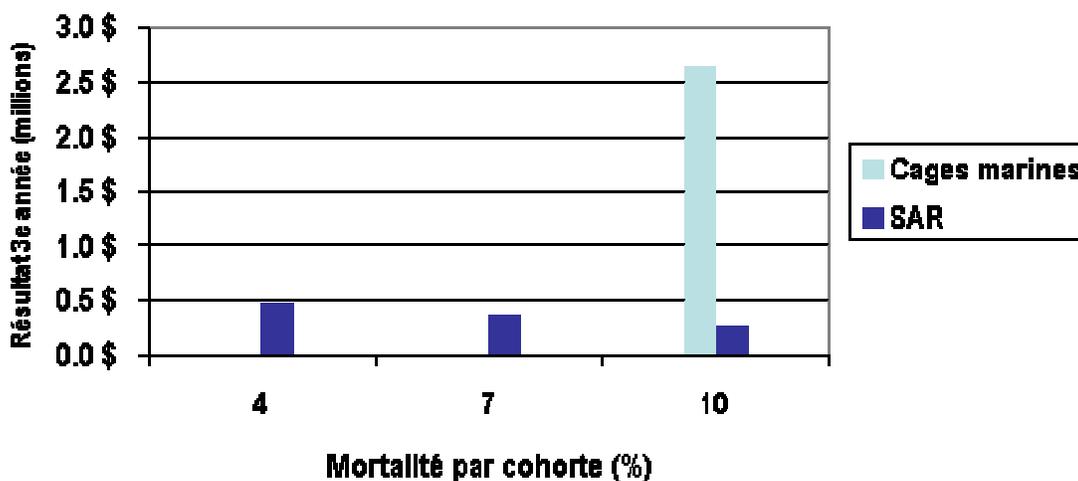


Figure 16. Impact de la mortalité sur le SAR

6.3.3 Impact de changements multiples sur la rentabilité du système

Après avoir analysé la sensibilité sur un élément à la fois pour les cages marines et le SAR, le MPO a réalisé un examen plus complexe des conséquences de la variation de différentes hypothèses (c.-à-d. une analyse à plusieurs variables), en utilisant une combinaison de facteurs pour évaluer le point de variation de la rentabilité de chaque scénario de production. Même si une analyse à plusieurs variables n'est pas aussi performante qu'une analyse simulée de risques (qui permet aux analystes de faire varier simultanément les hypothèses et les paramètres), elle donne une bonne idée de ce à quoi peuvent ressembler les meilleurs et les pires scénarios.

Cette approche a examiné les meilleurs et les pires scénarios pour chaque technique de production, en faisant varier les éléments qui dépendent en grande partie de la volonté de l'exploitant. L'analyse excluait les éléments externes, tels que le taux de change et le prix de vente du saumon. Ces exclusions avaient pour but d'assurer une meilleure comparaison entre les scénarios de production là où les éléments importants affectant la rentabilité de l'exploitation sont sous le contrôle de l'exploitant.

Parmi les éléments qui ont varié pour cette analyse, on retrouve la température, la densité d'empeusement, l'ETP, l'IC_b, le prix de la moulée, le coût des saumoneaux, le montant réservé pour les imprévus, le taux d'intérêt du prêt et le taux de mortalité. Pour déterminer le pire scénario, toutes les analyses de sensibilité exposées plus bas incluaient les valeurs variables les plus basses. Le meilleur scénario comportait toutes les valeurs les plus hautes ou les meilleures. Le scénario par défaut demeure celui qui a été utilisé dans la section précédente.

Le tableau 7 démontre que dans le pire des scénarios les cages marines demeurent rentables, avec un résultat à la 3^e année de 1,2, un RCI et un RCP de 25 % et une marge brute de 27 %. Dans le meilleur des scénarios, à la 3^e année, les cages marines génèrent 3 de revenus, un RCI et un RCP de 60 % et une marge brute de 43 %. Aux fins de comparaison, dans le pire des scénarios, le SAR aboutit à une perte de 2,2 à la 3^e année, à un RCI de -10 %, à un RCP de -23 % et à une marge brute de 18 %. Dans le meilleur des scénarios, à la 3^e année, le SAR dégage un résultat de 1,5, un RCI de 7 %, un RCP de 16 % et une marge brute de 38 %.

Tableau 7. Analyses de sensibilité des meilleurs et des pires scénarios des systèmes de production dans des cages marines et un SAR

Système	Scénario	Résultat 3 ^e année	RCP	RCI	Marge brute
Cages marines	Pessimiste	1 239 114 \$	25%	25%	27%
	Par défaut	2 641 147 \$	53%	52%	39%
	Optimiste	3 019 723 \$	60%	60%	43%
SAR	Pessimiste	-2 248 630 \$	-10%	-23%	18%
	Par défaut	381 467 \$	2%	4%	31%
	Optimiste	1 575 343 \$	7%	16%	38%

Les résultats de la 3^e année (voir la figure 17) indiquent une grande variabilité totale pour les deux techniques de production, mais avec une variance encore plus élevée pour le SAR.

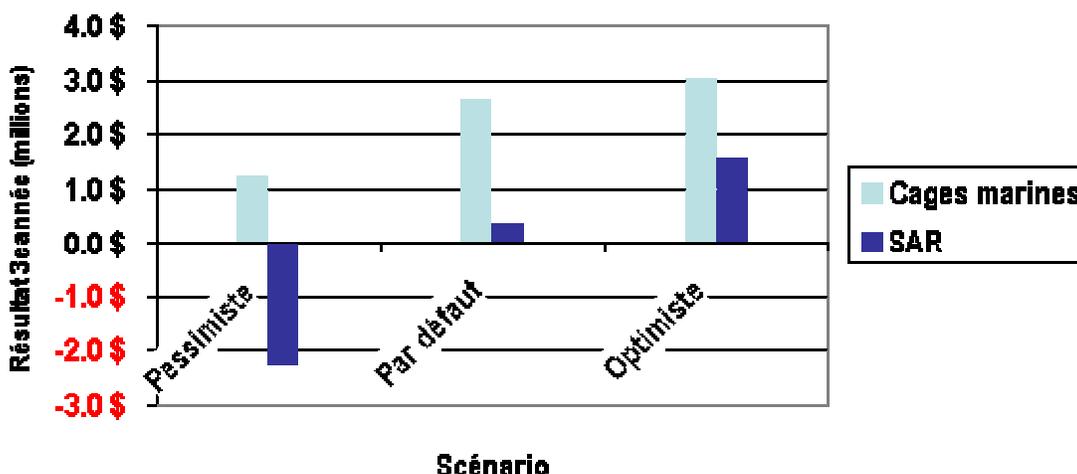


Figure 17. Impact des variations multiples sur les hypothèses principales

6.4 Résumé des analyses de sensibilité

Afin de comparer les résultats des analyses de sensibilité, le MPO a utilisé la marge bénéficiaire (le résultat d'une année par rapport aux revenus) pour évaluer qualitativement le risque financier associé aux cages marines et aux SAR. Un seuil inférieur de 2,5 % a été établi comme minimum acceptable pour la marge bénéficiaire, ce qui tient également compte de l'impôt sur le revenu qui n'est pas inclus dans l'analyse. Des marges bénéficiaires dépassant 10 % sont considérées comme étant plus sûres si l'on se place dans une perspective de gestion d'entreprise.

Comme démontré au tableau 8, les cages marines demeurent une alternative d'investissement attrayante dans presque toutes les variantes, avec des marges bénéficiaires demeurant au-dessus de 10 % dans tous les scénarios, sauf celui du prix de vente. Cette technique représente donc dans son ensemble un risque acceptable. Les comparaisons de marge bénéficiaire du SAR prouvent que d'une perspective financière, cette technique est plus risquée, car la variation des paramètres de production diminue rapidement la rentabilité et la marge bénéficiaire. Les seules exceptions sont le prix de vente et le taux de change, deux paramètres qui sont en grande partie indépendants de la volonté de l'exploitant.

Les résultats présentés dans cette analyse financière démontrent un revenu net (\$2,6 millions et 381 467 \$) et des taux de rentabilité interne (~40,3 % et ~3,4 %) positifs pour les cages marines et le SAR. Bien que les SAR aient démontré leur efficacité en matière d'indice de consommation (IC_b), de stabilité de température et de meilleur contrôle environnemental, ses besoins plus élevés en capitaux, en énergie et en main-d'œuvre affectent de manière importante la rentabilité globale de ce scénario de production. Le financement des coûts d'immobilisation initiaux et les frais d'amortissement qui en résultent ont également un impact important sur la rentabilité du système. La technique des SAR ne démontre pas d'augmentation de rendement en matière de frais d'exploitation, là où des avantages étaient anticipés (c.-à-d. le coût en moulée et un meilleur IC_b).

Dans le cas des exploitations qui utilisent un SAR, la sensibilité au taux de change et au prix de vente des poissons démontre que le résultat que l'on pourrait espérer est vulnérable aux conditions du marché, qui échappent à la volonté d'un exploitant. Le taux de change USD-CAD tend à varier de manière significative, et au moment où les devises s'approchent de la parité, le SAR cessent d'être rentables, alors que les exploitations de cages marines maintiennent leur rentabilité, quoiqu'à des niveaux réduits. Le prix de vente des poissons a également un impact important sur le résultat, à la fois pour le SAR et les cages marines. Lorsque le prix du saumon baisse sous les 2,50 USD/lb, le SAR cesse d'être rentables, alors que les cages marines conservent leur rentabilité.

Les analyses de sensibilité ont également démontré que l' IC_b et le prix de la moulée ont un impact important sur la rentabilité des cages marines et du SAR; le SAR peut donner de meilleurs rendements lorsque le prix de la moulée baisse. Cela ne serait toutefois pas suffisant pour changer la portée des résultats globaux. Il convient de noter que, pour tous les critères évalués, l'analyse de sensibilité a démontré un risque plus grand dans le cas des SAR que dans celui des cages marines. Cela peut expliquer pourquoi les cages marines ont toujours eu cette capacité de résister avec succès aux variations des conditions du marché et de production. La vulnérabilité relative des SAR rend plus risquée une participation à une telle entreprise. La combinaison de deux facteurs ou plus qui

n'atteignent pas des valeurs aussi bonnes que prévu peut avoir un impact important sur la rentabilité des SAR.

Tableau 8. Comparaisons d'analyses de sensibilité et de marge bénéficiaire

Item	Unité	Résultat 3 ^e année / Marge de profit			
Cages marines					
Taux de change	USD/CAD	0,85	0,95	1,05	
		4 077 996 \$	2 641 147 \$	1 458 043 \$	
		39%	25%	14%	
Prix de vente FOB Seattle	USD/lb	3	2,6	2,2	
		4 517 310 \$	2 641 147 \$	725 904 \$	
		43%	25%	6,9%	
IC _b	-	1,2	1,27	1,3	
		2 882 333 \$	2 641 147 \$	2 537 781 \$	
		28%	25%	24%	
Prix de la moulée	\$/t	1200	1350	1500	
		2 641 147 \$	2 091 428 \$	1 537 097 \$	
		25%	20%	15%	
Prix du saumoneau	\$/unité	1,8	2	2,2	
		2 748 978 \$	2 641 147 \$	2 533 140 \$	
		26%	25%	24%	
Imprévus sur l'immobilisation	%	5	10	15	
		2 667 771 \$	2 641 147 \$	2 614 522 \$	
		25%	25%	25%	
SAR					
Taux de change	USD/CAD	0,85	0,95	1,05	
		1 946 961 \$	381 467 \$	-920 024 \$	
		19%	3,6%	-8,8%	
Prix de vente FOB Seattle	USD/lb	3	2,6	2,2	
		2 391 694 \$	381 467 \$	-1 720 942 \$	
		23%	3,6%	-16%	
IC _b	-	1	1,05	1,1	
		727 960 \$	381 467 \$	34 973 \$	
		6,9%	3,6%	0,3%	
Prix de la moulée	\$/t	1400	1500	1600	
		693 775 \$	381 467 \$	69 158 \$	
		6,6%	3,6%	0,7%	
Prix du saumoneau	\$/unité	1,8	2	2,2	
		499 975 \$	381 467 \$	262 958 \$	
		4,8%	3,6%	2,5%	
Taux d'intérêt sur l'emprunt	%	7	8	9	
		381 467 \$	207 199 \$	31 115 \$	
		3,6%	2,0%	0,3%	
Densité moyenne d'élevage	kg/m ³	50	40	30	
		381 467 \$	137 542 \$	-106 871 \$	
		3,6%	1,3%	-1,0%	
Température d'élevage	°C	15	13	11	
		381 467 \$	86 754 \$	-209 847 \$	
		3,6%	0,8%	-2,0%	
Imprévus sur l'immobilisation	%	10	20	30	
		493 285 \$	381 467 \$	269 648 \$	
		4,7%	3,6%	2,6%	
Total des ETP	-	16	18	20	
		521 351 \$	381 467 \$	241 583 \$	
		5,0%	3,6%	2,3%	
Mortalité par cohorte	%	4	7	10	
		478 482 \$	381 467 \$	277 988 \$	
		4,6%	3,6%	2,7%	
Marge de profit:					
			Plus de 10%		
			Entre 2,5% et 10%		
			Moins de 2,5%		
			Hypothèse par défaut		

7.0 Conclusion et étapes à venir

Il est important de remarquer que les analyses financières contenues dans ce rapport représentent des entreprises hypothétiques utilisant des techniques de production différentes, bien qu'elles soient fondées sur les pratiques actuellement acceptées par l'industrie. Le MPO prévient le lecteur : ces données ne devraient pas être utilisées pour appuyer des décisions d'investissements futurs, parce que ce document n'est pas destiné à être un plan d'affaires. Les plans d'affaires sont spécifiques à chaque projet ou personne; ils devraient être abordés comme une démarche dépassant le cadre de cette analyse financière.

Après l'évaluation de dix techniques d'élevage de saumon, seulement deux d'entre elles (les cages marines et les SAR) ont démontré un potentiel de faisabilité financière, justifiant ainsi une analyse financière et de sensibilité plus poussée. Les résultats de l'analyse qui s'en est suivi ont démontré que, si les deux techniques sont rentables sur une base pro forma, les cages marines présentant des résultats sensiblement meilleurs, on prévoit que les techniques de SAR seront considérablement plus sensibles aux forces du marché qui échappent à la volonté de l'opérateur (comme le taux de change et le prix de vente). Les SAR pourraient donc se révéler non rentables dans une marge de variabilité qu'a déjà connue l'industrie canadienne de la salmoniculture. Ces sensibilités sont dues en grande partie aux importants investissements initiaux requis et aux coûts associés qui s'ensuivent.

Comme pour la plupart des technologies naissantes, les frais d'immobilisation et d'exploitation des SAR pourraient diminuer à partir du moment où l'industrie l'utilisera à une plus grande échelle. Si les techniques de parc clos atteignaient un volume-seuil de production, on pourrait prévoir des économies d'échelle; les prix des biens d'équipement pourraient diminuer, et l'expertise grandissante contribuerait à réduire les frais d'exploitation. Les coûts des cages marines utilisés dans cette analyse sont établis à partir de plusieurs décennies d'expertise dans une industrie qui a atteint une masse critique; au moment de l'analyse, ce sont là des facteurs qui confèrent un avantage certain à cette technique. Il est possible que des gains semblables pour les SAR puissent être confirmés à l'avenir; cependant, la portée et le délai de ces gains dépassent le cadre de la présente analyse. De plus, il est possible que certains coûts intangibles (par exemple, l'approbation publique et environnementale) puissent affecter la rentabilité de l'exploitation.

En résumé, l'analyse démontre que la technologie des SAR est marginalement viable d'une perspective financière et présente un plus haut niveau de risque, comparée aux systèmes de cages marines. Cependant, ce potentiel mérite une évaluation plus approfondie, et les hypothèses devraient être validées par des scénarios réels. Les prochaines étapes éventuelles pourraient inclure un projet

pilote ou un système de démonstration capable de produire des saumons à des niveaux commercialement viables (par exemple, un module pouvant générer un volume pouvant atteindre des niveaux financièrement réalisables) pour démontrer la faisabilité technique et financière de la salmoniculture en parc clos dans des conditions réelles. Il faudra également une *analyse du cycle de vie* d'une telle installation de démonstration et la comparer à celle des cages marines. L'*analyse du cycle de vie* mesure et compare les impacts potentiels des systèmes sur l'environnement. Elle est aussi utilisée pour comparer les impacts écologiques locaux aux conséquences qui sont plus globales en raison de leur nature, comme le changement climatique, l'épuisement des ressources non renouvelables et l'acidification des océans.

Les résultats de telles analyses approfondies seraient nécessaires pour déterminer les prochaines étapes et guider la politique du gouvernement relative à la salmoniculture en parc clos.

Annexe

Spécifications des techniques évaluées de façon préliminaire											
Système	Densité d'élevage (kg/m ³)	Absorption d'oxygène ou efficacité de transfert (pour cent)	Concentration en oxygène à l'admission (mg/l)	Débit (lpm)	Taux de renouvellement (minutes)	Débit vers le drain de fond (l/m)	Évacuation de débris particuliers par le drain de fond (estimé en %)	Apport d'eau chargée de solides aux réservoirs de stockage (l/m)	Taux de déversement des réservoirs de stockage ou des bassins de décantation (m ³ /m ² /jour)	Efficacité de rétention des réservoirs de stockage des solides des bassins (pour cent)	Efficacité de rétention totale du système (%)
2a	25	-	-	548,000	5	-	-	-	-	-	-
2b	40	-	-	54,000	46	3,000	70	18,000	~82	72-78	50-55
2c	65	90	-	33,000	76	3,000	70	12,000	~55	79-83	55-58
3c	64	90	-	25,000	80	1,770	70	8,850	~72	74-80	52-56
4a	40	-	-	90,000	18	-	-	-	48	45-65	-
4b	40	-	-	90,000	18	-	-	-	48	45-65	-
4c	63	90	22	21,000	79	3,000	50	-	12	80-87	40-44
4d	63	90	22	21,000	79	3,000	50	-	12	90-94	38-46

Glossaire

Biofiltre :

Un composant d'un SAR qui sert à réduire la consommation d'eau en convertissant l'ammoniaque en nitrate. L'ammoniaque (NH_4^+ et NH_3) provient de l'excrétion d'urée par les branchies des poissons et de la décomposition des matières organiques. Comme l'ammoniaque-N est hautement toxique, elle est convertie sous la forme moins toxique de nitrite par des bactéries de l'espèce *Nitrosomonas*, puis sous la forme encore moins toxique de nitrate par des bactéries de l'espèce *Nitrobacter*.

Décanteur à tubes :

Souvent la première étape d'un procédé de filtration mécanique. Les décanteurs à tubes comprennent de multiples canaux tubulaires inclinés à un angle d'environ 60 degrés; ils servent à améliorer l'accumulation des solides.

Densité d'élevage (d'empoissonnement) :

Poids total de poissons (en kg) dans un mètre cube d'eau à un moment donné.

Eau d'appoint :

Eau nouvelle ajoutée au système pour remplacer l'eau perdue pendant l'exploitation (par exemple, à cause de l'évaporation, des vidanges, des déversements accidentels, etc.).

Extraction du dioxyde de carbone :

Procédé consistant à éliminer le CO_2 (toxique à des concentrations élevées) de l'eau d'aquaculture, souvent au moyen d'injecteurs d'air à contre-courant.

Filtre à tambour (ou filtration sur tambour rotatif) :

Un dispositif de filtration des solides comportant un cylindre rotatif muni d'un tissu filtrant (entre 10 et 90 microns).

Franco à bord (FOB) :

Indique qui paye le chargement et les coûts de transport, ou le point où la responsabilité des marchandises est transférée de l'expéditeur à l'acheteur. « FOB point d'expédition » ou « FOB origine » indique que l'acheteur paye le coût d'expédition et assume la responsabilité des marchandises au moment où elles quittent l'établissement du vendeur. « FOB destination » signifie que le vendeur paye les coûts d'expédition et demeure responsable des marchandises jusqu'à ce que l'acheteur en prenne possession.

Hauteur (ou hauteur d'eau) :

Charge hydraulique. La hauteur d'une colonne de fluide génère une pression à sa base. Cette pression est nommée charge hydrostatique lorsqu'il faut pomper

et soulever cette colonne d'eau. Les pertes de charges sont souvent exprimées en mètres de colonne de fluide.

Indice de consommation biologique (IC_b) :

La proportion de moulée qui est transformée en chair.

Prix au site de production :

La valeur nette d'un produit quand il quitte le site de production, après soustraction des coûts de commercialisation. Elle exclut les coûts d'expédition, de manutention, d'entreposage, de mise en marché et les marges bénéficiaires des sociétés plus en aval dans la chaîne d'approvisionnement.

Rendement des capitaux propres (RCP) :

Il est égal au résultat de l'exercice budgétaire divisé par le total des capitaux propres, exprimé en pourcentage :

$$\text{RCP} = \text{résultat avant impôts} / \text{total des capitaux propres}$$

Où :

$$\text{Total des capitaux propres} = \text{investissement privé initial (capital et fond de roulement)}$$

Rendement du capital investi (RCI) :

Il est égal au résultat de l'exercice budgétaire divisé par le total des capitaux investis, exprimé en pourcentage :

$$\text{RCI} = \text{résultat avant impôts} / \text{capital investi}$$

Résultat (avant taxes) :

Les bénéfices annuels nets avant l'impôt. Dans l'analyse, on le calcule comme suit :

$$\text{Résultat} = \text{Revenus au site de production} - \text{frais d'exploitation (fixes, main d'œuvre, frais liés au volume produit, coûts en moulée)} - \text{coûts administratifs} - \text{amortissement constant des actifs} - \text{frais d'intérêt (prêt et ligne de crédit)}$$

Saumoneau :

Un jeune saumon. Au stade de saumoneau, le saumon s'adapte physiologiquement à l'eau de mer.

Substrat de biofiltration (ou substrat de filtration biologique) :

C'est le substrat que l'on trouve dans le biofiltre et sur lequel la réaction de biofiltration (transformation de l'ammoniaque en nitrate) a lieu. Le substrat de biofiltration possède une surface élevée par rapport à son volume, ce qui réduit ainsi l'encombrement du biofiltre. Beaucoup de types de substrats sont

disponibles dans le commerce et leur granulométrie varie du sable à de petites sphères en plastique.

Tour d'aération :

Une structure ou un dispositif, souvent en forme de tour, utilisé pour augmenter la quantité d'oxygène dans l'approvisionnement d'eau.

Valeur actualisée nette :

En calculant la valeur actualisée nette des flux nets de trésorerie (VAN) d'un projet, on escompte (on ramène à la valeur actuelle) une série de flux nets de trésorerie futurs qui se produiront à la suite d'un investissement. L'avantage de cette méthode est qu'elle donne une idée générale de la valeur d'un projet. C'est-à-dire que tout coût ou revenu survenant durant le projet est ramené à sa valeur dans la période actuelle (en tenant compte de l'inflation, par exemple).

$$VAN = \sum [Flux_t / (1 + i)^t] - C$$

Flux_t : l'augmentation ou la réduction d'argent comptant net se produisant durant une période (\$)

i : le taux d'escompte choisi pour calculer la VAN, ou la valeur de l'argent dans le temps (pour cent)

t : la période durant laquelle les flux sont escomptés (en années)

C : le coût initial du projet

Références

ANDERSON, J. 2007. *The salmon connection : The development of Atlantic salmon aquaculture in Canada*. GlenMargaret Publishing, Tantallon, Nova Scotia. (La filière saumon : le développement de l'aquaculture du saumon atlantique au Canada.)

Chadwick, E.M.P., Parsons, G.J., and Sayavong, B. (Editors). 2010. *Evaluation of Closed-containment Technologies for Saltwater Salmon Aquaculture*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 160 pp. (Évaluation des techniques de salmoniculture en parc clos en eau de mer.)

MPO 2008. *Potential Technologies for Closed-containment Saltwater Salmon Aquaculture*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2008/001. (Évaluation des techniques potentielles de salmoniculture en parc clos et en eau de mer.)

Thorarensen, H. and Farrell, A.P. 2010. *Comparative Analysis of the Biological Requirements for Salmonid Production at a Range of Densities in Closed-containment Systems*. in Chadwick, E.M.P., Parsons, G.J., and Sayavong, B. (Editors). 2010. *Evaluation of Closed-containment Technologies for Saltwater Salmon Aquaculture*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 160 pp. (Analyse comparative des exigences biologiques pour la production de salmonidés à une gamme de densités dans les systèmes en parc clos)

Future SEA Technologies. 2007. Consulter le www.futuresea.com.

GSGISLASON & ASSOCIATES LTD. 2004. *British Columbia seafood sector and tidal water recreational fishing : A strengths, weaknesses, opportunities, and threats assessment*. Prepared for B.C. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, Victoria, B.C. (Secteur des fruits de mer en Colombie-Britannique et pêche d'éstran récréative : Une évaluation des forces, faiblesses, opportunités et menaces).

GSGISLASON & ASSOCIATES LTD. 2006. *The Canadian farmed salmon industry : Benchmark analysis for the US market*. Prepared for Agriculture & Agri-Food Canada. Mississauga, Ontario. (L'industrie canadienne du saumon d'élevage : Analyse des repères pour le marché des États-Unis).

MARICULTURE SYSTEMS, INC. 2007. SARGOTM Fin Farms. Prospectus d'investissement et caractéristiques techniques. Disponible au www.sargo.net, 105 p.

MASSER, M.P., et C.J. BRIDGER. 2007. *A review of cage aquaculture : North America*. In M. Halwart, D. Soto et J.R. Arthur (éd.). Cage aquaculture – Regional

reviews and global overview, p.102-125. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. FAO, Rome. (*Un examen de l'aquaculture en cages marines : Amérique du Nord*).

ROBSON, P.A. 2006. *Salmon farming : The whole story*. Heritage House, Surrey, B.C. (*Salmoniculture : L'histoire complète*).

Urner Barry's COMTELL 2010. Prix du saumon. Données historiques. Disponible au www.comtell.com (visité le 2010 /06 /30).