



Université du Québec
à Rimouski

**ACTIVITÉ TOURISTIQUE D'INTERPRÉTATION DES
FONDS MARINS DANS LE PARC NATIONAL FORILLON**

UNE ANALYSE PAR MINIMISATION DES COÛTS

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en gestion des ressources
maritimes en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

PAR

© AUDREY LEBEL

Janvier 2024

Composition du jury :

Anne Fauré, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski

Josée Laflamme, directrice de recherche, Université du Québec à Rimouski

Claude Rioux, codirecteur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Philippe Kaboré, membre du jury, Université du Québec à Rimouski

Dépôt initial le 1^{er} novembre 2023

Dépôt final le 31 janvier 2024

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

RÉSUMÉ

Ce mémoire porte sur le développement d'une activité d'interprétation au parc national Forillon permettant de sensibiliser la population aux enjeux environnementaux liés au secteur maritime. L'objectif de la recherche est d'analyser deux techniques d'observation des fonds marins pouvant être employées par le parc national Forillon afin de capter des vidéos de certaines zones maritimes pour ensuite les partager à ses visiteurs sous la forme d'une activité éducative. Ces deux techniques sont l'observation par drone sous-marin et l'observation en plongée sous-marine. L'analyse réalisée permet de proposer au parc national Forillon la meilleure technique d'observation d'un point de vue économique. Pour ce faire, l'analyse par minimisation des coûts est la méthodologie de recherche adoptée dans ce mémoire. En posant plusieurs hypothèses, les résultats permettent de conclure que l'observation par drone sous-marin représente la meilleure option économique sur un horizon temporel de quatre ans et plus alors que l'observation en plongée sous-marine constitue l'option la moins coûteuse sur un horizon temporel de moins de quatre années. Sur le plan de la pertinence sociale du projet, avec ces résultats, le parc national Forillon pourra disposer de l'information nécessaire pour favoriser une technique d'observation ou une autre, selon la durée de vie estimée du projet. D'un point de vue scientifique, l'étude bonifie la littérature sur les activités d'interprétation touristiques, plus particulièrement en contexte régional.

Mots clés : activité d'interprétation, drone sous-marin, plongée sous-marine, fonds marins, environnement, analyse de minimisation des coûts, parc national Forillon

ABSTRACT

This dissertation concerns the development of an interpretation activity at Forillon National Park to raise public awareness of environmental issues linked to the maritime sector. The objective of the research is to analyze two seabed observation techniques that can be used by Forillon National Park in order to capture videos of maritime areas and then share them with its visitors in the form of an educational activity. These two techniques are underwater drone observation and underwater diving observation. This analysis would allow Forillon National Park to choose the best observation techniques from an economic point of view. To do this, the cost minimization analysis is the research methodology adopted in this dissertation. By posing several hypotheses, the results allow us to conclude that observation by underwater drone represents the best economic option over a time horizon of four years or more while observation by underwater diving constitutes the least expensive option over a time horizon of less than four years. In terms of the social relevance of the project with these results, Forillon National Park will have the necessary information to promote one observation technique or another, depending on the estimated lifespan of the project. From a scientific point of view, the study improves the literature on tourist interpretation activities, more particularly in a regional context.

Keywords: interpretation activity, underwater drone, scuba diving, seabed, environment, cost minimization analysis, Forillon National Park

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	vii
ABSTRACT	ix
TABLE DES MATIÈRES	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xv
LISTE DES FIGURES.....	xvii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	xix
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE 1 PROBLÉMATIQUE.....	3
1.1 MISE EN CONTEXTE.....	3
1.1.1 Parc national Forillon	3
1.1.2 Activités d'interprétation au parc national Forillon	5
1.1.3 Activités d'interprétation dans le secteur côtier et marin	6
1.1.4 Protection des ressources.....	7
1.1.5 Première phase du projet : observation des fonds marins	7
1.1.6 Deuxième phase du projet : développement d'une nouvelle activité d'interprétation en mer	10
1.2 UTILISATION DES DRONES.....	11
1.3 EXPLORATION DU MILIEU SOUS-MARIN À L'AIDE DES ROV	12
1.4 PLONGÉE SOUS-MARINE.....	14
1.5 EXPLORATION DU MILIEU SOUS-MARIN EN PLONGÉE SOUS-MARINE.....	15
1.6 QUESTION DE RECHERCHE	16
CHAPITRE 2 CADRE THÉORIQUE.....	17
2.1 ÉVALUATION ÉCONOMIQUE	17
2.2 VALORISATION DES EFFETS NON-MARCHANDS	21

2.2.1 Méthodes directes.....	22
2.2.2 Méthodes indirectes.....	24
2.2.3 Transfert de valeurs.....	25
2.3 OBJECTIF DE RECHERCHE.....	28
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE	31
3.1 POPULATION CIBLÉE	31
3.2 HORIZON TEMPOREL	32
3.3 ÉVALUATION DES BÉNÉFICES.....	33
3.3.1 Bénéfices du point de vue du promoteur.....	34
3.3.2 Bénéfices du point de vue de la collectivité	35
3.4 ÉVALUATION DES COÛTS	36
3.5 ÉVALUATION DES COÛTS : OBSERVATIONS PAR ROV	37
3.5.1 Coûts d'investissement.....	38
3.5.2 Coûts de fonctionnement.....	39
3.6 ÉVALUATION DES COÛTS : OBSERVATIONS PAR PLONGÉE SOUS-MARINE.....	39
3.6.1 Coûts d'investissement.....	40
3.6.2 Coûts de fonctionnement.....	40
3.7 ACTUALISATION	41
3.8 ANALYSE DE SENSIBILITÉ	44
CHAPITRE 4 RÉSULTATS.....	45
4.1 ESTIMATION DES COÛTS : ROV	45
4.1.1 Choix du ROV.....	45
4.1.2 Coûts d'investissement.....	50
4.1.3 Coûts de fonctionnement.....	52
4.2 ESTIMATION DES COÛTS : PLONGÉE SOUS-MARINE	54
4.2.1 Coûts d'investissement.....	54
4.2.2 Coûts de fonctionnement.....	56
4.3 COMPARAISON DES ESTIMATIONS	58
4.4 ANALYSE DE SENSIBILITÉ	60

4.4.1 Modification du prix du ROV	60
4.4.2 Modification du salaire du plongeur sous-marin.....	61
CHAPITRE 5 DISCUSSION.....	63
5.1 RAPPEL DE L’OBJECTIF DE RECHERCHE	63
5.2 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	64
5.3 APPORTS THÉORIQUES ET APPORTS PRATIQUES.....	65
5.4 LIMITES DE L’ÉTUDE	66
5.5 FUTURES RECHERCHES.....	68
CONCLUSION GÉNÉRALE	71
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valorisation des effets non-marchands.....	22
Tableau 2 : Résumé des bénéfices générés par le projet.....	36
Tableau 3: Coûts du projet.....	41
Tableau 4 : Spécifications des ROV proposés.....	49
Tableau 5 : Coûts – observation par ROV.....	54
Tableau 6 : Coûts – observation en plongée sous-marine	58
Tableau 7 : Coûts sur un horizon temporel de quatre années	59
Tableau 8 : Coûts actualisés du projet sur un horizon temporel de deux et quatre ans	60
Tableau 9 : Coûts modifiés – observation par ROV	61
Tableau 10 : Coûts modifiés – observation en plongée sous-marine	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte régionale. Parc national Forillon, 2022.....	5
Figure 2. Fifish V6 Expert. QYSEA 2022.....	47
Figure 3. Chasing M2 Pro Max. Focus Nordic 2023.....	48
Figure 4. QYSEA Fifish V6 Expert M200. Amazon 2023.....	50
Figure 5. Fifish HDMI Box 2.0. Amazon 2023.....	51
Figure 6. Ensemble HERO11 noir avec accessoires. GoPro 2023.....	55

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ACA	Analyse coût-avantage
ACB	Analyse coût-bénéfice
ACE	Analyse coût-efficacité
AMC	Analyse multicritère
AUV	Autonomous Underwater Vehicles
CAP	Consentement à payer
CAR	Consentement à recevoir
CF	Coût fixe
CM	Coût moyen
Cm	Coût marginal
CO₂	Dioxyde de carbone
CT	Coût total
CV	Coût variable
QALY	Année de vie gagnée ajustée par la qualité de vie
OPC	Office de la protection du consommateur
ROV	Remotely Operating Vehicles
UAV	Véhicule aérien non habité
VAN	Valeur actualisée nette

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Bien que l'être humain ne représente qu'une infime partie de la vie sur terre, celui-ci est le principal responsable de sa dégradation. L'évolution de notre société et de ses habitudes de consommations, voire de surconsommation, a malheureusement mené à ce constat. Les changements environnementaux qui résultent des activités anthropiques ont des conséquences de plus en plus désastreuses depuis les dernières décennies. C'est pourquoi les préoccupations liées à la gestion de l'environnement sont grandissantes et influencent les décisions et actions qui sont prises par les différents acteurs de notre société.

Certes, l'ensemble des Québécois sont en mesure de prendre conscience de certains changements environnementaux. Des feux de forêt plus nombreux et plus intenses, des inondations majeures et des sécheresses importantes sont quelques exemples de phénomènes observables dans les dernières années. Néanmoins, plusieurs problématiques environnementales sont pour leur part méconnues par le public, ce qui fait en sorte que la population n'est pas parfaitement consciente de l'ampleur du problème que nous vivons présentement.

Le parc national Forillon souhaite agir afin d'informer la population sur les répercussions environnementales occasionnées par les changements climatiques et la pollution. Entre autres, il souhaite éduquer davantage ses visiteurs sur les changements environnementaux qui surviennent dans le milieu maritime. Afin d'y parvenir, une nouvelle activité d'interprétation devra être mise en place par le parc national Forillon. L'objectif de cette activité est de capter des vidéos et des données des fonds marins pour ensuite les présenter aux visiteurs du parc. L'objectif du présent mémoire est d'analyser et comparer deux différentes techniques d'observation qui permettent la réalisation de l'activité. Cette

analyse permet de proposer au parc national Forillon la meilleure technique d'observation d'un point de vue économique. Considérant les données disponibles pour réaliser cette recherche, la méthode d'analyse économique sélectionné est la minimisation des coûts économiques.

Cette recherche se distingue de ce qui a été réalisé dans le passé puisqu'il n'existe aucun projet comparable à celui à l'étude. Tel que mentionné plus bas, les drones sous-marins, surnommés ROV en raison du terme anglais *Remotely Operating Vehicles*, ont plusieurs utilités, mais aucune activité éducative comparable à celle que souhaite mettre en place le parc national Forillon n'a été développée auparavant. Dans ce contexte, il est important de vérifier s'il est plus avantageux pour le parc d'effectuer les observations des fonds marins à l'aide d'un ROV ou encore par un plongeur sous-marin.

Cette étude est divisée en cinq chapitres. Le premier se concentre sur la problématique. Le contexte de réalisation du projet y est présenté ainsi que la question de la recherche. Le deuxième chapitre présente le cadre théorique des différents concepts abordés dans ce mémoire, soit l'évaluation économique, la valorisation des effets non-marchands et l'objectif de la recherche. Le troisième chapitre décrit la méthodologie utilisée pour effectuer cette recherche. Il présente la population ciblée par l'étude, l'horizon temporel de l'analyse et identifie la source des différents coûts des deux méthodes d'observation qui devront être supportés par le parc national Forillon afin de développer l'activité d'interprétation. Le quatrième chapitre concerne les coûts associés aux deux méthodes d'observation des fonds marins et présente une analyse de sensibilité. Enfin, le cinquième chapitre de cette étude porte sur une discussion des résultats.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE

1.1 MISE EN CONTEXTE

Ce chapitre vise à présenter dans un premier temps les caractéristiques du parc national Forillon et ses différents objectifs. Dans un deuxième temps, les deux phases du projet que le parc souhaite mettre en place seront décrites. Dans un troisième temps, les différentes utilités des drones en général, puis plus spécifiquement dans le secteur maritime sont présentés. Par la suite, une brève histoire de la plongée sous-marine ainsi que les avantages et les inconvénients de cette activité sont exposés. Finalement, la question de recherche est énoncée.

1.1.1 Parc national Forillon

Le parc national Forillon est devenu un site patrimonial de Parcs Canada en 1970 à la suite de l'expropriation de la population qui y habitait (Blanc, 2015). Parcs Canada a pour objectifs de : « Sauvegarder à jamais les endroits qui constituent d'importants exemples du patrimoine naturel et culturel du Canada et favoriser chez le public la connaissance, l'appréciation et la jouissance de ce patrimoine de manière à le léguer intact aux générations à venir » (St-Amour, 1984). Ces objectifs, étant jugés difficilement atteignables avec la présence de la population locale du territoire, justifient l'expropriation de ses habitants (Rudin, 2011).

La presqu'île de Forillon est l'une des zones que Parcs Canada protège en raison des richesses uniques du territoire, tant au niveau physiographique, géologique et écologique (Babin, 2009). D'une part, le paysage de la péninsule se démarque entre autres grâce à l'érosion marine qui a formé au fil du temps un relief singulier du littoral. La position géographique du parc offre des points de vue spectaculaires sur le golfe du Saint-Laurent et sur la baie de Gaspé. La figure 1 ci-dessous permet de visualiser l'emplacement du parc. La grande biodiversité du territoire est un autre aspect qui justifie sa protection. En effet, le parc abrite 43 espèces de mammifères et 246 espèces d'oiseaux. La forêt couvre 97% de l'espace où on y retrouve entre autres 639 espèces de plantes vasculaires (Gouvernement du Canada, 2020). En plus de réglementer la conservation naturelle des lieux, l'histoire culturelle de Forillon est une seconde richesse qui est mise en valeur par Parcs Canada. Ayant été occupé par les Amérindiens durant près de 4 000 ans pour ensuite être pris sous la possession au nom du roi de France en 1534, le parc national Forillon est riche de son histoire (Gouvernement du Canada, 2020).



Figure 1. Carte régionale. Parc national Forillon, 2022.

1.1.2 Activités d'interprétation au parc national Forillon

Afin de concilier la protection de la nature et la présence humaine sur le site, les parcs nationaux ont mis en place le zonage, qui permet de délimiter les activités permises dans chaque secteur, et des activités d'interprétation (Parcs Canada, 2010). Ces dernières ont pour but de donner la possibilité aux visiteurs de développer une relation avec le milieu naturel et de leur transmettre des connaissances afin de susciter leur intérêt et de leur faire vivre de nouvelles expériences enrichissantes. Celles-ci peuvent se rattacher aux espèces animales et végétales qui occupent le site ou encore au patrimoine naturel ou culturel du parc. Ces activités sont souvent accompagnées d'un interprète afin de faciliter l'éducation des participants et d'ajouter un moyen de communication. Que ce soit en mettant en place des pièces de théâtre qui partagent l'histoire du parc ou encore en transformant de vieilles maisons de pêcheurs en musée, le parc Forillon offre depuis ses débuts des activités d'interprétation innovantes et divertissantes à leurs visiteurs (Gachelin-Ribault, 1990).

Les activités d'interprétation représentent un moyen pour les parcs nationaux d'éduquer et de sensibiliser la population à l'importance de protéger son environnement naturel. Ces activités permettent donc aussi de favoriser l'atteinte des objectifs qui concernent la gestion des aires protégées (Gachelin-Ribault, 1990).

1.1.3 Activités d'interprétation dans le secteur côtier et marin

Les frontières du parc couvrent une bande marine de plus de 150 mètres de largeur, soit 4,4 kilomètres carrés, incluant ainsi dans le secteur protégé par Parcs Canada le milieu marin qui longe la péninsule de Forillon (Parcs Canada, 2020). Ce secteur marin abrite diverses espèces telles que six espèces de baleines, des milliers d'oiseaux marins et des phoques. L'environnement des fonds marins est très diversifié dans le secteur du parc national Forillon. On y retrouve par le fait même une pluralité d'espèces de poissons et de crustacés. Le parc national Forillon permet à ses visiteurs d'explorer certains aspects de ce secteur en lui offrant l'opportunité de participer à des activités d'interprétation en mer. Présentement, il est possible de participer à une croisière aux baleines. En partenariat avec Croisières Baie de Gaspé inc., le parc offre à ses visiteurs l'opportunité d'explorer son secteur maritime en bateau, et ce accompagné d'un interprète qui transmet des informations pertinentes en lien avec les observations réalisées durant l'expérience (Québec maritime, 2021). Des balades en kayak, accompagnées d'un guide-interprète de Cap Aventure, sont aussi offertes, celles-ci permettent aux visiteurs d'admirer de près le secteur qui longe la côte marine en plus de visiter une colonie de phoque (Parcs Canada, 2021). Finalement, une initiation à la plongée sous-marine en apnée est offerte par Plongée Forillon inc. où l'observation d'étoile de mer, de phoque et de homard est possible (Les chalets du parc, 2021).

L'offre de services du parc est en constante évolution afin de maximiser la satisfaction des visiteurs et d'exploiter l'intégralité des richesses du parc (Parcs Canada, 2020). Toutefois, certains attraits du territoire ne peuvent être partagés avec le public, entre autres pour des raisons techniques ou environnementales. Les progrès technologiques représentent

pour le parc une opportunité d'élargir son offre de services vers des secteurs autrefois inaccessibles ou encore d'apporter des améliorations aux services déjà en place.

1.1.4 Protection des ressources

La préservation du patrimoine naturel du parc national Forillon est assurée par son département de conservation. Ce dernier est responsable d'effectuer de la surveillance et des recherches ainsi que de développer des programmes de restauration afin de sauvegarder l'état des ressources naturelles et culturelles du parc (Parcs Canada, 2010). Les changements climatiques que nous vivons présentement bouleversent l'état de la nature et l'équilibre des écosystèmes. Certes, la nature représente aussi un levier important pour atténuer les changements climatiques, c'est pourquoi la conservation et la restauration de celle-ci sont cruciales dans la lutte aux changements climatiques (Gouvernement du Canada, 2021).

Plusieurs démarches ont déjà été mises de l'avant par le parc national Forillon afin de protéger l'intégrité de son patrimoine naturel et culturel. Entre autres, un projet de restauration de la plage de Cap-des-Rosiers a été réalisé en 2020 afin de s'adapter aux risques d'érosion côtière et aux changements de la dynamique du littoral. Ce projet leur a d'ailleurs permis d'obtenir le Prix d'excellence à une agence 2020 du Conseil canadien des parcs (Parc Canada, 2022).

1.1.5 Première phase du projet : observation des fonds marins

Le département de conservation du parc national Forillon souhaite effectuer davantage d'observations du milieu marin afin de saisir la portée des changements climatiques. Plus de 93% de la chaleur engendrée par les activités anthropiques a été absorbée par les océans depuis les années 1950 (Lövin, s.d.). Le milieu océanique a donc permis de limiter le

réchauffement planétaire jusqu'à aujourd'hui, mais la hausse du dioxyde de carbone (CO₂) absorbée par les océans n'est pas sans incidences. Le réchauffement et l'acidification des océans, la fonte des glaciers, la hausse du niveau de la mer et la détérioration des récifs coralliens sont quelques exemples de changements observables à l'heure actuelle dans les océans et qui dégradent l'état des écosystèmes marins en plus d'intensifier les catastrophes naturelles (Lövin, s.d.).

Différents projets de développement économique sont entrepris par le gouvernement provincial malgré le fait qu'ils occasionnent la destruction d'habitats d'espèces menacées. Par exemple, le ministère de l'Environnement du Québec a autorisé en 2021 le prolongement d'un boulevard à Longueuil, et ce même si cela nécessitait de détruire un milieu naturel de la rainette faux-grillon, une espèce menacée qui a perdu à ce jour 90 % de ses habitats (Shields, 2021). Dans plusieurs situations, des lois provinciales et fédérales sont instaurées afin de protéger une espèce, c'est le cas par exemple pour le béluga du Saint-Laurent dont la population s'élève à peine à 880 individus. Certes, ces lois ne remédient pas au déclin de la population de l'espèce. Selon plusieurs experts, dont Michel Leboeuf, biologiste et auteur du livre *Le dernier caribou*, et Luce Balthazar, responsable du dossier des aires protégées au Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec, le gouvernement néglige la protection des écosystèmes et c'est ce qui explique pourquoi on observe le déclin de plusieurs espèces malgré la mise en place de lois qui les protègent (Shields, 2022).

La première phase du projet que souhaite mettre en place le parc national Forillon est pertinente considérant cette faiblesse reliée à la protection des écosystèmes. L'un des objectifs de celui-ci est d'observer l'évolution des fonds marins de certaines zones précises du secteur marin du parc. L'instauration de lois et de solutions qui permettent d'améliorer l'état des écosystèmes, ou du moins qui permettront de freiner leurs dégradations demande premièrement d'identifier les problématiques présentes dans ces milieux.

Différentes zones qui seront déterminées préalablement par le parc national Forillon seront observées une fois par semaine à partir du mois de juin jusqu'à la fin août. Néanmoins,

la date du début du projet n'est pas encore déterminée par le parc national Forillon. Les observations seront effectuées de façon hebdomadaire et non de façon quotidienne puisque l'environnement marin prend un certain temps avant de se modifier. En espaçant d'une semaine des observations, cela donnera le temps aux analystes d'identifier les modifications du milieu depuis la prise de données précédentes. L'acidité et la salinité du fond marin seront aussi obtenues lors de ces observations. Ces données sont sujettes à être perturbées par les changements climatiques, c'est pourquoi il est pertinent de les analyser. En effet, comme il a été mentionné plus haut, les émissions de CO₂ sont majoritairement absorbées par les océans, ce qui provoque par le fait même une hausse de l'acidité de celles-ci (National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], 2020). Pour ce qui est de la salinité, la hausse de la température des océans accentue l'évaporation de l'eau douce vers l'atmosphère, ce qui crée une hausse de sa salinité en plus de bouleverser le cycle de l'eau (Cheng et al., 2020). Des études ont aussi démontré qu'il est important de mesurer la salinité de l'eau tant en surface qu'en profondeur puisque l'augmentation du contraste de la salinité de l'eau en surface et en profondeur a pour conséquence d'accroître le cycle de l'eau (Commission Européenne, 2020). Néanmoins, les types de données qui seront collectés par le parc national Forillon pourront être adaptés selon leurs besoins au courant de l'évolution du projet. Il sera possible d'ajouter des outils ou capteurs de données lors de la réalisation des missions d'observation.

Deux moyens s'offrent au parc national Forillon afin de réaliser les observations. Premièrement, ils peuvent utiliser un ROV qui peut capter des vidéos et collecter les données sur l'acidité et la salinité de l'eau. Deuxièmement, il est aussi possible de réaliser les observations et la collecte de données par un plongeur professionnel qui serait muni d'une caméra et de capteurs. Les données obtenues lors de ces observations pourront à plus long terme créer des bases de données interdisciplinaires. Ces paramètres sont utiles afin de réaliser diverses recherches scientifiques et d'observer l'évolution de l'environnement marin qui longe la péninsule de Forillon.

Les deux techniques possèdent des avantages et des inconvénients. Les drones sont de plus en plus utilisés pour effectuer des observations ou analyser des milieux peu accessibles ou encore dangereux. Dans le secteur maritime, les ROV sont généralement munis de plusieurs capteurs de données, représentant un outil révolutionnaire pour effectuer des recherches interdisciplinaires (Coulombier et al., 2018). La prise d'images par un plongeur est moins coûteuse financièrement, mais il existe différents risques sur la santé du plongeur en raison des changements des structures et des fonctions corporelles occasionnés par le changement des conditions environnementales (Muller et Rochoy, 2018). Ces risques ont une incidence sur le coût économique de cette dernière technique d'observation.

1.1.6 Deuxième phase du projet : développement d'une nouvelle activité d'interprétation en mer

La première phase du projet a uniquement pour objectif d'effectuer des observations afin de constater les changements de l'environnement marin. Néanmoins, l'objectif final en effectuant ces observations est de les partager avec les visiteurs afin de les sensibiliser aux enjeux actuels qui concernent les perturbations de l'environnement marin. Dès que les données et les observations réalisées permettront d'en apprendre davantage sur les récents changements de l'écosystème marin et de la vie marine, une dimension éducative sera ajoutée au projet afin de partager les résultats à la société. Dans le cas où aucun changement n'est observé, la pertinence de l'activité éducative est réduite et il serait nécessaire d'analyser s'il est tout de même possible de créer une activité intéressante et enrichissante pour les visiteurs.

Le partage des observations peut être réalisé de différentes façons. Selon la technique choisie afin d'observer le milieu marin, le parc pourrait mettre en place une nouvelle activité d'interprétation à bord d'un bateau de croisière ou encore sur terre. Si l'activité se déroule à bord d'un bateau de croisière, les participants pourront observer les fonds marins en direct en plus d'obtenir des renseignements d'un interprète sur les observations effectuées. Les difficultés de cette option sont premièrement qu'elle nécessite l'acquisition d'un nouveau

bateau de croisière puisque le bateau de Croisière Baie de Gaspé inc. est trop petit pour permettre la réalisation d'une telle activité. Deuxièmement, plusieurs facteurs techniques doivent être considérés afin de mettre en place une croisière avec un ROV agréable et qui pourrait être réalisée de façon régulière et soutenue durant la saison estivale. La réalisation d'une activité d'interprétation sur terre serait plus simple considérant que les vidéos captés par le ROV ne seraient pas obligatoirement présentés en direct. Le choix des observations partagées avec le public pourra être fait préalablement selon leur pertinence afin de favoriser l'aspect éducatif. Pour la présente étude, nous faisons l'hypothèse que l'activité d'interprétation s'effectuera sur terre afin de simplifier sa mise en place.

1.2 UTILISATION DES DRONES

Les drones, aussi appelés véhicules non habités, sont communément utilisés dans le secteur aérien (Cassart, 2017). L'emploi de ces derniers au détriment des aéronefs pilotés offre plusieurs avantages, dont un niveau d'émission de gaz à effet de serre limité, des coûts moindres, une diminution des risques d'accident et ils sont facilement maniables. L'industrie des drones aériens à des fins pacifiques a ainsi pris de l'essor dans plusieurs secteurs d'activité, entre autres dans la foresterie, la production cinématographique, la recherche scientifique et l'extraction minière (Sgro, 2017). Les véhicules aériens non habités (UAV) sont surtout connus pour leur fonction première, soit l'observation et la prise de vue. Cependant, grâce à l'évolution de sa technologie, la versatilité des UAV a fortement augmenté et il est possible de les utiliser à d'autres fins que l'observation et dans des environnements hostiles. La croissance de l'exploitation des drones aériens a des répercussions dans certaines professions puisque les tâches réalisées auparavant par l'être humain sont maintenant réalisables de manière beaucoup plus efficace par des drones (Cassart, 2017). Néanmoins, les pertes d'emplois causées par la substitution de la main d'œuvre par des drones sont compensées par la création d'emplois dans les secteurs d'activités liées aux UAV. À plus long terme, l'évolution de la technologie des UAV pourrait

avoir davantage d'impacts dans notre vie quotidienne et ses possibilités d'utilisation pourraient être élargies et venir appuyer d'autres technologies. Les industries aéronautiques devront s'adapter à cette révolution afin de demeurer compétitives au niveau international (Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil, 2014).

1.3 EXPLORATION DU MILIEU SOUS-MARIN À L'AIDE DES ROV

Malgré les progrès technologiques des dernières décennies, le milieu subaquatique de la Terre demeure peu exploré par l'être humain. Le désir d'approfondir nos connaissances concernant le milieu sous-marin est présent depuis longtemps. Cependant, celui-ci s'est accentué récemment en raison, premièrement, des changements climatiques et de ses effets méconnus sur l'environnement aquatique et, deuxièmement, dans le but de localiser des minerais et du pétrole, deux ressources dont leur rareté s'est accrue sur le territoire terrestre depuis quelques décennies. L'une des difficultés rencontrées dans l'exploration des fonds marins est due aux ondes acoustiques qui se propagent dans l'eau, rendant la communication dans ce milieu limitée (Vilbois, 2012).

L'exploration de l'environnement marin a fait ses débuts dans les années 30 grâce à l'utilisation de sous-marins habités. Cependant, ces explorations étaient peu nombreuses en raison de la présence de risques considérables pour les individus qui habitaient le sous-marin ainsi que les coûts élevés des recherches. C'est pourquoi certains ingénieurs ont innové de nouvelles technologies qui ont permis d'approfondir les recherches dans les océans et les mers (NOAA Ocean Exploration, s.d.). Les ROV ont fait leur apparition au Canada au début des années 80 grâce M. Adam Kerr et Dr Jim McFarlane. Ils ont été développés au départ dans le but de cartographier les fonds marins dans le Détroit de Lancaster. Les premiers drones élaborés étaient des drones autonomes qui effectuent un trajet préalablement enregistré. Ce type de drone est appelé AUV (*Autonomous Underwater Vehicles*). D'autres projets ont été mis en place par la suite afin d'augmenter la productivité des navires hydrographiques par l'utilisation d'AUV (Ferguson, 2009). Depuis ce temps, les domaines

d'utilisations des ROV se sont multipliés et leurs fonctions se sont élargies. En effet, employée initialement pour effectuer que de l'observation, la technologie des drones a évolué et il est maintenant entre autres possible de récupérer des objets ou d'en déployer, d'effectuer de l'écoute sonore ou encore de détecter la présence de minerai, de pétrole sous-marin ou de gaz naturel. Il s'agit donc d'un outil très efficace et sécuritaire que ce soit pour effectuer des études océaniques, des inspections de coques de navires, des entretiens de diverses infrastructures maritimes, pour la protection militaire, etc. (Boëly, 2010).

Le drone que le parc national Forillon envisage utiliser pour effectuer l'activité est un drone ROV. Comparativement aux drones AUV décrits plus haut, les ROV se déplacent à l'aide d'un opérateur et non de manière autonome (Boëly, 2010). Il s'agit d'une caméra, conçue pour fonctionner dans l'eau, qui est contrôlée grâce à un ou plusieurs propulseurs. Les images captées par la caméra sont transmises grâce à un câble qui relie le drone à la station de pilotage qui se situe à la surface de l'eau (Christ et Wernli Sr, 2007). Le câble, qu'on appelle aussi l'ombilical, sert aussi à transmettre les commandes aux propulseurs ou à d'autres outils présents sur le drone, afin que celui-ci effectue des déplacements ou toutes autres opérations souhaitées (Vilbois, 2012). En plus d'une caméra qui peut prendre des photos ou des vidéos, le ROV est en général équipé de lumières et possiblement de certains équipements supplémentaires tels que des pinces pour effectuer des manipulations, des appareils afin de réaliser de l'échantillonnage ou encore des instruments qui permettent de mesurer certains paramètres de l'environnement des fonds marins tel que la température de l'eau ou la clarté de celle-ci.

Il existe aujourd'hui plusieurs modèles de ROV qui se différencient selon la distance qu'ils sont en mesure de parcourir sous l'eau, le nombre de propulseurs et leur force, la qualité de l'image et diverses composantes qui peuvent s'ajouter selon l'utilisation du drone (NOAA Ocean Exploration, s.d.). Les ROV sont généralement utilisés lorsque la zone à explorer est limitée, cela peut être des opérations d'inspection, de récupération ou encore la réalisation de travaux sous-marins sur les réseaux pipelines en mer. Les avantages de ces derniers, comparativement aux AUV, sont qu'ils sont beaucoup moins complexes à utiliser et qu'ils

permettent de réaliser des travaux sous-marins. Puisque les AUV sont entièrement autonomes, ils doivent avoir les capacités de compléter leur mission, peu importe la présence de courant et les obstacles qui se présentent à eux. Ils doivent donc avoir une autonomie énergétique très élevée, ce qui n'est pas nécessaire avec les ROV (Vilbois, 2012).

L'utilisation des ROV dans le domaine touristique est récente. La compagnie de croisière norvégienne Hurtigruten est l'une des premières à avoir permis à ses passagers d'explorer les fonds marins, et ce dans le confort de leurs navires grâce à des ROV (Barbaccia, 2017). La compagnie, qui se démarque dans les croisières d'exploration, souhaite offrir des croisières enrichissantes et hors du commun à ses voyageurs. Considérant que la majorité des fonds marins est inexplorée, celle-ci voyait une opportunité d'améliorer l'expérience qu'elle offre sur ses navires. C'est pourquoi l'entreprise a décidé d'équiper deux de ses navires du drone Blueye Pioneer, celui-ci ayant les capacités de capter des images de qualité, et ce même dans les conditions extrêmes et à faible luminosité de l'océan Arctique (Groizeleau, 2017). La compagnie Blueye développe des ROV qui sont conçus pour effectuer des inspections et de la cartographie. Ces derniers ont fait leurs preuves dans différentes industries telles que l'aquaculture, la recherche dans le secteur maritime, les inspections portuaires et de navires et bien d'autres. La compagnie Brim Explorer, qui offre des excursions dans les fjords norvégiens, a aussi intégré un ROV de la compagnie Blueye à l'un de ses bateaux hybrides afin d'ajouter une deuxième dimension à ses croisières (Blueye, s.d.). Brim Explorer et Hurtigruten prônent le respect de l'environnement et leurs croisières sont réputées comme étant peu polluées. Grâce aux drones Blueye, il leur est maintenant possible d'éduquer davantage leurs passagers sur l'environnement marin et sur l'importance de le préserver (Groizeleau, 2017).

1.4 PLONGÉE SOUS-MARINE

La plongée sous-marine est une activité qui se pratique depuis au moins 6500 ans. Cependant c'est en 1839 que le premier scaphandre a été conçu. Ce premier modèle de

scaphandre, qui permettait aux plongeurs de se procurer de l'oxygène grâce à un tuyau qui reliait le casque de plongée à la surface, a été utilisé durant près de 104 ans. En effet, c'est en 1943 que le modèle a subi une importante amélioration afin de permettre aux plongeurs de respirer de façon autonome, c'est-à-dire sans être reliés à la surface. Depuis, le matériel de plongée a sans cesse évolué et il permet aujourd'hui aux plongeurs d'explorer des zones plus profondes et de revenir à la surface sans problème (Macdonald, 2015).

Certes, ces adaptations ont permis de diminuer les risques présents lors d'une plongée sous-marine, mais ces derniers demeurent tout de même considérables. En effet, des accidents sévères peuvent survenir durant la pratique de la plongée sous-marine, dont l'accident de décompression et la suppression pulmonaire (Bourmanne et al., 2015). Les contraintes environnementales sur le plan ventilatoire, cardiovasculaire et thermique qui sont présentes dans le milieu sous-marin augmentent les risques de complication lorsqu'un plongeur subit un malaise (Brion, 2016). Certaines pathologies, entre autres cardiovasculaires et respiratoires, peuvent accentuer le niveau de risques, c'est pourquoi il existe des contre-indications pour la pratique de la plongée sous-marine. Néanmoins, une personne en bonne santé fait tout de même face à des risques d'accident, c'est pourquoi des mesures préventives et des règles de bonnes pratiques doivent être appliquées par les plongeurs en tout temps (Coulange et Barthélémy, 2012).

1.5 EXPLORATION DU MILIEU SOUS-MARIN EN PLONGÉE SOUS-MARINE

La pratique de la plongée sous-marine est bien connue à des fins récréatives, mais celle-ci est aussi utilisée pour effectuer des recherches scientifiques dans différentes disciplines, dont l'archéologie, la biologie, la chimie, la géologie, la physique, l'écologie marine et l'océanographie. Les tâches effectuées par les plongeurs durant la réalisation des recherches scientifiques peuvent être très variées. Par exemple, en plus d'observer le milieu sous-marin, ils peuvent recueillir certaines données (tels que des échantillons de fond, d'eau, de poisson ou d'invertébrés), installer ou récupérer des équipements d'enregistrement ou encore aider à

l'entretien de certaines installations submergées totalement ou partiellement dans l'eau (Macdonald, 2015).

1.6 QUESTION DE RECHERCHE

C'est dans ce contexte que l'étude prend son ancrage. La question à laquelle la présente étude tente de répondre est la suivante : quelle technique d'observation des fonds marins procurerait le plus d'avantages économiques nets au parc national Forillon dans une optique de développer une activité éducative ? Comme mentionné plus haut, les observations ainsi que la collecte de certaines données peuvent être réalisées selon deux différentes techniques, soit en ayant recours à un ROV muni de capteurs de données ou à une caméra et un capteur de données qui seraient manipulés par un plongeur sous-marin. Plus spécifiquement, ce mémoire cherche à vérifier si l'une des deux techniques pouvant être utilisées afin d'effectuer les observations des fonds marins représente une meilleure option économique pour le parc national Forillon.

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE

Afin de répondre à la question de recherche précédente le plus judicieusement possible, il est nécessaire dans un premier temps d'étudier les différentes méthodes qu'il est possible d'employer pour identifier et calculer les avantages économiques nets des deux techniques d'observation. Les sections qui suivent portent premièrement sur l'analyse économique et les différentes méthodes disponibles pour sa réalisation. Ensuite, il est question de la valorisation des effets non-marchands et de l'objectif de la présente recherche.

2.1 ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

Comparativement à l'analyse financière qui s'intéresse uniquement à la rentabilité financière d'un investissement et à son niveau de risque, l'analyse économique évalue les effets de cet investissement sur l'ensemble de la société, en considérant les différentes conséquences positives et négatives. Pour qu'un projet, une nouvelle réglementation ou encore une politique soit évalué comme étant économiquement efficient, il ne suffit donc pas d'évaluer que la rentabilité comptable et financière. Il faut aussi considérer les effets non-marchands, c'est-à-dire les retombés non monétaires occasionnés par un projet (Ferland, 2006). Les coûts qui sont comptabilisés dans une analyse économique englobent l'ensemble des ressources investies dans la réalisation d'une activité. Cela intègre par exemple les matières premières, le temps et l'énergie qui ont été utilisés dans la réalisation de l'activité et qui ne pourront donc pas par le fait même être employés pour la réalisation d'autres accomplissements. Le coût de renonciation, soit la meilleure option alternative qui pouvait

être faite à partir des ressources utilisées que l'on renonce de mettre en place, doit aussi être comptabilisé dans une analyse économique (Chamot et al., 2001).

Le développement de projets ou de politiques qui peuvent potentiellement influencer la société, que ce soit en ayant des conséquences sur des entreprises, des travailleurs, des consommateurs ou encore sur l'environnement, nécessite une évaluation économique (Territoires innovants en Économie sociale et solidaire [TIESS], 2017). Au niveau de l'environnement, l'une des faiblesses des marchés est qu'ils ne considèrent pas les conséquences néfastes de la pollution (Hanemann, 1994). Hanemann (1994) explique que les dommages environnementaux occasionnés par une activité économique peuvent être considérés comme des biens publics puisqu'il y a non-exclusion et non-rivalité. La non-rivalité, dans le cas présent, signifie qu'il n'y a pas de limites quantitatives au niveau des dommages environnementaux pouvant être causés par les actions de certains individus ou groupes d'individus. La non-exclusion pour sa part désigne le fait qu'une fois que des dommages sont causés sur le patrimoine naturel, tous les individus qui en bénéficiaient d'une quelconque façon peuvent en être affectés même s'ils ne sont pas à l'origine des dommages en question. Ce dernier critère fait référence à la présence d'externalités dans les marchés. Ces dernières font en sorte que les préférences des agents économiques ne sont pas entièrement considérées lors des transactions effectuées sur les marchés. Les plus récentes théories développées par les économistes sur le concept d'externalité conçoivent qu'il y a présence d'externalité lorsqu'un agent économique influence indirectement la situation d'un autre agent. L'externalité est positive s'il y a des bénéfices qui sont retirés par un ou des agents n'ayant commis aucune action pour y parvenir et l'externalité est plutôt négative si l'impact externe de l'action représente un coût pour autrui (Berta, 2008). Dans une telle situation, il est nécessaire d'effectuer une évaluation économique afin de considérer l'ensemble des coûts et bénéfices retirés par les différents agents économiques.

Il existe plusieurs types d'évaluation économique, tels que l'analyse coût-bénéfice (ACB), aussi appelée l'analyse coût-avantage (ACA), l'analyse par la minimisation des coûts, l'analyse coût-efficacité (ACE) et l'analyse multicritères (AMC). Le choix du type

d'évaluation dépend de plusieurs critères, soit des objectifs de la recherche, du temps et des ressources disponibles pour la réaliser et de l'accessibilité des données fiables et exploitables (Jouquet, 2019).

L'ACB est un outil d'aide à la décision souvent utilisé afin de juger si un programme ou une activité fournit un bénéfice net à la société. Cette méthode consiste à identifier et quantifier en unité monétaire les coûts, soit les conséquences négatives, et les bénéfices, c'est-à-dire les conséquences positives, d'une décision. Il ne s'agit donc pas seulement de considérer la rentabilité pour la collectivité ou l'industrie qui choisit de réaliser ou non le projet, mais bien de prendre en compte l'ensemble des effets sur la société d'aujourd'hui et de demain. Lorsque les bénéfices sociaux sont supérieurs aux coûts sociaux, alors le projet ou la décision devrait être réalisé (Marsden et Meunier, 2009). L'ACB nécessite d'émettre plusieurs hypothèses et d'estimer certains coûts et bénéfices non-marchands, ce qui peut augmenter la présence de distorsion et de l'inexactitude au niveau des résultats obtenus (Rozworski, 2014). Considérant que la présente recherche n'a pas pour but d'analyser l'impact général de la nouvelle activité d'interprétation sur la société, l'ACB n'est pas la méthode d'analyse à prioriser.

L'analyse de minimisation des coûts est plus simple à mettre en place puisqu'elle ne requiert pas de calculer les bénéfices du projet. La valorisation monétaire des bénéfices d'un projet constitue dans plusieurs cas un défi de taille puisque plusieurs bénéfices se présentent sous forme non-marchande. Lorsque les ressources nécessaires pour effectuer cette valorisation ne sont pas accessibles, l'analyse de minimisation des coûts peut représenter l'unique évaluation économique envisageable (Crochard-Lacour et LeLorier, 2000). L'objectif de celle-ci est d'identifier parmi les différentes options envisagées celle qui minimise les coûts économiques. Néanmoins, malgré le fait qu'elle soit la méthode la plus simple à mettre en place, il n'est pas toujours possible de l'utiliser puisqu'elle nécessite que les options comparées mènent à des résultats similaires, c'est-à-dire aux mêmes bénéfices. Plusieurs études de minimisation des coûts ont été réalisées dans le domaine de la santé afin

de comparer deux traitements médicaux qui ont la même efficacité, mais dont les coûts diffèrent (Chamot et al., 2001).

Comme l'analyse de minimisation des coûts, l'ACE est utilisée dans le but de comparer différentes options. En revanche, les options comparées dans l'ACE peuvent différer autant au niveau des coûts qu'au niveau de l'efficacité. L'objectif est de déterminer l'option la plus efficace pour un coût donné, ou encore l'option la moins coûteuse pour une efficacité au moins égale à un niveau donné. L'utilisation de l'ACE lors d'une évaluation économique nécessite que les bénéfices des différents projets comparés soient exprimés sous la même mesure (Crochard-Lacour et LeLorier, 2000). Il s'agit d'une méthode d'analyse qui est couramment utilisée dans les évaluations médico-économiques afin de comparer le coût de différents traitements par rapport au nombre d'années de vie gagnées ajustées par la qualité de vie (QALY) ou encore le coût par guérison obtenue ou par cancer dépisté par exemple (Zakeski, 2016 ; Chamot, Bovier et al., 2001).

Au niveau de l'AMC, plusieurs projets sont comparés selon certains critères ou caractéristiques préétablis par les décideurs. Chaque critère ou caractéristique obtient une note, le projet retenu sera celui qui recueille la meilleure moyenne des notes pondérées. Une particularité de l'AMC est que les critères ou caractéristiques analysés n'ont pas besoin d'être mesurés en valeur monétaire (Pearce et al., 2006). Cette méthode d'évaluation économique est à privilégier lorsqu'il existe plusieurs solutions ou actions possibles afin de résoudre une problématique. Lorsqu'aucune solution ne se démarque des autres, l'AMC permet d'aider les décideurs à effectuer le meilleur choix en considérant tous les critères qui doivent être pris en compte et leur attribuer un poids selon leur importance relative. Une fois que chaque solution a été évaluée par rapport à l'ensemble des critères, chacune d'entre elles obtient un résultat agrégé et c'est celui-ci qui guide les décideurs dans le choix de la solution à favoriser (Caillet, 2003).

2.2 VALORISATION DES EFFETS NON-MARCHANDS

Afin de mesurer les différents bénéfices et coûts économiques non financiers liés à un projet et de leur attribuer une valeur monétaire, plusieurs économistes ont élaboré des méthodes d'évaluation. Avant de regarder ces méthodes, il est important de bien comprendre certains concepts qui sont considérés dans l'analyse économique, dont le bien-être social. Le concept du bien-être a été étudié par plusieurs chercheurs, l'une des théories qui est couramment utilisée est celle de Jeremy Bentham et John Stuart Mill qui définissent le bien-être social comme étant la somme des utilités individuelles (Barbe, 2016). Le niveau de bien-être individuel, ou encore d'utilité individuelle est un indice qui reflète le niveau de bonheur ou de satisfaction des individus affectés par une situation. Cet indice est représenté par le symbole u_i pour tout individu i . L'indice du bien-être social est donc obtenu en effectuant la somme des u_i , soit $W(u_1, u_2, \dots, u_n) = \sum_{i=1}^n u_i$ où n représente l'ensemble de la population concernée par le projet que ce soit positivement ou négativement (Fleurbaey, 2003).

Les sections qui suivent présentent différentes méthodes qui peuvent être utilisées afin de donner une valeur monétaire aux différents bénéfices et coûts non financiers occasionnés par la réalisation d'un projet. Ces méthodes sont divisées en trois catégories, soit les méthodes directes, indirectes et le transfert de valeurs.

Le tableau qui suit résume ces trois méthodes qui sont présentées en détail dans les paragraphes suivants. Selon le contexte de la recherche et les données accessibles, il revient au chercheur d'identifier laquelle parmi ces trois méthodes il est préférable d'employer.

Tableau 1 : Valorisation des effets non-marchands

Méthodes directes	Méthodes indirectes	Transfert de valeurs
Évaluation contingente Analyse conjointe	Coût de déplacement Prix hédonique	Transfert du CAP sans ajustement Transfert du CAP avec ajustement Transfert de la fonction du CAP

2.2.1 Méthodes directes

Un projet peut avoir plusieurs conséquences non-marchandes, par exemple des répercussions sur la qualité de vie des individus, sur la qualité de l'air, sur le niveau de sécurité ou encore sur le temps requis pour effectuer une action. Malgré le fait qu'elles n'aient pas de valeur monétaire, ces conséquences représentent tout de même une valeur pour la société et elles peuvent venir modifier le niveau de bien-être de celle-ci. Les analyses économiques comptabilisent ces effets non-marchands, il est donc possible qu'un projet soit financièrement rentable, mais qu'il ne le soit pas d'un point de vue économique en raison de ses effets non monétaires. Le choix des méthodes utilisées afin de déterminer la valeur monétaire de ces effets doit se faire de manière judicieuse, puisqu'une surévaluation ou une sous-évaluation de ces derniers pourrait fausser la conclusion de l'analyse (Atkinson et al., 2006).

Les méthodes directes ont pour objectif de déterminer le consentement à payer (CAP) des individus, soit le montant que ceux-ci seraient prêts à déboursier afin de bénéficier de l'effet non-marchand en question. Si l'effet est plutôt négatif et représente un coût, le consentement à payer traduit plutôt la valeur que les individus seraient prêts à payer afin d'éviter la situation. L'objectif peut aussi être de déterminer le consentement à recevoir (CAR) des individus. Celui-ci vise à identifier la compensation que les individus accepteraient s'ils devaient renoncer au bénéfice en question, ou encore le montant qu'ils consentent à recevoir en échange des effets négatifs occasionnés par le projet (Marsden et

Meunier, 2009). Ce CAP ou à recevoir reflète en quelque sorte le bien-être supplémentaire, ou encore la diminution de bien-être, que les agents économiques associent à un effet non-marchand.

Deux méthodes directes sont envisageables afin d'analyser le CAP des agents économiques qui bénéficient d'un bien intangible. Premièrement, il est possible d'utiliser l'évaluation contingente, soit en effectuant une enquête par sondage ou entrevue, afin de recueillir directement les informations manquantes. Celle-ci consiste à demander directement aux individus concernés le montant qu'ils seraient prêts à payer afin d'obtenir un bénéfice quelconque ou encore le montant qu'ils seraient prêts à recevoir pour accepter de renoncer à ce bénéfice. L'avantage de cette méthode est qu'il est possible d'effectuer la collecte de données avant que le projet soit mis en place. Cependant, certains biais peuvent se présenter ce qui vient limiter la fiabilité des résultats obtenus. Les réponses divulguées par les personnes interrogées ne reflèteront possiblement pas leur réel comportement une fois le projet en place (Marsden et Meunier, 2009).

La deuxième méthode possible, qui est l'analyse conjointe, limite les biais présents lorsque les personnes doivent donner une valeur monétaire brute à certains attributs intangibles d'un bien ou d'un service. Celle-ci consiste à attribuer une valeur monétaire qu'un individu accorde à un élément d'un produit qu'il consomme (Delacroix et al., 2021). Pour y parvenir, les consommateurs concernés doivent classer en ordre de préférence différents scénarios qui ont des caractéristiques et des prix distincts. L'analyse conjointe est fréquemment utilisée en marketing afin d'estimer les attentes des consommateurs et leurs préférences parmi plusieurs caractéristiques qu'un produit peut détenir. Cependant, elle est beaucoup plus complexe à élaborer et elle requiert une analyse statistique plus complexe que l'évaluation contingente (Delacroix et al., 2021 ; Guillot-Soulez et Soulez, 2011).

2.2.2 Méthodes indirectes

L'utilisation de méthodes indirectes permet aussi de déterminer la valeur qu'un individu associe à un effet non-marchand qu'il pourrait bénéficier. Celle-ci repose sur l'observation de préférences révélées dans certains marchés connexes. L'étude de situations déjà existantes et similaires à celle analysée transmet dans certains cas assez d'informations afin de déduire la valeur que les individus accordent à l'effet intangible en question. En d'autres mots, l'objectif des méthodes indirectes est d'identifier la valeur monétaire que les consommateurs accordent à une caractéristique spécifique d'un bien ou d'un service. Pour que ces méthodes soient employées, il faut absolument qu'il y ait un marché comparable à celui à l'étude et que l'effet à l'analyse soit présent dans celui-ci (Noël et Tsang King Sang, 2015).

Lorsque l'objectif est d'identifier la valeur accordée à l'usage récréatif de sites naturels, la technique utilisée est celle du coût de déplacement. Hotelling (1947) est l'auteur de cette méthode qui repose sur l'idée que « pour bénéficier des aménités récréatives procurées par un site naturel, le visiteur doit se déplacer jusqu'à ce site et subir des coûts de transport. Ces coûts constituent des prix implicites et permettent d'estimer la valeur d'usage récréatif du site » (Brahic et Terreaux, 2009). Le niveau de demande pour un actif environnemental est donc obtenu selon cette théorie en considérant l'ensemble des dépenses que les individus engagent afin de bénéficier de l'activité, et non seulement le prix d'accès au site. L'avantage de cette méthode est qu'elle observe de réels comportements, donc les biais présents lors d'une évaluation contingente sont limités. Cependant, certaines problématiques sont présentes. Premièrement, une sous-estimation du consentement à payer peut survenir lorsque les visiteurs seraient prêts à payer davantage que ce qu'ils ont déboursé. Deuxièmement, la représentativité de l'échantillonnage des personnes interrogées peut être biaisée puisqu'il y a que les individus qui visitent le site qui sont interrogés, alors que les personnes ne visitant pas le parc peuvent aussi accorder une valeur à celui-ci (Scherrer, s.d.).

La méthode des prix hédoniques est une deuxième façon d'évaluer la valeur monétaire d'un bien non-marchand en examinant des situations existantes. Celle-ci peut être utilisée dans les marchés dont les caractéristiques du produit sont variables, ce qui influence le prix de celui-ci. En comparant plusieurs produits et leur prix, il est possible d'obtenir des informations sur le prix implicite de chaque caractéristique (Noël et Tsang King Sang, 2015). Cette méthode est souvent utilisée dans le marché immobilier, puisque les caractéristiques du logement, de son environnement et l'année au cours de laquelle le logement est vendu influencent le prix de vente du bien immobilier (Terra, 2005).

2.2.3 Transfert de valeurs

La méthode d'évaluation d'un bien non-marchand la moins onéreuse et la plus rapide est celle du transfert de valeur, aussi appelée transfert de bénéfices (Bonnieux et Rainelli, 2003 ; OCDE, 2006). Lorsqu'un transfert de valeur est effectué, certaines valeurs non-marchandes sont déduites à partir d'études analogues réalisées antérieurement (Genty, 2005). Cependant, cette méthode exige l'existence d'une situation comparable et dont les valeurs déjà obtenues peuvent s'appliquer dans un autre contexte (Desaigues et Point, 1993). Plusieurs disciplines scientifiques optent pour l'utilisation du transfert de valeurs dans leur recherche, entre autres pour sa rapidité et son faible coût financier, mais aussi puisqu'elle ne nécessite pas de modifier le système présentement en place, ce qui peut être le cas avec les méthodes directes. Des changements du système peuvent parfois être non souhaités en raison des effets secondaires qu'ils occasionnent (pollution, nuisance, destruction). Dans certains cas, il n'est techniquement pas envisageable d'utiliser des méthodes directes en raison du manque de connaissances sur le sujet et le transfert de valeur représente alors la meilleure méthode afin d'obtenir des informations (Genty, 2005). Malgré l'expression « transfert de bénéfices » employée pour définir cette méthode, celle-ci est tout de même applicable afin de mesurer des coûts non-marchands, ceux-ci peuvent être perçus comme étant des avantages

renoncés par rapport au *statu quo* (Organisation de coopération et de développement économique [OCDE], 2006).

Bien qu'il y ait de plus en plus d'études de qualité ayant utilisé des méthodes directes pour estimer des bénéfices et coûts non-marchands, la validité des données recueillies par transfert de valeurs est limitée à bien des égards. Les études qui ont permis de mesurer des valeurs non-marchandes n'ont pas été réalisées dans l'optique de permettre facilement le transfert de ces valeurs. C'est pourquoi il est parfois essentiel pour le chercheur ayant opté pour la méthode de transfert de valeur d'apporter certains ajustements aux données obtenues lors de l'étude originale. Dépendamment de la transférabilité des données, le chercheur doit choisir parmi trois différentes méthodes : le transfert du CAP sans aucun ajustement, le transfert du CAP avec ajustement et finalement le transfert de la fonction du CAP (OCDE 2006).

La première méthode possible, soit le transfert du CAP sans aucun ajustement, peut être mise de l'avant lorsqu'une ou des études originales sont identiques à l'étude en cours. Celle-ci consiste à utiliser des CAP déterminés lors des études originales sans apporter quelconque modification. La formule de cette méthode est la suivante :

$$CAP_E = CAP_P$$

Où :

- E = Contexte de l'étude originale ;
- P = Contexte de l'étude en cours

Avant de choisir cette méthode, le chercheur doit s'assurer que les caractéristiques pouvant influencer le CAP dans l'étude originale et l'étude en cours sont les mêmes. Entre autres, les caractéristiques socio-économiques et démographiques des populations concernées, les caractéristiques physiques du site original et du site de l'étude en cours, le niveau de variation de l'offre du bien non-marchand évalué, la présence ou non de marchés

substituts et les variations temporelles sont des éléments de l'étude originale et celle en cours qui peuvent modifier le CAP et ainsi limiter le transfert sans ajustement de celui-ci.

La seconde méthode envisageable est le transfert du CAP avec ajustement. Celle-ci prend en compte l'influence du revenu par habitant sur le CAP. La formule est la suivante :

$$CAP_P = CAP_E \left(\frac{Y_P}{Y_E} \right)^e$$

Où :

- Y = Revenu par habitant ;
- e = Élasticité du CAP par rapport au revenu.

L'élasticité du CAP par rapport au revenu est une estimation de la sensibilité du consentement à payer des agents économiques pour un bien non-marchand selon les variations de leur revenu. La valeur de e nous informe sur le changement du CAP pour le bien non-marchand à la suite d'une hausse de 1 % du revenu des personnes concernées. Lorsque la valeur de e est comprise entre 0 et 1, la variation en pourcentage du CAP est plus faible que celle du revenu. Dans les situations où $e > 1$, le CAP augmente plus rapidement que le revenu, ce qui signifie que le CAP pour le bien non-marchand est très élastique au revenu. Lorsque $e < 0$, une hausse du revenu occasionne une diminution du CAP, cela peut être le cas par exemple lorsque le bien non-marchand possède des substituts de meilleure qualité (Organisation Mondiale du Commerce [OMC], 2005). Si $e = 1$, le CAP et le revenu varie à la même ampleur et la formule devient alors :

$$CAP_P / CAP_E = Y_P / Y_E$$

L'utilisation de cette formule illustre le fait que si le revenu par habitant de la population concernée par l'étude en cours est inférieur à celui de la population affectée par l'étude originale, alors le $CAP_P < CAP_E$ (et l'inverse lorsque $Y_P > Y_E$). Néanmoins, le revenu par habitant n'est qu'un déterminant parmi plusieurs qui peut influencer le CAP. Cette

méthode peut seulement être utilisée lorsque le CAP du bien non-marchand à l'analyse varie majoritairement selon le revenu des individus concernés.

Afin de considérer davantage de variables pouvant influencer le CAP, il est nécessaire d'utiliser une méthode plus complexe, soit le transfert de la fonction du CAP. Cette méthode est à prioriser lorsque le CAP_E est fonction de plusieurs caractéristiques ($CAP_E = f(A, B, C, Y)$ où A, B, C et Y représente les variables qui affecte le CAP_E). Le degré d'influence de chaque variable sur le CAP_E est déterminé grâce à la formule suivante :

$$CAP_E = a_0 + a_1A_E + a_2B_E + a_3C_E + a_4Y_E$$

Où a_i représente les coefficients qui permettent de quantifier l'influence marginale de chaque facteur sur le CAP_E . Ces coefficients sont transférés dans la formule du CAP_P :

$$CAP_P = a_0 + a_1A_P + a_2B_P + a_3C_P + a_4Y_P$$

Une fois que les valeurs moyennes ou les fonctions des variables A_P , B_P , C_P , et Y_P sont déterminés, il est possible d'estimer le CAP_P . Néanmoins, l'utilisation de cette méthode est seulement possible en connaissance des caractéristiques physiques du site de référence et du site à l'étude et de leurs utilités ainsi que les caractéristiques socio-économiques et démographiques des populations ciblées dans les deux études (OCDE, 2006).

2.3 OBJECTIF DE RECHERCHE

L'exploration des fonds marins dans le secteur du parc national Forillon et le développement d'une activité éducative à partir des observations réalisées représentent un investissement important et les impacts du projet ne se présentent pas seulement sous la forme monétaire. C'est pour ces raisons qu'il est pertinent d'effectuer une analyse économique avant la réalisation du projet. Considérant que le projet se trouve à un stade embryonnaire et qu'aucun projet similaire n'a déjà été réalisé dans le passé, l'étude par minimisation des coûts

est la méthode d'analyse économique la plus appropriée à effectuer pour l'instant. Tel que mentionné plus haut, l'analyse de minimisation des coûts est uniquement réalisable lorsque les résultats sont identiques pour l'ensemble des options envisagés. Il s'agit donc d'un critère important qui sera pris en compte tout au long de l'analyse.

L'objectif de cette présente étude est d'identifier parmi les deux techniques d'observation envisagées par le parc national Forillon, celle qui minimise les coûts économiques. Pour y répondre, l'ensemble des coûts générés par les deux techniques d'observation des fonds marins pour atteindre les mêmes résultats (donc les mêmes bénéfiques) doit être identifié et quantifié. Ensuite, les données seront comparées afin de déterminer s'il est plus optimal d'effectuer les observations et la prise de données par un plongeur ou à l'aide d'un ROV.

Au regard du paragraphe qui précède, l'objectif de ce mémoire n'est pas de statuer sur la mise en place ou non du projet, mais bien de conseiller au parc national Forillon la technique d'observation à privilégier dans le seul objectif de minimiser les coûts économiques. L'ACB aurait été préférable si l'objectif de la recherche était de vérifier l'impact du projet sur le bien-être collectif. De plus, il n'est pas possible avec les données actuelles d'effectuer la valorisation monétaire de l'ensemble des bénéfiques, c'est pourquoi l'ACB n'est pas réalisable à ce stade du projet.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente d’abord la population ciblée par la nouvelle activité d’interprétation ainsi que l’horizon temporel du projet. Il est ensuite question de la méthodologie sous-jacente à l’identification des bénéfices associés au projet ainsi que les coûts pour les deux techniques d’observation considérées par le parc. Puis, la méthodologie d’actualisation des données est présentée. La dernière section de ce chapitre porte sur l’analyse de sensibilité.

3.1 POPULATION CIBLÉE

La présente section vise à identifier la population qui sera interpellée par le projet. Les visiteurs du parc national Forillon, soit environ 165 000 personnes par année, représentent la population qui pourra profiter de l’activité éducative. Ces visiteurs proviennent majoritairement du Québec. Cependant, il y avait tout de même en 2011 environ 12% des visiteurs de la Gaspésie qui provenaient des autres provinces du Canada, des États-Unis et de l’Europe (Association touristique régionale de la Gaspésie, 2014). Certes, seulement 20% des visiteurs participent aux activités d’interprétation offertes par le parc, ce qui démontre que ce n’est pas l’ensemble des visiteurs qui pourraient être intéressés par l’activité (Delisle, 2009). Néanmoins, il est raisonnable de supposer que le niveau de participation à la nouvelle activité d’interprétation serait comparable à celui des autres activités déjà offertes par le parc national Forillon. Ainsi, la nouvelle activité devrait attirer aux alentours de 33 000 participants par année.

La population résidant dans la région de la Gaspésie pourrait aussi être affectée par l’activité. Premièrement, au niveau des retombées économiques, il est possible que l’ajout de

cette nouvelle activité attire de nouveaux visiteurs, ce qui augmenterait la demande dans d'autres secteurs d'activités. Toutefois, les résidents pourraient subir certains inconvénients liés à la croissance du tourisme en Gaspésie. Reconnue pour ses paysages remarquables et ses richesses naturelles, une forte présence de touristes pourrait venir brimer la jouissance des citoyens du territoire, ce qui représente une externalité négative liée au tourisme. Il n'est pas possible à partir des informations que nous possédons de prévoir si l'activité génère réellement une hausse d'achalandage dans le territoire de la Gaspésie et d'en connaître les impacts sur la population. C'est pourquoi la population ciblée pour la présente étude est premièrement les visiteurs qui participent aux activités d'interprétation, deuxièmement les scientifiques qui pourront analyser les données et les observations collectées dans leur recherche et troisièmement le parc national Forillon qui est à la source du projet.

Les impacts sur les participants à l'activité éducative et sur les scientifiques sont seulement positifs, ils n'ont donc pas à être comptabilisés dans l'analyse de minimisation des coûts. Seulement la population qui peut subir des impacts négatifs doit être considérée. L'ensemble des coûts financiers sont pris en charge par le parc national Forillon. Les coûts liés aux risques durant la plongée sous-marine, soit les assurances, seront pris par le plongeur engagé par le parc national Forillon. Ainsi, le salaire du plongeur inclut le risque qui est associé à l'activité de la plongée sous-marine.

3.2 HORIZON TEMPOREL

L'horizon temporel, c'est-à-dire la durée sur laquelle il convient de mesurer les coûts du projet, peut exercer une forte influence sur le résultat obtenu. Parmi les deux techniques d'observation envisagées, l'une nécessite un coût d'investissement initial important, mais possiblement des coûts d'opération moindres, alors que la seconde technique demande un plus faible investissement initial, mais les coûts d'opération seront plus élevés par la suite. Un horizon temporel trop court ou trop long pourrait favoriser l'une ou l'autre des techniques

qui sont comparées. Le choix de l'horizon temporel de la présente étude se base sur la durée de vie matérielle de l'investissement.

Dans le présent cas à l'étude, le principal investissement en équipement est l'achat du ROV pour la première technique d'observation envisagée. La seconde option analysée, qui est d'observer les fonds marins en effectuant de la plongée sous-marine, nécessite l'achat d'une caméra sous-marine et d'un capteur de données. L'horizon temporel sera la plus courte durée de vie espérée du matériel nécessaire pour effectuer les observations. La durée de la garantie du matériel sera utilisée pour supposer cette donnée. Ainsi, l'horizon temporel du projet sera de la même durée que celle de la garantie des principales pièces du ROV qui sera sélectionné au chapitre suivant.

3.3 ÉVALUATION DES BÉNÉFICES

La présente section expose les différents bénéfices reliés au projet. Puisque l'analyse économique choisie pour cette étude est la méthodologie de minimisation des coûts, les bénéfices du projet seront simplement présentés sans être traduits en valeur monétaire. Il est tout de même important de bien les identifier puisque les deux techniques d'observation comparées doivent permettre l'atteinte des mêmes objectifs. Les bénéfices d'un projet représentent les avantages perçus d'une part par l'agent privé ou public qui représente le promoteur du projet et d'une autre part, par la collectivité, soit la population qui pourra bénéficier de la nouvelle activité d'interprétation et des découvertes scientifiques réalisées durant les observations.

3.3.1 Bénéfices du point de vue du promoteur

Le parc national Forillon est le promoteur du projet puisque c'est celui-ci qui le mettra en place et qui bénéficiera des revenus générés par l'activité d'interprétation. Le développement du projet nécessite des investissements et d'autres frais devront être encourus une fois que les activités seront mises sur pied, il va donc de soi que les participants à l'activité éducative déboursent un certain montant afin d'en bénéficier. Les recettes financières obtenues grâce à l'activité représentent donc l'un des bénéfices pour le parc. Un second bénéfice pour le parc national Forillon est la création d'une base de données multidisciplinaires qui pourra éventuellement être vendue à des chercheurs et ainsi générer des revenus. Néanmoins, le principal bénéfice pour le parc national Forillon est de développer une activité qui va de pair avec leur mission de sensibiliser la population à l'importance de conserver le milieu naturel en bon état.

Pour que les bénéfices perçus par le parc national Forillon soient les mêmes, peu importe la technique utilisée pour effectuer les observations, il est essentiel que la nouvelle activité d'interprétation puisse être présentée au même nombre de participants. De plus, la fréquence de présentation de l'activité doit aussi être la même afin de maintenir les bénéfices identiques dans les deux cas. Les vidéos et les données présentés aux participants doivent aussi être les mêmes, qu'ils soient captés par un ROV ou par un plongeur. C'est pourquoi il est nécessaire d'identifier les différents capteurs qui devront être présents sur le plongeur afin que celui-ci puisse capter l'ensemble des données recueillies par le ROV sélectionné pour l'activité. Au fur et à mesure que le parc national Forillon effectuera l'observation des fonds marins, il est possible que de nouveaux bénéfices s'ajoutent à la liste. Par exemple, les observations pourraient permettre de détecter certains problèmes environnementaux. L'identification de ces problèmes est essentielle afin que le parc puisse déterminer comment intervenir afin de limiter leur progression.

3.3.2 Bénéfices du point de vue de la collectivité

Les observations des fonds marins et les données qui seront collectées pourront être utilisées dans le cadre de différentes recherches scientifiques. Les images captées permettront de voir l'évolution de l'environnement et ainsi d'identifier certains phénomènes qui se concrétisent dans le temps. De plus, les constats réalisés grâce aux recherches scientifiques seront bénéfiques pour l'ensemble de la société puisqu'ils permettront d'améliorer nos connaissances du milieu maritime. Cette meilleure connaissance pourrait éventuellement permettre de développer des solutions aux problèmes détectés.

Le prix que les visiteurs sont prêts à payer pour participer à l'activité va varier d'une personne à l'autre selon ses intérêts et ses capacités financières. Lorsqu'un visiteur profitera de l'activité à un prix moindre à ce qu'il aurait été prêt à payer au maximum, cela représentera le bénéfice brut procuré à cet individu. Les bénéfices des usagers sont donc la somme des écarts entre le prix que les visiteurs consentent à payer et le prix qu'ils payent réellement. La somme de ces écarts représente en quelque sorte le surplus du consommateur. Néanmoins, il n'est pas nécessaire de déterminer cette valeur considérant qu'elle ne devrait pas différer selon la technique d'observation des fonds marins choisie.

Le tableau suivant résume les différents bénéfices retirés par le promoteur et la collectivité. Pour la présente recherche, il est supposé que ces bénéfices sont identiques, peu importe la technique d'observation utilisée. Une analyse coût-bénéfice pourrait être effectuée ultérieurement afin d'identifier si le projet génère des bénéfices nets positifs.

Tableau 2 : Résumé des bénéfices générés par le projet

Évaluation des bénéfices	Acteurs	Bénéfices
	Parc national Forillon	Revenus générés par l'activité d'interprétation ; Nouvelle façon de sensibiliser la population sur les enjeux environnementaux ; Données intéressantes pour les recherches dans le milieu maritime.
Collectivité	Meilleure connaissance du milieu maritime ; Lutte contre les changements environnementaux ; Utilité retirée par les participants à l'activité d'interprétation.	

3.4 ÉVALUATION DES COÛTS

La notion de coût peut être complexe et varier selon le point de vue d'analyse du projet. Les coûts considérés dans l'analyse doivent inclure premièrement les sommes, exprimées en valeur monétaire, déboursées pour la mise en œuvre du projet. Cela inclut premièrement les coûts fixes (CF), soit les dépenses qui ne dépendent pas du niveau de production, par exemple les coûts d'investissement des installations, les assurances et le loyer s'il y a lieu. Il y a deuxièmement les coûts variables (CV) qui, à l'inverse, vont dépendre du niveau de production (Q). Les coûts pour la main-d'œuvre et pour l'énergie par exemple vont être comptabilisés dans la catégorie des coûts variables. Le coût total d'un projet est donc exprimé par la formule suivante :

$$CT(Q) = CF + CV(Q)$$

À partir du coût total, le coût moyen $CM(Q)$ par unité de bien produit peut être pertinent à calculer. Dans le présent projet, le coût moyen pourrait être calculé selon le coût moyen pour un participant à l'activité d'interprétation.

$$CM(Q) = \frac{CT(Q)}{Q}$$

Le coût marginal de production $Cm(Q)$ peut aussi être calculé à partir de la fonction du coût total et permet d'identifier le coût qu'entraîne la production d'une unité supplémentaire, soit d'un participant supplémentaire dans la présente étude. Le coût marginal de production est obtenu en dérivant la fonction du coût total par Q . Puisque le coût fixe ne dépend pas du niveau de production, celui-ci n'influence pas le coût marginal de production.

$$Cm(Q) = \frac{dCT(Q)}{dQ} = \frac{dCV(Q)}{dQ}$$

Lors d'une analyse économique, il faut inclure dans le coût total les coûts économiques, environnementaux et sociaux qui ne se présentent pas en tout temps sous la forme monétaire. Il faut donc dans un premier temps utiliser une méthode afin de donner une valeur monétaire à ces coûts, puis selon s'ils sont fonction du niveau de production ou non, ils sont comptabilisés dans la catégorie des coûts fixes ou des coûts variables.

3.5 ÉVALUATION DES COÛTS : OBSERVATIONS PAR ROV

Cette partie du travail définit les coûts reliés à la première technique d'observation envisagée par le parc national Forillon, soit l'observation par ROV. Puisque nous avons émis l'hypothèse qu'il n'y a pas de changements au niveau de l'achalandage et qu'il n'est pas démontré dans la littérature que l'utilisation des ROV ait des impacts néfastes sur l'environnement, seulement les coûts d'investissement et les coûts d'opération seront considérés. Afin de proposer un modèle de ROV au parc national Forillon qui convient aux utilisations prévues et qui offre un bon rapport qualité-prix, deux différents modèles seront comparés dans la section suivante. Ainsi, en plus de calculer les coûts d'investissement et d'opération de cette technique d'observation, les caractéristiques du ROV seront aussi prises en considération.

3.5.1 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissements incluent les dépenses réalisées avant que le projet soit en activité. Il s'agit donc des montants déboursés lorsque le projet est en construction. Ces coûts peuvent varier selon le type et l'envergure du projet. Dans certains cas, plusieurs phases d'études doivent être réalisées avant que le projet soit entamé, par exemple des études de faisabilité technique, politico-légale, environnementale ou encore financière. L'ensemble des coûts de ces études sont inclus dans les coûts d'investissement puisqu'elles sont effectuées avant la mise en œuvre du projet (Merle, 2022). Néanmoins, considérant que le projet que souhaite mettre en place le parc national Forillon n'est pas de grande ampleur, aucune étude autre que ce présent travail de mémoire ne sera réalisée.

Dans le cas du projet à l'étude, les coûts d'investissement comprennent premièrement les coûts de préexploitation qui sont associés aux frais liés à la planification et à la gestion des dossiers du projet et aux tests d'expérimentation de différents modèles de ROV qui seront potentiellement utilisés pour l'activité. Une fois le plan de mise en œuvre élaboré, la construction des infrastructures et l'achat de l'équipement nécessaire à l'activité devront être effectués. Il peut aussi avoir des coûts relatifs à l'aménagement du territoire si celui-ci n'est pas en état d'accueillir les infrastructures ou s'il y a un aménagement paysagé à effectuer.

Considérant que l'objectif de la recherche est d'identifier l'écart de coûts entre la technique d'observation par ROV et la technique par plongeur sous-marin, il n'est pas nécessaire de comptabiliser les coûts qui sont identiques dans les deux options. Les frais encourus par la planification et la gestion du projet et par les installations nécessaires pour développer la nouvelle activité d'interprétation sont sensiblement les mêmes, que les observations soient réalisées par un ROV ou par un plongeur. C'est pourquoi seulement les coûts associés à l'expérimentation des différents modèles de ROV et à l'achat d'équipements qui permettront d'effectuer les observations et de collecter les données seront comptabilisés dans les coûts d'investissement. Le principal investissement provient de l'achat du ROV,

mais d'autres équipements peuvent être nécessaires. La section suivante proposera deux différents modèles de ROV que le parc national Forillon pourrait se procurer.

3.5.2 Coûts de fonctionnement

Une fois que les équipements sont acquis, leur utilisation engendrera certains coûts. Les coûts de fonctionnement sont les coûts qui surviennent durant la période d'exploitation, il s'agit donc des dépenses nécessaires pour réaliser les observations des fonds marins. Contrairement aux coûts d'investissement, les coûts de fonctionnement sont présents tout au long de la réalisation de projet. Ils sont donc absents durant la phase de construction et de développement du projet (Joubert, 2017). Pour que le projet se réalise de façon hebdomadaire à partir du 1^{er} juin jusqu'au 30 septembre, celui-ci nécessite premièrement de la main-d'œuvre pour effectuer les manipulations du ROV. Deuxièmement, le bateau qui sera utilisé pour se rendre à chaque zone observée nécessitera du carburant, ce qui représente un coût en énergie. Troisièmement, certains équipements, tels que le ROV, nécessiteront des maintenances ou des réparations. Finalement, puisque l'équipement acquis pour réaliser le projet représente des montants importants, le parc national Forillon devra assurer ces derniers.

3.6 ÉVALUATION DES COÛTS : OBSERVATIONS PAR PLONGÉE SOUS-MARINE

Cette partie définit les coûts qui devront être supportés par le parc national Forillon si les observations sont effectuées en plongée sous-marine. Encore une fois, les coûts seront divisés en deux catégories, soit les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement.

3.6.1 Coûts d'investissement

Comme pour la technique d'observation par ROV, l'observation des fonds marins par un plongeur nécessite l'achat de certains équipements afin de pouvoir enregistrer les observations. Une caméra sous-marine, qui permet de capter des images comparables à celles pouvant être obtenues par le ROV, devra être achetée par le parc national Forillon. Puisque les deux techniques d'observation doivent permettre d'acquérir les mêmes données, le plongeur devra aussi être muni d'un capteur de données afin d'enregistrer les mêmes données que le ROV permettrait d'obtenir. Puisque le parc national Forillon engagera des plongeurs qui possèdent leur propre équipement de plongée sous-marine, il ne sera pas nécessaire d'effectuer l'achat de celui-ci. Néanmoins, le coût de l'équipement sera intégré aux salaires versés aux plongeurs engagés.

3.6.2 Coûts de fonctionnement

Les catégories de coûts de fonctionnement de la technique d'observation par plongeur sont comparables à ceux de la technique par ROV en ce qui concerne premièrement l'utilisation du bateau qui permettra à l'équipe de se rendre aux zones étudiées. En effet, peu importe la technique d'observation utilisée, les déplacements en bateau seront les mêmes donc les coûts en termes d'énergie le seront aussi. Deuxièmement, il sera aussi nécessaire d'effectuer l'entretien de l'équipement acquis par le parc, soit la caméra sous-marine et le capteur de données.

La majorité des coûts de fonctionnement du projet proviennent donc de la main-d'œuvre lorsque les observations sont faites par un plongeur. En effet, le parc national Forillon devra rémunérer un plongeur durant approximativement 13 semaines. Pour déterminer ce que ce salaire représente en coût, nous utiliserons le salaire horaire d'un plongeur sous-marin multiplié par le nombre d'heures nécessaires pour effectuer l'ensemble

des observations. Le salaire horaire moyen d'un plongeur professionnel au Québec sera utilisé afin d'estimer le coût associé à cette main-d'œuvre. En plus de prendre une assurance pour l'équipement, le parc devra aussi s'assurer pour la main-d'œuvre considérant qu'il existe un certain risque pour la santé physique du plongeur.

Le tableau 3 résume les différentes catégories de coûts du projet. Dans la prochaine section du travail, les différents équipements qui pourront être acquis par le parc national Forillon seront présentés. Il sera donc possible d'utiliser à nouveau le tableau 3 et d'y mettre les valeurs monétaires pour chacune des catégories de coûts. Un tableau sera donc réalisé pour chaque technique d'observation envisagée. La valeur « n » sera remplacée par l'horizon temporel du projet, qui sera aussi déterminé dans la prochaine section.

Tableau 3: Coûts du projet

Désignation	Année 1	Année 2	Année n
<u>Coûts d'investissement</u>				
○ Coûts de pré-exploitation				
○ Actifs corporels				
<u>Coûts de fonctionnement</u>				
○ Maintenance				
○ Assurances				
○ Main-d'œuvre				
○ Énergie				
○ Autres				
<u>Intérêts payés sur l'emprunt</u>				
Total des coûts du projet				

3.7 ACTUALISATION

Le projet à l'étude se déroule sur plusieurs années, cela signifie que les coûts et les bénéfices qui y sont associés s'échelonnent sur plusieurs périodes. Les coûts du projet seront évalués en unités monétaires, il est donc nécessaire d'utiliser un taux d'actualisation social afin de neutraliser l'inflation, la préférence pour le présent des consommateurs et le coût de

renonciation des ressources investies. L'inflation peut facilement être neutralisée en exprimant les unités monétaires en valeur réelle d'une année de référence.

L'actualisation est donc particulièrement utile entre autres pour représenter l'impatience des agents économiques. En effet, ces derniers préfèrent toujours consommer immédiatement. Afin qu'ils acceptent de reporter des dépenses qui leur apportent un niveau de satisfaction immédiat, il faut qu'ils obtiennent une compensation en retour et celle-ci est représentée par le taux d'actualisation. Plus le taux d'actualisation est élevé, plus les consommateurs valorisent le présent au détriment du futur et la situation inverse s'applique aussi.

Finalement, le taux d'actualisation permet de considérer le coût d'opportunité du capital investi. Étant dans un contexte de rareté des ressources, il est important de considérer l'ensemble des opportunités pouvant être élaborées avec les ressources productives, soit la main-d'œuvre et le capital physique, et les ressources naturelles disponibles. Le développement du projet à l'étude n'est qu'une option parmi d'autres et c'est pourquoi il est important de considérer les différents projets réalisables par le parc national Forillon. Le coût d'opportunité représente l'usage qui est renoncé en mobilisant les ressources productives aux projets en cours (Ferland, 2006). Pour que le projet soit mis en place, il faut que les bénéfices encourus soient supérieurs aux bénéfices réalisables en utilisant les ressources à d'autres fins. Le taux d'actualisation permet aussi de refléter le meilleur usage alternatif des flux monétaires utilisés dans le projet.

Il existe une formule qui permet de déterminer la valeur actualisée d'un investissement. Celle-ci permet de prendre en compte le coût de renonciation des ressources investies, c'est-à-dire le rendement qui a été sacrifié en utilisant les fonds pour mettre le projet en place. Voici la formule qui est utilisée afin de calculer la valeur actualisée nette d'un projet qui est réalisé sur un horizon de temps N :

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{B_t - C_t}{(1 + s)^t}$$

Où :

- VAN = valeur actualisée nette ;
- t = période (temps t) ;
- B_t = Somme des bénéfices en t ;
- C_t = Somme des coûts en t ;
- s = taux d'actualisation

Selon l'analyse coût-bénéfice, il faut que la VAN soit positive pour réaliser le projet, sans quoi celui-ci viendrait appauvrir la société. Il est important de noter que la formule ci-dessus peut être utilisée seulement si les bénéfices et les coûts se manifestent à la fin de chaque période. Si les coûts et les bénéfices ne se présentent pas à la même période, il faut les actualiser séparément. La VAN est couramment utilisée dans le secteur financier afin d'évaluer la rentabilité d'un projet ou d'un investissement. L'objectif en calculant une VAN lors d'une analyse financière est de rendre comparable des valeurs monétaires qui sont perçues à des moments différents. Bien que la formule utilisée dans les analyses financières soit légèrement différente de celle ci-dessus, la conclusion demeure la même, c'est-à-dire qu'un projet ou un investissement ne doit être réalisé que si sa VAN est positive (Thauvron, 2003).

Dans la présente étude, puisque l'objectif est de comparer les coûts de la technique d'observation par ROV à la technique d'observation par plongeur sous-marin, seulement les coûts seront actualisés. Nous obtiendrons donc seulement une valeur actualisée au lieu d'une valeur actualisée nette. La formule utilisée sera donc la suivante :

$$VA = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+s)^t}$$

Ainsi, après avoir déterminé les coûts des deux techniques d'observations considérées, ceux-ci seront actualisés. Le même taux d'actualisation sera utilisé dans les deux cas. Le chapitre qui suit expose les résultats.

3.8 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

L'objectif d'une analyse de sensibilité est d'identifier l'impact d'une variation d'un ou de plusieurs paramètres sur le résultat d'un modèle (Selmer, 2018). Ainsi une étude de sensibilité est pertinente à réaliser lorsqu'il y a de l'incertitude concernant la valeur de certains paramètres. Lors de la création de modèles de simulation, il est incontournable d'effectuer une analyse de sensibilité afin de comprendre comment le modèle est influencé par les hypothèses faites pour l'établir, l'information introduite et sa structure (Duchemin et Lachance, 2002).

En ce qui concerne la présente étude, l'analyse de sensibilité est effectuée puisque plusieurs hypothèses sont émises et celles-ci ont le potentiel d'influencer les coûts de chacune des techniques d'observation des fonds marins. Les deux variables qui sont modifiées au chapitre suivant sont le prix d'achat du ROV et le salaire du plongeur sous-marin. Ces deux variables sont susceptibles de changer dans le temps et il est difficile de les prévoir avec certitude, c'est pourquoi il est pertinent d'analyser l'impact de leurs fluctuations sur le résultat final.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

Tel que mentionné dans la section précédente, deux types de coûts seront analysés pour chacune des deux techniques d'observation du milieu sous-marin envisagées. Il y a dans un premier temps les coûts liés à l'investissement qui permettront d'acquérir les différents équipements nécessaires pour la réalisation des observations sous-marines. Il sera, dans un deuxième temps, question des coûts opérationnels qui devront être pris en charge par le parc national Forillon lorsque l'activité d'interprétation sera offerte. Les prochaines sections présentent ces différents coûts monétaires pour les deux techniques d'observation analysées.

Il est important de noter que les valeurs monétaires présentées ci-dessous sont des estimations. Il est possible que celles-ci varient, entre autres selon la date du début du projet. De plus, les équipements suggérés plus bas sont utilisés à titre d'exemple. Dans le cas où le parc national Forillon décide de se procurer d'autres modèles que ceux présents dans cette étude, les résultats pourront en être influencés.

4.1 ESTIMATION DES COÛTS : ROV

4.1.1 Choix du ROV

Le parc national Forillon a effectué en juillet 2021 des essais du ROV « Chasing M2 » de la compagnie DroneXperts (www.chasing.com). Ces essais leur ont permis de constater que le courant et les vagues rendaient difficile la prise d'images par le ROV et diminuaient par le fait même la qualité de celles-ci. Ils en ont convenu qu'il est nécessaire d'opter pour un ROV muni d'un système d'éclairage avancé afin de capter des images de qualité. Le modèle de ROV « Chasing M2 » est équipé d'un système d'éclairage de deux lumières 2000

lumens (www.chasing.com). Le ROV sélectionné pour l'activité à l'étude doit donc posséder des lumières plus performantes afin d'améliorer la qualité des images captées.

Les deux modèles de ROV comparés ci-dessous ont donc été sélectionnés puisqu'ils répondaient à ce critère. Chacun d'eux possède des spécificités différentes. Le premier ROV présenté est le « Fifish V6 Expert » de l'entreprise QYSEA Technology (www.qysea.com). Le deuxième ROV sélectionné est le « Chasing M2 PRO MAX » de l'entreprise Chasing-Innovation (www.chasing.com).

L'entreprise QYSEA a été créée en 2016. Elle se spécialise dans le développement de ROV de petites et moyennes tailles. Différents modèles de drones ont été développés par l'entreprise afin de pouvoir offrir des produits adaptés à l'ensemble des utilisateurs. QYSEA se démarque dans l'industrie des ROV, elle a entre autres remporté différents prix pour la fonctionnalité de ses produits et son innovation dans le domaine. De plus, les objectifs de l'entreprise sont similaires aux objectifs que souhaite atteindre le parc national Forillon en développant la nouvelle activité d'interprétation, soit de sensibiliser le public à divers problèmes et sujets liés aux océans (www.qysea.com).

L'entreprise classe ses ROV en trois catégories, selon l'utilisateur : les drones destinés aux consommateurs, aux professionnels et aux entreprises. Considérant que les observations et les collectes de données que souhaite effectuer le parc national Forillon sont dans le but d'en apprendre davantage sur l'évolution du milieu sous-marin, le drone professionnel serait le plus adapté. Un seul ROV est disponible dans la catégorie professionnelle et il s'agit du « Fifish V6 Expert ». Celui-ci se démarque par sa multifonctionnalité et la qualité des images qu'il peut capter. Si on le compare au drone « Chasing M2 » qui a été utilisé lors des premiers tests en mer par le parc national Forillon, le « Fifish V6 Expert » possède 2000 lumens supplémentaires et il a l'avantage de permettre l'ajout d'une lumière. Le drone « Fifish V6 Expert » avec l'ajout du support d'éclairage est représenté à la figure suivante.



Figure 2. Fifiish V6 Expert. QYSEA 2022.

En plus de sa capacité d'éclairage élevée, plusieurs outils peuvent être fixés aux drones selon les besoins. Comme mentionné dans le premier chapitre, les données que nous souhaitons collecter dans les zones étudiées sont l'acidité et la salinité de l'eau des fonds marins. Le parc national Forillon devra donc se procurer un capteur de salinité qui permet de mesurer la valeur de sel dissous dans l'eau et un capteur de pH. D'autres types de capteurs pourront être achetés par le parc national Forillon au courant du projet si des besoins spécifiques se présentent.

En ce qui concerne l'entreprise Chasing-Innovation Technology Co., celle-ci a aussi été fondée en 2016 et elle a su se démarquer depuis dans plus de 100 pays et régions du monde, entre autres grâce à ses nombreuses innovations dans le domaine des drones et robots sous-marins qui sont offerts tant au grand public qu'aux entreprises industrielles. L'entreprise

offre quatre différents modèles de ROV de qualité industrielle, dont le modèle « Chasing M2 » qui a été testé précédemment par le parc national Forillon. Le seul modèle qui offre un système d'éclairage suffisamment avancé pour capter des images de qualité dans les fonds marins du parc national Forillon est le « Chasing M2 PRO MAX », soit le modèle de ROV le plus puissant offert par Chasing-Innovation qui est présenté à la figure ci-dessous. Ce modèle est dédié aux utilisateurs gouvernementaux et aux entreprises (www.chasing.com).



Figure 3. Chasing M2 Pro Max. Focus Nordic 2023.

Le « Chasing M2 PRO MAX » possède des similarités avec le « Fifish V6 Expert » au niveau de plusieurs composantes. Entre autres, les deux ROV permettent l'enregistrement de vidéos UHD 4K, ils possèdent les deux une caméra de 12 millions de pixels et ils peuvent effectuer des mouvements omnidirectionnels de 360 degrés. De plus, ils sont les deux munis d'un moteur à trois nœuds de vitesse et il est possible pour les deux ROV d'ajouter des accessoires afin de capter différentes données.

Néanmoins, le « Chasing M2 PRO MAX » se démarque du « Fifish V6 Expert » sur certains points. Premièrement, il offre un système d'éclairage plus performant avec ses deux lumières de 4 000 lumens chacune pour un total de 8 000 lumens. Il peut fonctionner jusqu'à 200 mètres de profondeur sous l'eau, ce qui est le double de la capacité du « Fifish V6 Expert

M100 ». Par contre, le modèle M200 du « Fifish V6 Expert » permet d’effectuer des observations à 200 mètres de profondeur. Le tableau ci-dessous résume les différentes composantes des deux modèles de ROV sélectionnés qui doivent être considérées pour le choix du ROV utilisé lors de la réalisation de l’activité au parc national Forillon.

Tableau 4 : Spécifications des ROV proposés

Spécifications	Chasing M2 PRO MAX	Fifish V6 Expert M200
Profondeur maximale	200 mètres	200 mètres
Capacité de la batterie	302,4 Wh	156 Wh
Luminosité	8 000 lumens	6 000 lumens
Champ de vision	150 degrés	166 degrés
Durée de vie de la batterie	4 heures	6 heures
Mémoire de la carte SD	128 GB	128 GB
Caméra	UHD 4K	UHD 4K

Comme on peut le voir dans le tableau précédant, le drone « Chasing M2 PRO MAX » performe davantage que le « Fifish V6 Expert » au niveau de la capacité de la batterie et de la luminosité. Le « Fifish V6 Expert » se démarque pour sa part au niveau du champ de vision et au niveau de la durée de vie de la batterie.

Le prix de vente du « Chasing M2 PRO MAX » s’élève à 8 499\$ canadien (www.omniviewtech.ca) alors que le « Fifish V6 Expert », modèle M200, se vend au prix de 4 738,95\$ sur Amazon. Considérant l’importante différence de prix entre les deux ROV et les besoins du parc national Forillon, le modèle « Fifish V6 Expert M200 » représente la meilleure option. En effet, le drone de QSYEA offre un meilleur rapport qualité prix et les composantes de celui-ci permettront amplement au parc national Forillon d’effectuer des observations de qualité des fonds marins. Advenant que le parc national Forillon souhaite effectuer des observations dans une profondeur de 100 mètres et moins, QSYEA offre aussi l’ensemble M100 qui est vendu au prix de 3 948,90\$.

4.1.2 Coûts d'investissement

Le prix des ROV varie énormément selon la gamme de ceux-ci et les différentes fonctions qu'ils possèdent. Le choix du modèle de ROV va donc exercer une influence importante sur le coût de cette technique d'observation. Tel que mentionné plus haut, le ROV télécommandé « Fifish V6 Expert » représente une bonne option afin d'observer l'environnement du milieu sous-marin du parc national Forillon. L'ensemble M200 qui se détaille au coût de 4 738,95\$ comprend le ROV V6 Expert, une boîte de qualité industrielle afin de transporter l'équipement, une manette de contrôle, un câble de 200 mètres et sa bobine, des lunettes de réalité virtuelle, deux hélices de rechange et les charges pour l'ensemble des équipements. La figure ci-dessous illustre l'ensemble de ces équipements.



Figure 4. QYSEA Fifish V6 Expert M200. Amazon 2023.

Néanmoins, certains outils devront être achetés en plus de l'ensemble de bases. Premièrement, afin de pouvoir projeter les vidéos captés lors des expéditions, le parc national Forillon devra se procurer le Fifish HDMI Box 2.0 qui se vend au prix de 262,98\$. Cet ensemble comprend un boîtier de stockage USB externe qui permet de sauvegarder les vidéos et de les présenter et analyser ultérieurement, un câble HDMI qui permet de projeter les vidéos en temps réel, un câble de réseautage et un câble USB pour charger le boîtier de stockage. La figure 5 illustre le boîtier en question et les câbles nécessaires pour son utilisation.



Figure 5. Fifish HDMI Box 2.0. Amazon 2023.

Finalement, deux outils d'échantillonnage devront être achetés afin de capter la salinité de l'eau et les variations du pH de celle-ci. Cependant, ces derniers ne sont pas offerts sur la plateforme Amazon. L'entreprise canadienne Marine Thinking et l'entreprise Ghost Gear Disapperar inc. sont les distributeurs officiels des drones Fifish au Canada, les accessoires d'échantillonnage devront donc être directement commandés avec l'une d'entre elles. Néanmoins, le prix des accessoires ne sont pas affichés sur le site internet des deux entreprises, il faut communiquer directement avec celles-ci afin des obtenir. Le drone et le Fifish box 2.0 pourraient aussi être commandés avec l'une des deux entreprises au lieu de les commander sur Amazon afin de profiter de la livraison gratuite et du service après-vente.

Nous avons tenté de communiquer avec ces deux entreprises, mais aucune d'entre elles n'a donné de réponses. C'est pourquoi nous supposons finalement que le parc national Forillon se procurera un capteur qui sera projeté dans l'eau à partir du bateau. Ainsi, que les observations soient réalisées par un ROV ou par un plongeur, les données, telles que la salinité de l'eau et le pH, seront obtenues de la même façon et le montant déboursé pour y parvenir sera identique dans les deux cas.

En comptabilisant l'ensemble des coûts d'investissement, soit l'achat du ROV Fifish V6 Expert M200 et le Fifish HDMI Box 2.0, on obtient un montant qui s'élève à 5 001,93\$. Après avoir ajouté les taxes à ce montant, le coût final de l'investissement est de 5 752,22\$.

4.1.3 Coûts de fonctionnement

Premièrement, on estime que trois employés seront nécessaires afin de réaliser adéquatement l'activité. Il faudra dans un premier temps un employé qui contrôlera le bateau afin d'amener le ROV aux endroits souhaités. Le deuxième employé aura pour rôle de manipuler le ROV et d'exécuter des commandes qui permettront d'enregistrer les vidéos et les données désirées. Ensuite, un dernier employé devra analyser les enregistrements afin de préparer l'activité d'interprétation. Ce même employé sera responsable d'animer l'activité d'interprétation.

Nous estimons que la durée totale de l'expédition en mer sera de trois heures approximativement. Une seule expédition sera faite par semaine. Supposant que tous les employés ont un salaire horaire de 30\$, le coût par semaine associé aux deux employés à bord du bateau s'élève à 180\$. Ainsi, considérant que les expéditions ont lieu durant 13 semaines, le coût total de ces deux employés est de 2 340\$. Pour ce qui est l'employé qui devra analyser les données et animer les activités d'interprétation, nous estimons que trois heures devront être consacrées à l'analyse des données et une heure par jour pour l'activité d'interprétation. Si l'activité d'interprétation a lieu une fois par jour et cinq jours par semaine,

le coût de ce troisième employé s'élève à 240\$ par semaine, pour un total de 3 120\$ durant les 13 semaines. Ainsi la main-d'œuvre coûtera au total 5 460\$ lors de la première année. Les salaires seront bonifiés de deux pour cent par année afin de suivre l'inflation.

En ce qui concerne la maintenance et les assurances, puisque l'analyse des coûts s'effectue sur la période où le ROV est sous la garantie offerte par l'entreprise QYSEA, il n'y aura aucun frais pour ces catégories de dépense. Dans le cas où l'activité se poursuit plus longtemps, il sera nécessaire d'ajouter à l'analyser des coûts pour ces catégories.

Au niveau de l'énergie, puisque le même bateau sera utilisé peu importe si les observations sont faites par un ROV ou par un plongeur sous-marin, le coût en essence devrait être relativement le même. En effet, la durée de l'expédition en mer devrait être de sensiblement la même dans les deux cas en raison entre autres de la durée de vie des batteries des équipements utilisés. Il n'est donc pas nécessaire de considérer le coût de l'énergie dans l'analyse puisqu'il n'y a pas de différences entre les deux techniques.

Finalement, considérant que les coûts du projet sont relativement faibles, l'hypothèse qu'aucun emprunt n'est effectué par le parc national Forillon pour couvrir les dépenses du projet est émise. Ainsi, il n'y a aucun intérêt à comptabiliser ce coût éventuel dans les dépenses. Cette même hypothèse est émise pour la technique d'observation par plongeur sous-marin.

Le tableau ci-dessous résume les coûts pour la technique d'observation par ROV si le parc national Forillon opte pour le modèle Fifish V6 Expert. Considérant que la garantie de la majorité des pièces du Fifish V6 Expert est de 24 mois, l'analyse des coûts s'est faite sur cette période.

Tableau 5 : Coûts – observation par ROV

Dépenses	Année 1	Année 2
<u>Coûts d'investissement</u>	5 752,22 \$	-
○ Actifs corporels		
○ Taxes		
<u>Coûts de fonctionnement</u>	5 460,00 \$	5 569,20 \$
○ Main-d'œuvre		
<u>Intérêts payés sur l'emprunt</u>	-	-
Total des coûts du projet par année	11 212,22\$	5 569,20\$
Coût total du projet		16 781,42 \$

4.2 ESTIMATION DES COÛTS : PLONGÉE SOUS-MARINE

4.2.1 Coûts d'investissement

Idéalement, les équipements nécessaires pour effectuer les vidéos en plongée sous-marine et les capteurs de données devraient permettre d'obtenir exactement les mêmes résultats que si ces derniers avaient été réalisés par un ROV. Néanmoins, après plusieurs recherches, les caméras offertes actuellement sur le marché conçue pour la plongée sous-marine n'ont pas exactement les mêmes propriétés. Dans le cas où les observations seront réalisées par un plongeur, celui-ci devra être muni premièrement d'une caméra, soit la GoPro Hero 11. Il s'agit de la plus récente version de caméra offerte par GoPro et qui est conçue pour la plongée sous-marine. Cette caméra possède différents avantages, elle permet premièrement de partager en direct sur un téléphone intelligent les vidéos captés. Il serait donc possible d'envisager ultérieurement le développement d'une activité d'interprétation qui présente en direct les images captées par le plongeur. Deuxièmement, la résolution des vidéos est de 5,3K, ce qui dépasse celle offerte par Fifi V6 Expert. Néanmoins, la luminosité de la caméra n'est pas suffisante considérant l'environnement marin du parc national Forillon, c'est pourquoi le plongeur devra être muni d'une lampe supplémentaire.

La caméra GoPro Hero11 se détaille actuellement au prix de 549,99\$ sur le site web de GoPro. Ce prix inclut la caméra Hero11, une batterie Enduro de rechange, un support afin de manipuler la caméra, un bandeau de fixation frontale et une attache rapide ainsi qu'un étui pour la caméra. La figure ci-dessous illustre la caméra en question et les accessoires inclus.



Figure 6. Ensemble HERO11 noir avec accessoires. GoPro 2023.

Un autre accessoire devra être acheté directement sur le site web de GoPro. Il s'agit d'un boîtier de protection qui est nécessaire afin de permettre l'enregistrement de vidéos jusqu'à 60 mètres de profondeur. Sans ce boîtier, la caméra Hero11 n'est plus étanche à partir de 10 mètres de profondeur. Même si le drone Fish V6 Expert a une meilleure étanchéité que la caméra Hero11, la capacité maximale de 60 mètres de cette dernière est suffisante afin de réaliser la nouvelle activité d'interprétation au parc national Forillon. Ce boîtier se détaille au prix de 69,99\$.

Au niveau de l'éclairage, la lumière en vente sur le site web de GoPro possède seulement 200 lumens, ce qui n'est pas suffisant afin de capter des images comparables à

celles pouvant être obtenues par le drone Fifish V6 Expert. C'est pourquoi une lampe d'une autre marque devra être achetée, il s'agit de la APLOS AP 70 qui est en vente sur Amazon au prix de 109,98\$ (www.amazon.ca). Celle-ci possède 6000 lumens, soit le même niveau d'éclairage que le drone Fifish V6 Expert. Elle peut être utilisée jusqu'à 100 mètres de profondeur, ce qui convient à la capacité de la caméra Hero11 en termes de profondeur. Le champ de vision éclairé par la lampe est de 135 degrés, ce qui est légèrement en dessous de celui du drone Fifish V6 Expert. Un autre avantage de cette lampe est qu'elle est conçue pour être montée sur différents modèles d'appareil photo, dont la GoPro. Ainsi, le plongeur n'aura pas à manipuler la lampe. Il n'aura qu'à l'installer sur la caméra GoPro.

Le coût total lié aux investissements s'élève à 729,96 \$ pour la technique d'observation en plongée sous-marine. Les investissements se réalisent uniquement lors de la première année du projet. En ajoutant les taxes, on obtient un montant final approximatif de 839,45 \$.

4.2.2 Coûts de fonctionnement

La majorité des coûts de fonctionnement pour la technique d'observation en plongée sous-marine provient de la main-d'œuvre puisqu'il faut couvrir les frais liés au plongeur sous-marin. L'équipement de plongée sous-marine ainsi que les assurances sont inclus dans le salaire du plongeur, c'est pourquoi le salaire de celui-ci sera plus important que le salaire des autres employés.

Comme pour la technique d'observation par ROV, trois employés seront nécessaires pour la réalisation de l'activité. Premièrement, il faudra encore une fois un employé pour déplacer le bateau aux zones à explorer. Nous supposons que le salaire horaire de cet employé est de 30,00 \$. Le deuxième employé est le plongeur sous-marin. Selon le Conseil de certification des plongeurs du Canada, le salaire annuel d'un plongeur sous-marin varie entre 40 000,00 \$ et 150 000,00 \$ (Diver Certification Board of Canada, 2023). Ainsi, en supposant qu'une semaine normale de travail pour un plongeur est de 30 heures, le salaire horaire

moyen de ces derniers serait approximativement de 61,00 \$. Le troisième employé devra réaliser l'analyse des vidéos et des données en plus d'animer les activités d'interprétation. Encore une fois, l'hypothèse que le salaire horaire de ce travailleur est de 30,00 \$ est émise. Ainsi, le seul changement comparativement à la technique d'observation par ROV est que le deuxième employé explore les fonds marins en plongée au lieu de contrôler le ROV dans le confort du bateau.

La durée des expéditions en mer sera la même que pour la technique d'observation par ROV, soit de trois heures. En effet, le temps de déplacement vers les zones étudiées ne change pas malgré le fait que la technique d'observation est différente. Nous supposons que la durée nécessaire au plongeur pour réaliser l'enregistrement des vidéos est comparable à celle requise par le ROV. Le parc national Forillon devra donc déboursier 90,00 \$ par semaine pour le conducteur du bateau et 183,00 \$ pour le plongeur. À la suite des 13 semaines d'activité, ces deux employés auront occasionné le déboursement de 3 549,00 \$. En ce qui concerne l'analyste des données et animateur des activités d'interprétation, considérant que normalement les mêmes images et données seront captées peu importe la technique d'observation, le coût associé à ce travailleur ne changera pas par rapport à celui présenté dans la section des coûts opérationnels pour la technique d'observation par ROV. C'est pourquoi les dépenses provenant de cet employé s'élèvent encore une fois à 3 120,00 \$. L'ensemble des coûts pour la main-d'œuvre s'élève donc à 6 669,00 \$ par année. Encore une fois, l'ensemble de ces salaires seront ajustés à l'inflation.

Le tableau suivant résume les coûts du projet considérant que les observations seraient réalisées par un plongeur sous-marin. Afin de pouvoir comparer ces coûts à ceux présentés au tableau 5, il est essentiel de limiter l'analyse à un horizon temporel de deux ans. Ainsi, les coûts pour la main-d'œuvre se chiffrent à 6 802,38 \$ pour la deuxième année de réalisation du projet après avoir bonifié le salaire de la première année de deux pour cent. Comme il est possible de le voir dans le tableau, aucun emprunt n'est nécessaire pour la technique d'observation en plongée sous-marine, c'est pourquoi aucun montant n'est inscrit à la ligne dédiée à l'intérêt sur les empruntés.

Tableau 6 : Coûts – observation en plongée sous-marine

Dépenses	Année 1	Année 2
<u>Coûts d'investissement</u>	839,45 \$	-
○ Actifs corporels		
○ Taxes		
<u>Coûts de fonctionnement</u>	6 669,00 \$	6 802,38 \$
○ Main-d'œuvre		
<u>Intérêts payés sur l'emprunt</u>	-	-
Total des coûts du projet par année	7 508,45 \$	6 802,38 \$
Coût total du projet		14 310,83 \$

4.3 COMPARAISON DES ESTIMATIONS

Selon les données obtenues à la section précédente, la technique d'observation en plongée sous-marine représente l'option la moins coûteuse pour le parc national Forillon. En effet, sur un horizon temporel de deux ans, cette technique nécessite des dépenses s'élevant à 14 310,83 \$, comparativement à 16 781,42 \$ pour la technique d'observation par ROV. Néanmoins, ces résultats peuvent varier en modifiant certains éléments de chaque technique. Ce point est abordé à la section suivante.

Premièrement, en augmentant la durée de l'analyse, l'utilisation du ROV devient éventuellement l'option la moins coûteuse. En effet, en émettant l'hypothèse que l'équipement ne nécessite pas d'entretien et qu'aucune pièce n'est à changer, cela signifie que seulement les coûts d'opération s'accumulent d'une année à l'autre et que les coûts associés à l'investissement sont présents qu'à la première année. Considérant que les coûts d'opération sont moindres pour la technique d'observation par ROV, le coût total du projet finit par être plus faible. Le tableau suivant présente l'évolution des coûts sur une période de quatre ans. On peut observer qu'à partir de la quatrième année, en indexant les salaires à l'inflation pour les deux techniques, le coût total du projet est plus faible en ayant recours au drone Fifish V6 Expert. La technique 1 représente les coûts lorsque les observations sont effectuées par un ROV et la technique 2 les coûts associés aux observations réalisées en

plongée sous-marine. Le coût total cumulatif indique le montant total du projet en additionnant les coûts de chaque année.

Tableau 7 : Coûts sur un horizon temporel de quatre années

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
Technique 1				
- Coût d'investissement	5 752,22 \$	-	-	-
- Coût de fonctionnement	5 460,00 \$	5 569,20 \$	5 680,58 \$	5 794,20 \$
- Coût total (cumulatif)	11 212,22 \$	16 781,42 \$	22 462,00 \$	28 256,20 \$
Technique 2				
- Coût d'investissement	839,45 \$	-	-	-
- Coût de fonctionnement	6 669,00 \$	6 802,38 \$	6 938,43 \$	7 077,20 \$
- Coût total (cumulatif)	7 508,45 \$	14 310,83 \$	21 249,26 \$	28 326,45 \$

À partir de la quatrième année, le coût total du projet en réalisant les observations par le ROV FifiFish V6 Expert s'élève à 28 256,20 \$, comparativement à 28 326,45 \$ pour la technique d'observation en plongée sous-marine. Ainsi, sur une période de long terme de minimum quatre ans, il est plus avantageux pour le parc national Forillon d'avoir recours au ROV sélectionné dans cette étude.

Le tableau suivant présente les coûts actualisés du projet pour les deux techniques d'observation. Les données ont été ajustées à trois différents taux d'actualisation, soit 6%, 8% et 10%. Le résultat en termes de minimisation des coûts n'est pas affecté par le taux d'actualisation, donc la technique d'observation en plongée sous-marine demeure moins coûteuse sur un horizon temporel de deux ans et c'est plutôt la technique par ROV qui est l'option la plus économique sur un horizon temporel de quatre ans. Il est tout de même pertinent de calculer les valeurs actualisées afin d'obtenir des valeurs réelles et non nominales.

Tableau 8 : Coûts actualisés du projet sur un horizon temporel de deux et quatre ans

	Taux d'actualisation		
	6%	8%	10%
Technique 1			
- Horizon de 2 ans	13 292,46 \$	12 334,84 \$	11 461,94 \$
- Horizon de 4 ans	22 381,56 \$	20 769,15 \$	19 299,36 \$
Technique 2			
- Horizon de 2 ans	11 335,52 \$	10 518,89 \$	9 774,49 \$
- Horizon de 4 ans	22 438,20 \$	20 821,72 \$	19 348,21 \$

4.4 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Considérant que plusieurs hypothèses ont été effectuées afin d'obtenir les résultats présentés dans la section précédente, il est important de vérifier l'influence d'une variation de certains coûts sur le résultat final. La première modification est faite sur le coût du ROV. La deuxième modification est sur le salaire du plongeur sous-marin.

4.4.1 Modification du prix du ROV

La date du début de la nouvelle activité d'interprétation ainsi que des explorations en mer ne sont pas encore déterminées par le parc national Forillon. C'est pourquoi il est possible que le prix du ROV ne soit pas identique à celui utilisé dans les calculs précédents. Le tableau suivant présente les coûts pour la première technique d'observation si le prix du Fifish V6 Expert diminue de 10 %.

Tableau 9 : Coûts modifiés – observation par ROV

Dépenses	Année 1	Année 2
<u>Coûts d'investissement</u>	5 177,00 \$	-
○ Actifs corporels		
○ Taxes		
<u>Coûts de fonctionnement</u>	5 460,00 \$	5 569,20 \$
○ Main-d'œuvre		
<u>Intérêts payés sur l'emprunt</u>	-	-
Total des coûts du projet par année	10 637,00 \$	5 569,20 \$
Coût total du projet		16 206,20 \$

En maintenant l'ensemble des autres variables inchangées, la baisse de 10 % du prix du ROV n'affecte pas le résultat. La technique d'observation en plongée sous-marine demeure donc l'option qui minimise les coûts sur une période de deux ans. Sur une période de quatre ans, le coût cumulatif de la technique d'observation par ROV est de 27 680,98 \$ alors qu'il est de 28 326,45 \$ pour la technique d'observation en plongée sous-marine. Ainsi, les coûts de cette dernière technique dépassent encore une fois les coûts de la technique d'observation par ROV à partir de la quatrième année d'exercice.

4.4.2 Modification du salaire du plongeur sous-marin

Le salaire exigé par le plongeur sous-marin pourrait potentiellement être plus élevé que celui utilisé dans les calculs effectués au chapitre précédent. En effet, puisque la durée des expéditions en mer est de seulement trois heures par semaine, il est probable que le plongeur demande une rémunération plus élevée. Le coût pour la technique d'observation en plongée sous-marine est donc modifié. En supposant que le plongeur exige un salaire horaire de 104,00 \$, soit le salaire horaire maximal d'un plongeur professionnel au Québec, celui-ci coûte maintenant 312,00 \$ par semaine au parc national Forillon et donc 4 056,00 \$ à la fin des 13 semaines. Considérant que le salaire des deux autres employés n'est pas modifié, le coût pour la main-d'œuvre est de 8 346,00 \$ lors de la première année. Le tableau suivant

présente les coûts de la technique d'observation en plongée sous-marine à la suite de cette modification.

Tableau 10 : Coûts modifiés – observation en plongée sous-marine

Dépenses	Année 1	Année 2
<u>Coûts d'investissement</u>	839,45 \$	-
○ Actifs corporels		
○ Taxes		
<u>Coûts de fonctionnement</u>	8 346,00 \$	8 512,92 \$
○ Main-d'œuvre		
<u>Intérêts payés sur l'emprunt</u>	-	-
Total des coûts du projet par année	9 185,45 \$	8 512,92 \$
Coût total du projet		17 698,37 \$

Cette modification au niveau du salaire du plongeur sous-marin a un impact important sur le résultat. Le coût de fonctionnement devient assez élevé pour la technique d'observation en plongée sous-marine qu'il est moins coûteux pour le parc national Forillon d'effectuer les observations par ROV dès la deuxième année d'exercice. En effet, le coût cumulé du projet s'élève à 17 698,37 \$ après deux années avec le salaire horaire de 104,00 \$, comparativement à 16 781,22 \$ pour la technique d'observation par ROV.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Le chapitre qui suit rappelle dans un premier temps l'objectif de ce mémoire. Par la suite, les résultats présentés au chapitre 4 sont interprétés afin d'apporter des conseils judicieux au parc national Forillon. De plus, les apports théoriques ainsi que les apports pratiques de cette recherche sont détaillés. Finalement, il sera question des limites de la présente étude et des futures recherches qui seraient pertinentes à réaliser à la suite de celle-ci.

5.1 RAPPEL DE L'OBJECTIF DE RECHERCHE

Ce mémoire avait pour objectif de proposer au parc national Forillon une technique d'observation des fonds marins afin de développer une activité d'interprétation. Une question de recherche a été formulée dans le but d'atteindre cet objectif, soit « quelle technique d'observation des fonds marins procurerait le plus d'avantages économiques nets au parc national Forillon dans une optique de développer une activité éducative ? ». Pour répondre à cette question, la recherche visait à identifier et à chiffrer les coûts occasionnés par deux différentes techniques d'observation des fonds marins, soit par l'emploi d'un ROV ou en plongée sous-marine. Le but était d'identifier, parmi ces deux techniques d'observation, celle qui minimise les coûts économiques.

5.2 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'analyse économique par la méthode de minimisation des coûts démontre que le résultat de l'étude dépend fortement de l'horizon temporel du projet. Selon les calculs, la réalisation de l'activité d'interprétation à partir de vidéos et de données captées par le ROV coûte 12 334,84 \$ sur un horizon temporel de deux ans et avec un taux d'actualisation de 8 %. Sur un horizon temporel de quatre ans, le coût actualisé est de 20 769,15 \$. Pour ce qui de la technique d'observation en plongée sous-marine, les coûts actualisés sont respectivement 10 518,89 \$ et 20 821,72 \$. Ainsi, sur une plus courte période de réalisation, soit moins de quatre années, l'observation par plongeur sous-marin représente l'option qui procure le plus haut avantage net. À partir de la quatrième année, l'utilisation du Fifish V6 Expert devient le choix le plus rentable pour le parc national Forillon.

Certes, plusieurs hypothèses ont été faites afin d'obtenir les montants ci-dessus. En modifiant certaines variables, les résultats sont différents. L'analyse de sensibilité montre qu'une baisse de 10 % du prix du ROV n'a pas d'impact sur la technique d'observation à privilégier pour l'horizon temporel de deux ans et quatre ans. Cependant, lorsque le salaire horaire du plongeur sous-marin est augmenté à 104,00 \$, l'utilisation du ROV pour effectuer les observations devient la meilleure option dès la deuxième année.

L'analyse de sensibilité démontre que les hypothèses effectuées tout au long de la recherche exercent une influence significative sur le résultat final du travail. Néanmoins, si le prix du ROV ne subit pas d'importante variation d'ici à ce que le parc national Forillon effectue son achat, la technique d'observation par ROV représente l'option qui minimise les coûts sur une plus longue période. En augmentant le salaire du plongeur sous-marin, la technique d'observation par ROV devient moins coûteuse par rapport à la technique d'observation alternative plus rapidement.

5.3 APPORTS THÉORIQUES ET APPORTS PRATIQUES

Au niveau de l'apport théorique, ce mémoire constitue une réflexion sur le développement d'une activité touristique et sur les facteurs à prendre en considération pour accroître la valeur ajoutée par ce secteur. Celui-ci a permis d'enrichir la littérature qui concerne l'utilisation des ROV dans le secteur touristique. En effet, malgré l'évolution de la technologie des ROV, très peu d'activité touristique du milieu maritime semble utiliser les ROV. Pourtant, il s'agit d'un outil révolutionnaire qui permet d'en apprendre davantage sur l'environnement marin tout en étant très peu invasive sur celui-ci. De plus, la comparaison de la technique d'observation par ROV à la technique d'observation en plongée sous-marine ne semble pas avoir déjà été réalisée par des chercheurs dans le passé.

En ce qui concerne l'apport pratique, les résultats de cette recherche démontrent que l'utilisation des ROV est un moyen d'observer l'évolution des fonds marins plus rentable au niveau financier et à long terme qu'en ayant recours à un plongeur sous-marin. Néanmoins, la technique d'observation en plongée sous-marine peut être à privilégier si les observations à effectuer ne sont pas répétitives et que le salaire du plongeur sous-marin se situe approximativement au salaire moyen des plongeurs du Québec. Un apport pratique considérable de la recherche concerne la dimension éducative des activités d'interprétation. Le mémoire soulève l'importance d'éduquer la population sur les différents changements environnementaux pour que celle-ci se sente davantage interpellée et qu'elle réalise l'urgence d'agir. De plus, le mémoire présente une façon intéressante d'avoir recours à la technologie dans le secteur touristique afin de faciliter l'éducation de la population par le biais d'activités d'interprétation. La réalisation de ce mémoire a le potentiel d'encourager le parc national Forillon à mettre en place le projet en fournissant davantage d'informations concernant les techniques pouvant être utilisées pour y parvenir.

Le mémoire démontre la pertinence de mettre en place un projet qui jumelle la collecte de données scientifiques et la création d'une activité d'interprétation qui intègre un volet éducatif. Le développement d'un tel projet permet par le fait même de réduire l'empreinte

écologique grâce à la combinaison des deux activités en une seule. De plus, cette réduction va de pair avec les objectifs du parc national Forillon.

5.4 LIMITES DE L'ÉTUDE

La présente étude comporte certaines limites. Premièrement, l'hypothèse que les bénéfices sont identiques pour les deux techniques d'observation analysées n'est pas réaliste. En effet, la technologie des ROV permet d'obtenir une multitude de données différentes, ce qui est plus difficile en plongée sous-marine. De plus, puisque les bénéfices de ce projet n'ont pas été évalués, cela peut porter à croire que les bénéfices vont varier dans la même proportion que les coûts, de sorte que le bénéfice net demeure le même. Rien ne permet d'affirmer ni d'infirmier cette hypothèse. Ainsi, l'étude des différentes méthodes d'analyse économique a permis de constater que l'approche par minimisation des coûts représentait la seule méthode envisageable pour cette recherche à partir des données actuellement disponibles. Cependant, comme spécifié plus haut, le critère de cette approche, qui exige que les résultats soient identiques pour les deux techniques comparées, est difficilement respectable.

Deuxièmement, puisque la planification des expéditions et de l'activité d'interprétation n'est pas entamée par le parc national Forillon, les besoins en main-d'œuvre et en matériel ne sont pas pour l'instant précis. Il est possible que chaque technique d'observation nécessite plus ou moins de travailleurs et d'équipement afin d'atteindre les mêmes objectifs. De plus, afin que la base de données soit bien structurée et utilisable, il se peut qu'un employé doive y dédier beaucoup de temps. Des coûts de diffusions devraient aussi être considérés afin d'établir un portrait plus juste de l'ensemble des coûts du projet. Il est donc nécessaire de revoir les différents besoins en main-d'œuvre et en équipement lorsque le projet se concrétisera. Un effort important devra être réalisé afin de bien identifier les besoins à combler pour la mise en place des expéditions en mer et de l'activité d'interprétation. Cet

effort permettra par le fait même de considérer d'autres éléments qu'uniquement le coût des deux techniques d'observation afin d'effectuer un choix judicieux.

Troisièmement, la durée des expéditions en mer n'est probablement pas la même pour les deux techniques d'observation. Il serait nécessaire d'effectuer des pratiques d'expédition afin que les estimations des données soient plus précises. De plus, il n'est pas possible de prévoir le bris de certains équipements qui pourraient modifier les coûts réels du projet.

Quatrièmement, il est possible que les visiteurs du parc national Forillon effectuent un choix parmi les différentes activités d'interprétation. L'ajout d'une activité éducative pourrait diminuer l'achalandage à chacune des activités d'interprétation. En effet, si la nouvelle activité touristique n'attire pas davantage de clients, les visiteurs désireux de participer à une activité d'interprétation seront encore plus divisés qu'auparavant et chaque activité rapportera moins financièrement au parc national Forillon.

Bien que l'analyse de sensibilité permette de considérer l'impact d'une variation du salaire du plongeur sous-marin, des modifications au niveau des salaires des autres employés sont aussi propices à affecter le résultat. Par exemple, si le salaire du plongeur sous-marin augmente moins rapidement que le salaire des autres travailleurs, cela affecterait à la baisse le coût total de la technique d'observation en plongée sous-marine. La situation inverse, soit que le salaire du plongeur augmente plus rapidement que les autres salaires, aurait plutôt pour effet d'augmenter le coût total de la technique d'observation en plongée sous-marine. De plus, l'analyse de sensibilité aurait aussi pu évaluer l'impact d'une fluctuation de l'horizon temporel. La période d'analyse de 24 mois, qui représente la garantie des appareils utilisés dans le cadre du projet, est relativement courte selon l'Office de la protection pour le consommateur (OPC). En effet, selon l'OPC la garantie légale vise entre autres à garantir une durée raisonnable du bien acheté compte tenu du prix payé, du contrat et des conditions (OPC, 2023). Considérant que le ROV serait utilisé que trois heures par semaine durant 13 semaines par année, la garantie légale de celui-ci devrait être supérieur à 24 mois.

Encore au niveau de l'analyse de sensibilité, il aurait été pertinent d'utiliser des intervalles afin d'avoir une vue d'ensemble concernant l'effet d'une hausse ou d'une baisse d'un prix sur le résultat. Pour le prix du ROV, il serait intéressant de vérifier l'impact d'une hausse du prix de 10% plutôt que de seulement considérer l'impact d'une baisse du prix de 10%. Pour le salaire du plongeur, le salaire minimum et le salaire médian pourraient être utilisés. En effectuant davantage de modifications au niveau des paramètres, le résultat final représenterait davantage la réalité.

Ainsi, certains paramètres, qui ne sont pas connus à l'heure actuelle, ont le potentiel d'influencer le résultat obtenu dans cette étude. D'autres éléments pourraient aussi modifier la conclusion de l'analyse, tel que le choix d'un autre modèle de ROV plus ou moins dispendieux que celui proposé dans la présente étude ou encore si le coût du ROV ou des autres investissements sont amortis sur plusieurs années. L'ensemble des estimations effectuées dans ce mémoire diminuent la justesse des résultats finaux.

5.5 FUTURES RECHERCHES

Éventuellement, lorsque davantage de données seront disponibles sur le projet, il serait intéressant d'effectuer une ACB pour chacune des techniques d'observation. Cette analyse permettra au parc de vérifier laquelle des deux techniques d'observation des fonds marins génère davantage de bénéfices par rapport aux coûts qu'elle occasionne. L'analyse de minimisation des coûts effectuée dans ce mémoire n'a pu comparer les externalités négatives sur l'environnement que pourraient occasionner les deux techniques d'observation en raison de l'absence de données à ce niveau. La réalisation de ces deux ACB serait donc pertinente afin de prendre davantage en compte les particularités du milieu marin et d'identifier les différents impacts que pourrait occasionner la nouvelle activité d'interprétation sur ce milieu. Par le fait même, il serait possible de considérer dans ces ACB la portée de l'activité éducative sur la protection du milieu marin et d'effectuer la valorisation monétaire de celles-ci. En ayant de meilleures connaissances sur les bénéfices que procurent la nouvelle activité

éducative, le parc national Forillon pourra davantage justifier les dépenses nécessaires pour sa réalisation. Avec une meilleure information sur les attentes du parc concernant cette activité et des données plus fines sur les coûts et avantages, il serait possible d'envisager d'autres scénarios combinant les deux techniques dans des proportions différentes. Par exemple envisager une phase expérimentale avec un plongeur pour évaluer l'intérêt pour cette activité et ensuite l'achat d'un ROV, etc.

L'évolution de la technologie au niveau des ROV représente une opportunité d'améliorer plusieurs autres activités touristiques. Entre autres, il serait intéressant pour les compagnies qui offrent des croisières aux baleines dans le fleuve Saint-Laurent de munir leur bateau d'un ROV afin de permettre aux croisiéristes d'observer l'environnement sous-marin. Certes, il serait pertinent de réaliser une recherche sur l'intérêt de la population à participer à une croisière qui leur permet d'observer simultanément les fonds marins et l'étendue du fleuve à bord du navire. Cette recherche pourrait permettre par le fait même de mesurer le consentement à payer des croisiéristes afin de participer à une telle expérience.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif de ce travail était de proposer au parc national Forillon une technique d'observation des fonds marins afin de développer une activité d'interprétation. La question de recherche à répondre pour atteindre cet objectif est la suivante : « quelle technique d'observation des fonds marins procurerait le plus d'avantages économiques nets au parc national Forillon dans une optique de développer une activité éducative ? ». Après avoir décrit le contexte du projet développé par le parc national Forillon, la littérature concernant les différentes méthodes d'analyse économique disponibles pour répondre à cette question a été étudiée. Par la suite, la méthodologie permettant d'effectuer une analyse par minimisation des coûts a été élaborée. Les résultats obtenus suite à l'application de cette méthodologie ont été actualisés. Pour finir, l'impact d'une variation de certaines valeurs attribuées à des hypothèses sur le résultat a été vérifié.

L'analyse par minimisation des coûts a permis de comparer deux techniques d'observation des fonds marins, soit l'observation par ROV et celle en plongée sous-marine. Ces deux techniques d'observation permettent d'atteindre les mêmes objectifs, c'est-à-dire de capter les mêmes vidéos et les mêmes données. Ainsi, la technique qui permet de minimiser les coûts représente l'option qui procure le plus grand avantage net considérant que les bénéfices sont les mêmes, peu importe la technique d'observation.

À la suite de l'analyse de différents modèles de ROV, le modèle Fifish V6 Expert semblait être un choix judicieux pour la réalisation du projet au parc national Forillon. Les calculs réalisés démontrent que la technique d'observation en plongée sous-marine minimise les coûts sur un horizon temporel de deux ans lorsque le salaire horaire du plongeur s'élève au salaire moyen des plongeurs du Québec. Sur un horizon temporel de quatre ans, la technique d'observation par ROV devient la moins coûteuse. Cependant, l'analyse de sensibilité a permis de constater qu'une hausse du salaire horaire du plongeur sous-marin à 104,00 \$ augmente le coût de la technique d'observation en plongée sous-marine au-dessus

du coût de la technique d'observation par ROV dès la deuxième année du projet. Ainsi, plus le salaire horaire du plongeur sous-marin augmente, moins l'écart entre le coût des deux techniques est élevé et la technique d'observation par ROV finit par être la moins coûteuse plus rapidement. Cela dit, les nombreuses limites de ce mémoire qui sont présentées au chapitre 5 diminuent la validité des résultats de ce travail.

L'utilisation des ROV est récente dans le secteur touristique et il n'existe pas, selon nos recherches, d'autres études qui la comparent à des techniques d'observation alternatives des fonds marins. Néanmoins, d'autres aspects que le coût doivent être considérés afin de développer une activité touristique qui se distingue de celles déjà offertes. La présente étude est une première estimation de la rentabilité des deux approches pour atteindre les mêmes bénéfices. Certes, il est nécessaire d'effectuer d'autres analyses avant de mettre en place l'activité d'interprétation afin qu'elle soit optimale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Association touristique régionale de la Gaspésie. (2014). Plan stratégique de développement 2016-2020. *Association touristique régionale de la Gaspésie*. Document PDF.
- Babin, A. (2009). Parc national du Canada Forillon. *Encyclopédie du patrimoine culturel de l'Amérique française*. http://www.ameriquefrancaise.org/fr/article-332/Parc_national_du_Canada_Forillon.html#5
- Barbaccia, A. (2017). Bientôt des croisières avec des drones sous-marins. *Le Figaro*. <https://www.lefigaro.fr/voyages/2017/09/05/30003-20170905ARTFIG00109-bientot-des-croisieres-avec-des-drones-sous-marins.php>
- Barbe, A. (2016). L'économie du bien-être permet-elle de dégager des préférences collectives ?. *Regards croisés sur l'économie*, 1(1), 183-187. <https://www.cairn.info/revue-regards-croises-sur-l-economie-2016-1-page-183.htm>
- Berta, N. (2008). Le concept d'externalité de l'économie externe à « L'interaction directe » : quelques problèmes de définition. *Centre National de la Recherche Scientifique*. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00270672/document>
- Blanc, G. (2015). Harmonie, écologie et nationalisme : la mise en parc de Forillon (1970-2012). *Revue d'histoire de l'Amérique française*. 68(3-4), 275-401. <https://www-erudit-org.ezproxy.uqar.ca/fr/revues/haf/2015-v68-n3-4-haf02132/1033641ar.pdf>
- Blueye. (s.d.). Professionnal use. <https://www.blueyerobotics.com/pages/industries>
- Boëly, N. (2010). Modélisation non linéaire et contrôle linéaire par retour entrée-sortie linéarisant d'un drone sous-marin quadri hélices à poussée vectorielle. *École de technologie supérieure*. <https://core.ac.uk/download/pdf/33801036.pdf>
- Bonnieux, F. et Rainelli, P. (2003). La technique des transferts dans l'évaluation des biens non-marchands : une application. *Revue d'économie régionale & urbaine*. 187-208. <https://www.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2003-2-page-187.htm>

- Bourmanne, E. et al. (2015). Plongée subaquatique en eau douce compliquée d'un arrêt cardiorespiratoire sur choc obstructif. *Rev Med Brux.* 36, 494-496. <https://www.amub-ulb.be/system/files/rmb/old/3b0859bcc2c9afc59d06aa24f4a053f3.pdf>
- Brahic, É. et Terreux, J. (2009). La méthode des coûts de transport. *Évaluation économique de la biodiversité : Méthodes et exemples pour les forêts tempérées*, 151-160. <https://www.cairn.info/evaluation-economique-de-la-biodiversite--9782759203802-page-151.htm?contenu=resume>
- Brion, R. (2016). La plongée sous-marine en scaphandre autonome et le cardiologue. *Science et Sports*, 31, 360-361. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0765159716301174?token=F7D284A8BBA29C95FF1A3A72BDD2FB81702D905DD1362C42F038C1E0A10D65015A8B69FC3E554CA1B817ED56D620C03B&originRegion=us-east-1&originCreation=20230330134240>
- Caillet, R. (2003). Analyse multicritère : Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie. *Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations*. <https://depot.erudit.org/dspace/bitstream/000057dd/1/2003s-53.pdf>
- Cassart, A. (2017). Droits des drones Belgique, France, Luxembourg. *Éditions Bruyant*.
- Chamot, E., Bovier, P., Perneger, T., Chastonay, P., Herrmann, F., Garnerin, P. et Chopard, P. (2001). Analyse économique appliquée à la santé : un tour d'horizon. *Bulletin des médecins suisses*, 82(39), 2060-2064.
- Cheng, L. et al. (2020). Improved Estimates of Changes in Upper Ocean Salinity and Hydrological Cycle. *American Meteorological Society*. [https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals\\$002fclim\\$002f33\\$002f23\\$002fjcliD200366.xml?t:ac=journals%24002fclim%24002f33%24002f23%24002fjcliD200366.xml](https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals$002fclim$002f33$002f23$002fjcliD200366.xml?t:ac=journals%24002fclim%24002f33%24002f23%24002fjcliD200366.xml)
- Christ, R.D. et Wernli Sr, R.L. (2007). The ROV. Manual: A User Guide for Observation-Class Remotely Operated Vehicles. *Elsevier*. <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=pjW1QoX1KeIC&oi=fnd&pg=PP1&dq=rov+remotely+operated+vehicle&ots=AvE1V9i6Ew&sig=tYUPn1TWJWTDm1yfTJkZn2PvM54#v=onepage&q=rov%20remotely%20operated%20vehicle&f=false>
- Commission Européenne. (2020). La salinité des océans, outil efficace pour comprendre les variations du cycle de l'eau de notre planète. *Cordis*. <https://cordis.europa.eu/article/id/422227-ocean-salinity-a-powerful-tool-for-understanding-changes-in-earth-s-water-cycle/fr>

- Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil. (2014). Une nouvelle ère de l'aviation. Ouvrir le marché de l'aviation à l'utilisation civile de système d'aéronef télépilotés, d'une manière sûre et durable. Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52014DC0207>
- Coulange, M. et Barthélémy, A. (2012). Certificat médical, contre-indications temporaires et définitives à la plongée. *Science et Sports*, 27, 131-137.
- Coulombier, T., Ballu, V., Plumejeaud-Perreau, C., Lachaussée, N., Pineau, P., Poirier, E., Guillot, A., Calzas, M., Drezen, C., Fichen, L., Bertin, X., Le Fouest, V., Brenon, I., Dupuy., C., Wöppelmann, G. et Testut, L. (2018). PAMELi, un drone marin de surface pour étudier le littoral de façon interdisciplinaire. *Éditions Paralia CFL*. https://www.paralia.fr/jngcgc/15_38_coulombier.pdf
- Crochard-Lacours, A. et LeLorier, J. (2000). Les différents types d'évaluation. *Introduction à la pharmacoeconomie*. Presse de l'Université de Montréal. <https://books.openedition.org/pum/14349?lang=fr>
- Delacroix, E., Jolibert, A., Jourdan, P. et Monnot, É. (2021). Chapitre 10. L'analyse des mesures conjointes. *Marketing Research*. 299-319. <https://www.cairn.info/marketing-research--9782100792993-page-299.htm>
- Desaigues, B. et Point, P. (1993). Chapitre 9. Le transfert des valeurs. *L'économie du patrimoine naturel : La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*. 241-253. <https://www-cairn-info.ezproxy.uqar.ca/l-economie-du-patrimoine-naturel--9782717825152-page-241.htm>
- Diver Certification Board of Canada. (2023). Une carrière en plongée. <https://www.divercertification.com/fr/more-info/careers-in-diving/>
- Duchemin, M. et Lachance, M. (2002). Analyse de sensibilité du modèle CEQÉROSS. *Revue des sciences de l'eau*, 15(4), 789-807. <https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/2002-v15-n4-rseau3310/705481ar.pdf>
- Ferguson, J. (2009). Canadian AUV Development 1979 – 2009. *Autonomous Undersea Vehicle Applications Center*. <https://auvac.org/40-2-3/>
- Ferland, A. (2006). Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transports. *Ministère des Transport du Québec*. http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0979757/01_Volume_1.pdf
- Fleurbaey, M. (2003). Peut-on mesurer le bien-être ?. *Université de Pau et des Pays de l'Adour*. http://www.lezarts.org/02Kiosque/BienEtre/01BienEtre_Pdf/Peut-on%20mesurer%20le%20bien%20etre.pdf

- Gachelin-Ribault, C. (1990). La protection de la nature et l'éducation au milieu naturel dans les Parcs Nationaux américains (USA-Canada). *Homme et Terres du Nord*, (3), 216-226. https://www.persee.fr/doc/htn_0018-439x_1990_num_3_1_2290
- Genty, A. (2005). Du concept à la fiabilité de la méthode du transfert en économie de l'environnement : un état de l'art. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, (77), 5-32.
- Gouvernement du Canada. (2021). Le gouvernement du Canada accroît son ambition pour la protection de la nature afin de faire face à la double crise de l'appauvrissement de la biodiversité et des changements climatiques. *Environnement et Changement climatique Canada*. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2021/11/le-gouvernement-du-canada-accroit-son-ambition-pour-la-protection-de-la-nature-afin-de-faire-face-a-la-double-crise-de-lappauvrissement-de-la-biodi.html>
- Gouvernement du Canada. (2021). *Parc national Forillon*. Parc Canada. <https://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/qc/forillon/activ/kayak>
- Gouvernement du Canada. (2020). *Parc national Forillon*. Parc Canada. <https://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/qc/forillon/decouvrir-discover>
- Gouvernement du Canada. (2010). *Plan directeur*. Parc national du Canada Forillon. Document PDF.
- Gouvernement du Québec. (2023). *Conseils de consommation : avant d'acheter un bien*. Office de la protection du consommateur. <https://www.opc.gouv.qc.ca/consommateur/sujet/garanties/conseil-bien/>
- Groh, T. (2005). Analyse coûts-bénéfices du règlement européen durcissant les conditions de transport maritime d'hydrocarbures. *Économie & Prévision*. 167(1), 27-48. <https://www.cairn.info/revue-economie-et-prevision-2005-1-page-27.htm>
- Groizeleau, V. (2017). Hurtigruten va déployer des robots sous-marins sur ses navires d'expédition. *Mer et Marine*. <https://www.meretmarine.com/fr/croisieres/hurtigruten-va-deployer-des-robots-sous-marins-sur-ses-navires-d-expedition>
- Guillot-Soulez, C. et Soulez, S. (2011). L'analyse conjointe : présentation de la méthode et potentiel d'application pour la recherche en GRH. *Graico - Université de Haute-Alsace*. <https://www.agrh.fr/assets/actes/2009guillotsoulez061.pdf>
- Hanemann, W.M. (1994). Valuing the Environment Through Contingent Valuation. *Journal of Economic Perspectives*. 8(4), 19-43. <https://www-jstor-org.ezproxy.uqar.ca/stable/2138337?seq=1>

- Joubert, S. (2017). L'évaluation des coûts de fonctionnement des investissements locaux. *Gestion & Finances Publiques*. 5(5), 52-57. <https://www.cairn.info/revue-gestion-et-finances-publiques-2017-5-page-52.htm>
- Jouquet, G. (2019). L'analyse coût-efficacité. Une intervention de décentralisation des soins VIH/SIDA à Shiselweni, Swaziland. *Éditions science et bien commun et Marseille : IRD Éditions*. 311-332. <https://scienceetbiencommun.pressbooks.pub/evalsantemondiale/chapter/coutefficacite/>
- Les chalets du parc. (2021). *Plongée sous-marine et apnée à Forillon*. Les chalets du parc. <https://www.chaletsduparc.com/fr-ca/a-proximite/plongee-sous-marine-et-apnee-a-forillon-2170>
- Lövin, I. (s.d.). Le changement climatique, une menace pour l'océan. *Nations Unies*. <https://www.un.org/fr/chronicle/article/le-changement-climatique-une-menace-pour-locean>
- Macdonald, V.I. (2015). Plongée sous-marine. *L'encyclopédie canadienne*. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/plongee-sous-marine>
- Marsden, É. et Meunier, V. (2009). L'analyse coût-bénéfices guide méthodologique. *Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle*. <https://www.foncsi.org/fr/publications/cahiers-securite-industrielle/analyse-cout-benefices-guide-methodologique/CSI-ACB-guide-methodologique.pdf>
- Merle, L. (2022). Qu'est-ce qu'un investissement : définition économique, comptable et retour sur investissement. *Expert-Comptable en ligne*. <https://www.l-expert-comptable.com/a/529709-qu-est-ce-qu-un-investissement.html>
- Muller, A. et Rochoy, M. (2018). Plongée sous-marine et asthme : revue de littérature. *Revue de Pneumologie clinique*. 74(6), 416-426. <https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2018.10.002>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020). Ocean acidification. *U.S. Department of Commerce*. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>
- Noël, J.F. et Tsang King Sang, J. (2015). Apports et limites des méthodes d'évaluation économiques du patrimoine. *Techniques Financières et Développement*. 118(1), 35-49. <https://www.cairn.info/revue-techniques-financieres-et-developpement-2015-1-page-35.htm>

- OCDE. (2006). Analyse coûts-bénéfice et environnement : Développements récents. *OECD Publishing*, 354 p. https://read.oecd-ilibrary.org/environnement/analyse-couts-benefices-et-environnement_9789264010079-fr#page293
- Ocean Exploration. (s.d.). *Exploring the Deep Ocean with NOAA*. Ocean Exploration and Research. <https://oceanexplorer.noaa.gov/oceanos/edu/collection/media/hdwe-URintro.pdf>
- Organisation Mondiale du Commerce. (2005). Rapport sur le commerce mondial. p.194 https://www.wto.org/french/res_f/books_p_f/anrep_f/wtr05-3a_f.pdf
- Parcs Canada. (2022). Restauration des écosystèmes côtiers. *Parc national Forillon*. <https://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/qc/forillon/nature/conservation/cote-coastal>
- Pearce, D., Atkinson, G., Mourato, S. (2006). Analyse coûts-bénéfices et environnement. *Organisation de Coopération et de Développement Économiques*. <http://tbauler.pbworks.com/f/OECD-Pearce+et+al-2006.pdf>
- Québec maritime. (2021). *Croisières Baie de Gaspé*. Le Québec maritime Bas-Saint-Laurent, Gaspésie, Côte-Nord, Îles de la Madeleine. <https://www.quebecmaritime.ca/entreprise/croisieres-baie-de-gaspe/activites>
- Rozworki, M. (2014). Méthode d'évaluation économique : quelles sont les implication éthiques pour les politiques publiques favorables à la santé?. *Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé*. https://www.ccnpps.ca/docs/2014_EvalEcon_Methodes_Fr.pdf
- Rudin, R. (2011). The First French-Canadian National Parks: Kouchibouguac and Forillon in History and Memory. *Journal of the Canadian Historical Association / Revue de la Société historique du Canada*, 22(1), 161-200. <https://www.erudit.org/fr/revues/jcha/2011-v22-n1-jcha080/1008961ar.pdf>
- Selmer, C. (2018). Outil 28. L'analyse de sensibilité. *La Boîte à outil du Responsable financier*. 102-103. <https://www.cairn.info/la-boite-a-outils-du-responsable-financier--9782100776320-page-102.htm>
- Scherrer, S. (s.d.). Méthodologie de la valorisation des biens environnementaux. *Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement*. <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0059/Temis-0059189/16783.pdf>
- Sgro, J.A. (2017). Étude de la réglementation des véhicules aériens non habités : Rapport intérimaire. *Rapport du Comité permanent des transports de l'infrastructure et des collectivités*. https://publications.gc.ca/collections/collection_2017/parl/xc27-1/XC27-1-1-421-10-fra.pdf

- Shields, A. (2021). De l'aide du ministère pour détruire un habitat de la rainette faux-grillon. *Le devoir*. https://www.ledevoir.com/environnement/645579/longueuil-la-destruction-d-un-habitat-de-la-rainette-faux-grillon-facilitee-par-le-ministere-de-l-environnement?utm_source=recirculation&utm_medium=hyperlien&utm_campaign=corps_texte
- Shields, A. (2022). La biodiversité québécoise en mal de protection. *Le devoir*. https://www.ledevoir.com/environnement/702609/environnement-en-mal-de-protection#:~:text=30%20%25%20en%202030&text=C'est%20ainsi%20que%20le,de%2090%20%25%20de%20ses%20habitats.?utm_source=recirculation&utm_medium=hyperlien&utm_campaign=corps_texte
- St-Amour, M. (1984). *Guide du parc national Forillon : l'harmonie, entre l'homme, la terre et la mer*. Centre d'édition du gouvernement du Canada.
- Terra, S. (2005). Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques. *Ministère de l'Écologie et du Développement Durable*. <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0052/Temis-0052985/15974.pdf>
- Territoires innovants en Économie sociale et solidaire [TIESS]. (2017). L'analyse coût-avantage. https://www.tiess.ca/wp-content/uploads/2017/04/TIESS_fiche_ACA.pdf
- Thauvron, A. (2003). Les choix d'investissement. *E-theque*. <http://livre21.com/LIVREF/F9/F009049.pdf>
- Vilbois, D. (2012). À la conquête des abysses : les robots sous-marins. *Annales des Mines – Réalités industrielles*, 2012(1), 8-14. <https://www-cairn-info.ezproxy.uqar.ca/revue-realites-industrielles1-2012-1-page-8.htm>
- Zaleski, D. (2016). Étude coût/efficacité : idées fausses et élément de méthode. *Archives of Cardiovascular Diseases Supplements*, 8(2), 157-160. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878648016303299>

