

PLANIFICATION ÉCORESPONSABLE DE LA CONSTRUCTION ET DU
FONCTIONNEMENT D'UN CENTRE DE PLONGÉE DANS LES CARAÏBES (MEXIQUE)

Par
Cassiopea Carrier Doneys

Rapport final

Remis à Monsieur Jean-Pierre Pelletier

Dans le cadre du cours ENV 750 Projet spécial en environnement

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

25 avril 2014

SOMMAIRE

TAKADA Dive and Research Center est un projet initié dans l'espoir d'apporter au monde.

La planète et ses écosystèmes sont de plus en plus affectés par le développement de l'espèce humaine. Pour cette raison, TAKATA propose un centre de plongée et un centre de recherche en écologie marine qui seront au service de l'environnement, des écosystèmes et des gens. Pour ce faire, ce projet se construit autour de l'engagement de réduire au maximum son empreinte écologique et de travailler à engendrer des effets positifs. TAKATA sera situé au Mexique, dans un petit village du nom de Mahahual au sud de la péninsule du Yucatan. Grâce notamment à son climat ensoleillé, à ses plages, à ses récifs et sa biodiversité riche, Mahahual est l'endroit parfait pour l'établissement du centre.

Le projet sera composé de quatre bâtiments servant respectivement de centre de plongée, de laboratoire, de salle de cours pour le centre de recherche et de local pour les équipements et le compresseur. Un quai sera également construit. Tant les étapes de planification, de construction, de fonctionnement et de fin de projet auront des impacts sur l'environnement biophysique. L'atmosphère ainsi que les écosystèmes côtiers que sont les récifs coralliens, les herbiers marins, les plages et les dunes seront impactés par le projet. Il s'agit d'écosystèmes complexes, fragiles et indispensables au maintien de la biodiversité et au développement de la population côtière de la région.

Des matrices d'évaluation des impacts, construites grâce à la prise en compte des composantes du projet et des composantes de l'environnement biophysique permettent d'identifier un total de 93 impacts directs sur le milieu récepteur. La prise en compte des toutes les phases du projet permet de dresser un portrait réaliste de ses conséquences sur l'écosystème. Cela permet également d'identifier une multitude d'impacts indirects liés au projet, conduisant souvent à la perte de biodiversité, à la perte de services écosystémiques et à la perturbation de la faune et de la flore. Une bonne connaissance des impacts permet de mettre en place des mesures d'atténuation adéquates, bien que celles-ci permettent rarement d'éliminer totalement un impact.

L'écoconstruction et l'écotourisme sont deux outils qui peuvent aider à gérer les perturbations du milieu. L'écoconstruction prend en compte tous les aspects d'un bâtiment pour rendre ce dernier le plus efficace du point de vue environnemental, social et économique. Ce concept prend en compte la consommation d'eau, d'énergie, les matériaux utilisés, les déchets produits, la végétation ainsi que l'assainissement. L'écotourisme amène la démarche touristique à s'impliquer dans la préservation des écosystèmes et des cultures locales. Ce tourisme propose une expérience divertissante et conscientisante, la mise en valeur et la conservation de l'environnement ainsi que la découverte et l'intégration des populations locales.

Le projet désire finalement faire profiter l'environnement et les populations locales de son implantation grâce à l'adoption de programmes de conservation des écosystèmes ainsi qu'à des projets de sensibilisation et d'éducation. TAKATA développera également des projets avec la communauté, des partenariats avec les coopératives locales et favorisera la création d'emplois.

REMERCIEMENTS

J'aimerais exprimer de sincères remerciements aux personnes ayant rendu possible ce projet. J'ai eu la chance d'être supervisée par Monsieur Jean-Pierre Pelletier, une personne impressionnante qui m'a offert son soutien et ses conseils lorsque j'en avais besoin. Jean-Pierre a été présent durant la période de la rédaction de ce projet et a su répondre à mes doutes et questions, tout en poussant la recherche et l'analyse le plus loin possible. J'aimerais finalement remercier Pablo Calderón Cádiz qui a été pour moi d'un soutien exceptionnel tout au long de cette session.

Merci!

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. MISE EN CONTEXTE	3
1.1 Présentation du projet.....	3
1.2 Localisation et climat	3
1.3 Potentiel touristique et scientifique	5
1.4 Cadre réglementaire.....	6
1.4.1 Cadre réglementaire national.....	7
1.4.2 Cadre réglementaire international	8
2. COMPOSANTES DU PROJET	8
3. COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT BIOPHYSIQUE	10
3.1 Atmosphère	11
3.2 Écosystèmes coralliens.....	11
3.2.1 Fonctionnement	12
3.2.2 Fonctions et services écosystémiques.....	14
3.2.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème.....	14
3.3 Écosystème d'herbiers marins.....	15
3.3.1 Fonctionnement	16
3.3.2 Fonctions et services écosystémiques.....	16
3.3.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème.....	16
3.4 Écosystème de plages et dunes.....	17
3.4.1 Fonctionnement	17
3.4.2 Fonctions et services écosystémiques.....	18
3.4.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème.....	18
3.5 Écosystème de mangroves.....	18
3.5.1 Fonctionnement	19
3.5.2 Fonctions et services écosystémiques.....	20
3.5.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème.....	20
4. IDENTIFICATION DES IMPACTS DIRECTS	21
4.1 Impacts directs.....	22
4.2 Constat.....	29
5. GUIDE DE GESTION ET D'ATTÉNUATION DES IMPACTS	29
5.2 Principaux engagements.....	43

5.3 Constat.....	43
6. ÉCOCONSTRUCTION ET ÉCOTOURISME	43
6.1. Écoconstruction	44
6.1.1 Historique et définition.....	44
6.1.2 Démarche et principes	44
6.1.3 Paramètres	45
6.2 Écotourisme.....	47
6.2.1 Historique et définition.....	47
6.2.2 Démarche et principes	48
6.2.3 Paramètres	49
7. EFFETS POSITIFS DU PROJET	50
7.1 Projets du centre de recherche.....	50
7.2 Éducation et sensibilisation	51
7.3 Projets avec la communauté, partenariats avec les coopératives locales et création d’emplois	52
7.3.1 Projets avec la communauté	53
7.3.2 Partenariats avec les coopératives locales	53
7.3.3 Création d’emploi direct et indirect.....	53
CONCLUSION.....	54
RÉFÉRENCES	55
ANNEXE 1- ARTICLE 85, RÈGLEMENT DE L’IMAGE URBAINE DU CENTRE DE POPULATION DE MAHAHUAL.....	61
ANNEXE 2 – PLAN DE TAKATA.....	62

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Location de Mahahual	4
Figure 1.2	Carte des sites à proximité de Mahahual	6
Figure 3.1	Carte de la mer des Caraïbes	10
Figure 3.2	Les récifs coralliens	12
Figure 3.3	Les herbiers marins.....	15
Figure 3.4	Les plages et dunes	17
Figure 3.5	Les forêts de mangroves	19
Tableau 4.1	Matrice d'identification des impacts directs: planification du projet.....	25
Tableau 4.2	Matrice d'identification des impacts directs: construction du projet.....	26
Tableau 4.3	Matrice d'identification des impacts directs: fonctionnement du projet	27
Tableau 4.5	Matrice d'identification des impacts directs: fin des activités.....	28
Tableau 5.1	Impacts directs, impacts indirects et mesures de gestion et d'atténuation.....	30

INTRODUCTION

Partout ou presque, les hommes se sont établis aux dépens des écosystèmes pourtant nécessaires à leur survie. Depuis le début de la révolution industrielle au XVIII^e siècle, notre espèce s'est comportée comme si la nature lui appartenait et devait être dominée (Larousse, 2014; Dost, 2012). Les ressources naturelles nombreuses, perçues comme infinies, furent exploitées sans considération pour le futur, et alors que l'espèce humaine ne comptait que 1,5 milliard d'individus au début des années 1900, une course à la croissance fut enclenchée (ONU, 2011; Larousse, 2014). Une croissance sur laquelle devait reposer le système économique mondial jusqu'à aujourd'hui. Une explosion de la population humaine rendue possible grâce aux avancées technologiques et techniques permit aux humains d'atteindre les 7,2 milliards d'individus en 2014. On s'attend à ce que la planète abrite jusqu'à 10 milliards d'humains en 2100 (ONU, 2011).

Les ressources naturelles auparavant si nombreuses se sont avérées épuisables, et l'humanité semble parcourir les derniers milles d'une consommation sans retenue. En effet, alors que la majorité de la population ne bénéficie point des avantages économiques de l'exploitation des ressources naturelles dû au manque de redistribution de la richesse créée, l'environnement et les écosystèmes sur lesquels repose toute vie sont poussés au bord de l'essoufflement. La qualité de vie si chère à nos civilisations devra s'allier au respect des écosystèmes, sans quoi les perturbations sociales, climatiques et environnementales enclenchées dans les dernières décennies s'aggraveront grandement dans le siècle à venir. (GIEC, 2013; Le Devoir, 2014; Kalnay et al., 2012)

Alors que les stratégies gouvernementales nationales et internationales sont généralement lentes à être mises en place et qu'elles sont souvent trop peu contraignantes, des initiatives écoresponsables voient de plus en plus le jour (Centre d'analyse stratégique, 2012). Les entreprises et les individus ayant des préoccupations environnementales sont désormais nombreux et travaillent à diminuer la pression qu'ils ont sur la nature. C'est grâce à l'amélioration des connaissances, à la responsabilisation devant les actions humaines et au respect du milieu naturel et social que l'homme pourra continuer son développement en accord avec les écosystèmes qui le soutiennent.

TAKATA Dive and Research Center est un projet de centre de plongée couplé d'un centre de recherche en écologie marine mis sur pied dans l'optique de répondre de manière responsable aux

perturbations découlant du développement humain. Il s'agit d'un projet ayant été réfléchi dans la perspective d'atténuer le plus possible les conséquences négatives qu'il aura sur son milieu, tirant profit des enseignements les plus récents. En plus d'une planification, d'une construction et d'un fonctionnement durable, ce centre aura un caractère éducatif. Tant les clients du centre de plongée que les étudiants reçus au centre de recherche seront immergés dans les principes de développement durable faisant partie intégrante du centre. Des cours sur les écosystèmes, leur fonctionnement ainsi que les principes de conservation et de restauration seront offerts aux visiteurs et à la population locale. Des ateliers seront également offerts dans une perspective de sensibilisation et de conscientisation. La transmission d'une passion pour l'océan et l'humain, d'une attention particulière à la nature ainsi que d'une prise de responsabilité face aux conséquences des actions humaines sont les principes fondateurs de TAKATA. Pour qu'un tel projet voie le jour, il est indispensable de préparer sa mise sur pied par la prise en compte d'une multitude de facteurs. C'est le rôle qu'accomplira la présente recherche. L'objectif de ce document est de proposer une démarche pour être en mesure d'identifier les impacts qu'aura le projet sur l'environnement biophysique et de développer des mesures d'atténuations adéquates.

Le travail qui suit est également une réflexion sur les concepts associés à la planification écoresponsable de la construction et du fonctionnement d'un centre de plongée dans les Caraïbes, dans le cadre du cours Projet spécial (ENV 750). Ce document présente dans un premier temps une mise en contexte expliquant les origines du projet et les conditions dans lesquelles il sera réalisé. Il présente dans un deuxième temps les composantes du projet, puis décrit dans un troisième temps les composantes biophysiques du projet qui seront éventuellement impactées par celui-ci. Il s'agit de l'atmosphère ainsi que des écosystèmes côtiers que sont les récifs coralliens, les herbiers marins, les dunes et les plages ainsi que les mangroves. Ces trois chapitres servent de base aux sections suivantes. Quatre différentes matrices sont construites grâce aux informations présentées au préalable et permettent de faire ressortir les impacts directs qu'aura le projet tout au long de son cycle de vie, de la planification jusqu'à la fin du projet. Puis, le document présente un guide de gestion et d'atténuation des impacts directs et indirects du projet. Il explique par la suite l'écoconstruction et l'écotourisme, deux concepts intimement liés au projet qui serviront à mettre en place les mesures d'atténuation dans un cadre défini. Finalement, les effets positifs du projet font l'objet d'une analyse, puisqu'en plus de réduire au maximum ses impacts négatifs sur le milieu récepteur, TAKATA s'engage à développer le plus possible les effets positifs que le centre de plongée et le centre de recherche auront sur l'environnement et la population.

1. MISE EN CONTEXTE

La mise en contexte permet de jeter les bases de la compréhension et de la réflexion derrière le projet de TAKATA Dive and Research Center. Elle présente le projet et ses composantes principales, la localisation du futur centre et le climat dans lequel les opérations devront être accomplies, le potentiel touristique et scientifique de l'endroit ainsi que le cadre réglementaire national et international qui devra être pris en compte tout au long du projet.

1.1 Présentation du projet

TAKATA Dive and Research Center sera un centre de plongée et de recherche écoresponsable de par sa planification, sa construction et son fonctionnement. Les actionnaires du projet sont des personnes âgées entre 20 et 28 ans provenant du Canada, du Chili, de la Colombie et de l'Écosse. Ceux-ci ont des compétences diverses en environnement, marketing, biologie, films documentaires, etc., et une passion en commun : l'océan et la plongée sous-marine. L'objectif de ce centre sera de construire et de fonctionner avec la plus petite empreinte écologique possible, et d'arriver à avoir des impacts sociaux et environnementaux positifs. Ce projet est fondé sur l'hypothèse qu'il est possible de recevoir des bénéfices économiques tout en exploitant une entreprise de la manière la plus verte qui soit.

Le centre offrira des cours de plongée, des sessions de yoga et tiendra des projets d'écologie marine grâce à son centre de recherche. Alors que le centre de plongée proposera des cours allant de débutant au cours d'instructeur ainsi que des cours de plongées techniques, le centre de recherche débutera ses activités avec quatre programmes principaux; la restauration de récifs coralliens, la restauration de palétuviers, le contrôle de la rascasse volante et la conservation de la vie sauvage. Ces programmes seront offerts aux bénévoles et aux étudiants désireux de s'impliquer ou de mieux comprendre la faune et la flore de l'endroit ainsi que les problématiques touchant ces milieux.

1.2 Localisation et climat

À la suite d'une recherche sur les meilleurs sites pour l'établissement du centre, le petit village touristique de Mahahual a été sélectionné pour accueillir TAKATA. Les critères retenus pour ce choix étaient les journées d'ensoleillement, le climat, la présence de récifs coralliens, le prix des terrains disponibles ainsi que la vocation écotouristique de l'endroit. Mahahual est situé au Mexique, au sud de la péninsule du Yucatan dans l'État du Quintana Roo (figure 1.1).



Figure 1.1 Localisation de Mahahual

Source : Vacations to go, 2014,

http://www.vacationstogo.com/cruise_port/Majahual__Mexico.cfm

Le climat de la région du sud de la péninsule du Yucatan est tropical; les températures sont en moyenne de 29 °C, ce qui est parfait pour recevoir des vacanciers. La saison des pluies est de juin à novembre et pendant cette période, les précipitations sont de 241 mm par mois en moyenne, pour un total annuel de 1 700 mm (Servicio Meteorologico National (SMN), 2013). Ces caractéristiques nous permettent d’espérer pouvoir recueillir l’eau de pluie et d’être en mesure d’utiliser des panneaux solaires. De plus, les « norte », les vents dominant la région durant la période d’hiver, pourraient permettre l’installation d’une éolienne. Ces vents rendent cependant l’accès à la mer plus difficile durant cette période. Aussi, le site est susceptible aux ouragans. Le passage de l’ouragan Dean en 2007 a d’ailleurs donné un dur coup à l’économie de la région (Tu Mahahual, 2012).

1.3 Potentiel touristique et scientifique

Mahahual est un lieu à haut potentiel touristique et détient une localisation stratégique dans la région de Costa Maya (May, 1997). C'est grâce au programme touristique Mundo Maya que le gouvernement du Quintana Roo investit dans le projet Costa Maya pour promouvoir cette zone comme destination vacance. Il y a une décennie seulement, Mahahual n'accueillait qu'une petite communauté de pêcheurs. Aujourd'hui, le village reçoit un apport touristique et est même devenu une destination pour les bateaux de croisière du monde. Le village possède un petit aéroport, qui pourra éventuellement recevoir des vols de Cancún et ainsi faciliter l'arrivée des vacanciers (FIDECARIBE, 1996). L'endroit est situé à une heure de voiture de Chetumal, la capitale du Quintana Roo. Chetumal détient un aéroport national qui sera converti en aéroport international dans les années à venir. Pour l'instant, Mahahual est accessible pour les voyageurs arrivants du Belize, de Chetumal, de Cancún, de Playa del Carmen et de Tulum (ADO, 2014). Il s'agit néanmoins d'un endroit peu développé, dû au fait que sa croissance est relativement récente, que l'endroit a peu de visibilité à l'international et dû à sa relative difficulté d'accès. Le village est très peu connu et est situé au milieu d'une forêt de mangrove grande de plusieurs centaines de kilomètres, ce qui lui confère une valeur écotouristique certaine, mais qui rend l'accès aux touristes plus difficile.

Le village possède un potentiel d'investissement intéressant puisque le prix des terrains est abordable alors que l'endroit est destiné à croître. Selon son *Programme de développement urbain*, les stratégies principales de développement de Mahahual défendent un tourisme durable (Programme de desarrollo Urbano de Mahahual (PDUM), 2013). Par contre, les activités touristiques sont extrêmement liées à la température et souffrent du climat parfois venteux et pluvieux qui empêche les embarcations de sortir en mer.

Mahahual possède un potentiel écotouristique et scientifique notable entre autres grâce au récif méso-américain qui le longe. Les coraux sont bien conservés grâce au faible développement humain de l'endroit et accueillent une biodiversité aquatique exceptionnelle. Certaines parties du récif ayant été particulièrement affectées par l'ouragan Dean en 2007 pourront bénéficier du programme de restauration de récifs coralliens offert par le centre de recherche. De plus, le récif est affecté par l'invasion de la rascasse volante, et le programme pour son contrôle pourra aider à faire diminuer leur population. Aussi, la forêt de mangrove qui entoure le village côtier constitue l'habitat d'une diversité très élevée d'oiseaux et d'espèces aquatiques. Les sections de forêts

ayant été détruites par l'ouragan et qui jusqu'à ce jour n'ont pas récupéré pourront profiter du programme de restauration de palétuvier.

La proximité de lieux à haute valeur écologique confère également un potentiel écotouristique et scientifique à l'endroit. En effet, Mahahual est situé à proximité de la Réserve de la biosphère Sian Ka'an au nord, de la Réserve de la biosphère Banco Chinchorro à l'est (atoll marin), du parc national marin Xcalak au sud-est et de la réserve marine Bacalar au sud (Belize). Le village est également situé près des *cenotes* de Tulum au nord, de la réserve Sanctuaire pour les Manatis au sud-est ainsi que de la zone de protection de flore et faune « Uaymil » au nord-est (figure 1.2). De plus, Mahahual est situé à proximité de plusieurs sites mayas de grande importance, comme le site de Chacchoben, une des ruines les plus populaires du sud du Quintana Roo.

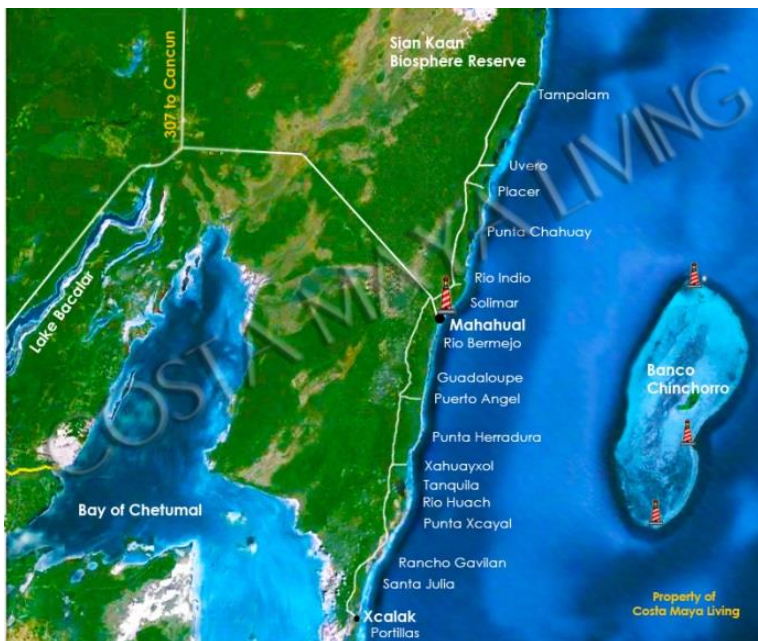


Figure 1.2 Carte des sites à proximité de Mahahual

Source : Costa Maya living, 2013, <http://www.costamayaliving.com/MapOfCostaMaya.html>

1.4 Cadre réglementaire

Le cadre réglementaire national et international devra être considéré tout au long du projet. Les éléments juridiques qui devront être pris en compte sont présentés dans cette section.

1.4.1 Cadre règlementaire national

Le centre de plongée sera enregistré au Mexique comme Société anonyme de capital variable. Quant au centre de recherche en écologie marine, il sera enregistré comme société civile et pourra ainsi recevoir des subventions pour les divers projets proposés.

Selon le *Programme de développement urbain de Mahahual*, le gouvernement garde une zone de 20 mètres d'activités exclusives de plages (ZFM-01). De plus, les constructions ne peuvent pas mesurer plus de douze mètres de hauteur (PDU, 2013). Il est interdit de modifier les caractéristiques physiques et chimiques des dunes et des plages (DUN-01) et les campements temporaires pour la construction doivent se trouver dans une zone de végétation perturbée ou devant être utilisée postérieurement pour le projet, jamais sur les zones humides ou en zone fédérale maritime terrestre (CON-04). En ce qui concerne la construction d'un quai, celle-ci nécessite une autorisation en matière d'impact environnemental et doit permettre de conserver les processus de transport du littoral et la qualité de l'eau (MYM-02). (PDUM, 2013)

Toujours selon le même programme, il doit y avoir un système de gestion des déchets sanitaires lors de la construction (RS-01), et il est nécessaire d'avoir sur un système de stockage temporel et de gestion des résidus solides, pour postérieurement être en mesure de les transporter dans un site de disposition finale (RS-02,05). Le projet doit appliquer des mesures préventives pour la gestion adéquate de graisses, d'huiles, d'émissions atmosphériques, d'hydrocarbures et de bruits provenant de la machinerie utilisée (RP-01). Les activités récréatives spécifiques doivent être conduites par des guides spécialisés et accrédités (GE-36). La construction générera des eaux résiduelles où il n'existe pas de service public de traitement et devra donc compter sur un système individuel de traitement des eaux usées (GE-40). Finalement, le stockage, le transport et la gestion de matériaux de construction doivent éviter la dispersion de poussière ou de particules en suspension (CON-05). (PDUM, 2013)

Selon la *Norme 059* de la SEMARNAT, le terrain pourrait abriter certaines espèces végétales protégées. Les espèces de mangroves suivantes sont sous le statut de protection spécial : palétuvier noir (*Avicennia germinans*), le palétuvier gris (*Conocarpus erectus*), le palétuvier blanc (*Laguncularia racemosa*) et le palétuvier rouge *Rhizophora mangle*. L'icaco (*Chysobalanus icaco*), un arbre retrouvé près des plages, est également protégé. (SEMARNAT, 2010)

Selon le *Règlement de l'image urbaine du centre de population de Mahahual* (Othon P. Blanco), il est de la compétence de la direction de développement urbain de la municipalité d'Orthon P. Blanco d'émettre les autorisations pour la réalisation de projets (Art. 85) (annexe 1). Finalement, le *Règlement de l'équilibre écologique et de protection de l'environnement* pour la municipalité d'Orthon P. Blanco stipule que les installations de captation de l'eau seront sujettes à la procédure d'évaluation d'impact environnementale (Art. 36V). (Othon P. Blanco, 2013)

1.4.2 Cadre réglementaire international

La Convention de Carthagène est le cadre juridique dont se sont dotés les pays caribéens pour voir à la gestion et à la protection des écosystèmes marins que sont les récifs coralliens, les herbiers, les dunes et les mangroves. Ces quatre écosystèmes se situent tous à proximité du site où sera construit le centre et font l'objet d'une description dans un chapitre subséquent. Cette convention prône une gestion intégrée et systémique des ressources qui se base sur le fonctionnement de ces écosystèmes en y intégrant toutes les activités humaines (Augier, 2010).

Ce projet ambitieux s'avère réalisable grâce à une gestion et un encadrement adéquat du développement humain. Dans le but d'assurer qu'un projet comme TAKATA respecte cette logique de gestion intégrée, la connaissance des composantes du projet est nécessaire pour éventuellement identifier les impacts environnementaux y étant associés.

2. COMPOSANTES DU PROJET

Les phases d'un projet, de la planification au démantèlement, comportent toutes des composantes ainsi que des actions qui exerceront potentiellement une pression sur l'environnement biophysique. TAKATA ne fait pas exception à cette règle.

Le terrain où sera construit le centre nécessitera 25 mètres de largeur sur 40 mètres de profondeur. Les composantes essentielles du projet seront un bâtiment principal, un bâtiment pour la salle de cours du centre de recherche, un laboratoire pour le centre de recherche, un bâtiment pour accueillir l'équipement et le compresseur, une piscine ainsi qu'un quai. Les plans de l'architecte prévoient, pour le bâtiment principal, une construction à deux étages comprenant une réception et trois salles de classe au premier étage en plus de bureaux au deuxième étage. Un toit vert sera également aménagé sur le bâtiment du centre de plongée. De plus, deux bateaux seront utilisés pour le centre de recherche et pour amener les gens faire de la plongée sous-marine (annexe 2).

La planification d'un projet implique la visite du site, la visite des terrains, l'achat de ce dernier ainsi que son déboisement. Toutes ces étapes comportent des risques d'impact sur le milieu récepteur.

La construction du projet est également source d'impacts divers sur l'environnement biophysique. Les composantes terrestres du projet, soit les bâtiments ainsi que la piscine, nécessiteront l'utilisation de machinerie lourde, une phase d'excavation ainsi que leur construction pour voir le jour. Le quai nécessitera également une étape d'excavation ainsi qu'une phase de construction. Finalement, les déchets de construction, s'ils ne sont pas pris en compte, comportent leur part d'impact sur le milieu.

Le fonctionnement du projet est certainement l'étape ayant des effets sur le plus long terme. Cette phase comporte plusieurs éléments devant être pris en compte. Dans un premier temps, les touristes, de par leur présence et leur transport, auront des impacts sur l'environnement. Leurs activités aquatiques auxquelles ils se livreront auront également des conséquences, notamment si les vacanciers utilisent de la crème solaire et s'ils touchent les coraux, les herbiers et la faune aquatique. Quant au centre, il implique des besoins en eaux, en énergie et un entretien, tant pour ce qui est des bâtiments que du compresseur à air. La piscine demandera de l'eau ainsi qu'un entretien pour fonctionner. Pour ce qui est des bateaux, ils auront des conséquences environnementales de par leur utilisation, leur ancrage et leur entretien. Le centre comportera également des rejets, soit des déchets ainsi que des eaux usées, pouvant avoir un impact majeur sur les écosystèmes aux alentours.

La fin du projet doit également être prise en compte. Les installations terrestres seront démolies grâce à l'utilisation de machinerie lourde puis les parties du terrain ayant été creusées devront être remplies. Le quai devra être démantelé. Finalement, les déchets de chantiers devront être disposés de manière responsable pour éviter les impacts sur le milieu.

Suite à la définition des composantes du projet, il est primordial de décrire les composantes de l'environnement de manière détaillée. Cela permettra, entre autres, de développer une compréhension adéquate des conséquences qu'auront les composantes du projet sur les composantes biophysiques de l'environnement.

3. COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT BIOPHYSIQUE

La mer des Caraïbes est comprise entre la Floride et les Bahamas au nord, le Mexique et l'Amérique centrale à l'ouest, les Antilles à l'est ainsi que la Colombie et le Venezuela au sud (World Atlas, 2014) (figure 3.1).



Figure 3.1 Carte de la mer des Caraïbes

Source : Gouvernement du Canada, 2003,

<http://www.atlas.gc.ca/site/francais/maps/reference/international/caribbean>

Cette mer de l'océan Atlantique accueille des écosystèmes riches, complexes et fragiles. Ce sont les récifs coralliens, les herbiers marins, les dunes et les plages ainsi que les forêts de mangroves. Ces écosystèmes abritent une biodiversité exceptionnelle sur laquelle repose une grande partie du développement économique des côtes et la qualité de vie des populations locales. La mer des Caraïbes supporte entre autres 1400 espèces de poissons, 76 espèces de requins et 30 espèces de cétagés. En tout, elle abriterait entre un et trois millions d'espèces, dont environ 13 % seraient endémiques (Good Planet, 2008; Huggins et *al.*, 2007). Malheureusement, tous les écosystèmes caribéens sont maintenant reconnus par la communauté scientifique comme étant en danger (Augier, 2010).

Ces écosystèmes sont présentés dans ce chapitre, en plus de l'atmosphère, puisqu'ils seront situés près du centre et ressentiront conséquemment les impacts directs et indirects du projet. La présentation de l'atmosphère permet de comprendre le lien entre les activités du centre, les rejets

atmosphériques et les impacts sur les écosystèmes côtiers. Le fonctionnement des écosystèmes côtier est présenté dans la perspective de mieux comprendre les interactions et les liens complexes qui les caractérisent et ainsi mieux déterminer les impacts qu'auront les activités du centre. Puis, la fonction de ces écosystèmes tant pour la biodiversité que pour les communautés humaines est exposée, aidant à la compréhension et à la reconnaissance de leur importance. Finalement, une présentation des menaces liées au développement touristique est effectuée, dans le but de mieux cerner l'apport du centre à ces pressions.

3.1 Atmosphère

L'atmosphère est une composante complexe de l'environnement. Sa pollution est souvent invisible, pourtant les conséquences qui l'accompagnent sont majeures et globales. Selon l'OMS, la pollution de l'air est responsable de plus de deux millions de morts humaines par an (Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2011). L'atmosphère est le lieu de rejet des gaz à effet de serre (GES), causés notamment par le transport et les besoins énergétiques. Elle est également victime de polluants provenant de l'utilisation de substances chimiques. Ces contaminants sont responsables du réchauffement climatique et de l'acidification des océans, deux variables qui pèsent très lourdement sur le maintien de la biodiversité et la résilience des écosystèmes côtiers (Kleypas, 2009). Ces substances peuvent également dégrader les fonctions du système respiratoire des organismes vivants et ont pour conséquence la déplétion de la couche d'ozone (Office fédéral de l'environnement, 2014).

3.2 Écosystèmes coralliens

Le système récifal méso-américain est le deuxième plus grand système corallien au monde après la grande barrière de corail australienne (figure 3.2). Celui-ci s'étend de la péninsule du Yucatan au Mexique jusqu'au Guatemala. Il détient plus de 1000 km de longueur, dont 400 km se retrouvent sur la côte mexicaine. À lui seul, le Mexique possède 6,75 % des récifs coralliens des Caraïbes (INE, 2010).



Figure 3.2 Les récifs coralliens

Source : Turimexico, 2014,

<http://www.turimexico.com/reservasecologicas/reservasecologicasarrecifes.php>

3.2.1 Fonctionnement

Différentes formations géomorphologiques forment les récifs coralliens, qui peuvent tout d'abord être divisés en deux types : les récifs de plateaux qui grandissent en marge des continents et les récifs océaniques, qui entourent les îles. Ils peuvent par la suite être divisés en trois sous catégories : les récifs frangeants, les récifs-barrières et les atolls. Les récifs de plateaux sont généralement frangeants et se forment autour des côtes, séparés d'elles d'environ un kilomètre, comme c'est le cas pour Mahahual. Les barrières de corail sont plus loin des continents et sont séparées du littoral par un lagon de plusieurs kilomètres. Les atolls ont la forme d'un anneau autour d'îles sous la surface de l'eau, comme pour Banco Chinchorro (Andréfouet et Guzman, 2004).

Les récifs coralliens ne se retrouvent que dans les eaux tropicales à des températures entre 20 à 30 °C et à une salinité de 28 à 40 ‰. On les rencontre rarement sous 60 mètres et ils sont plus abondants à des profondeurs de 25 mètres et moins. En plus de ces limites, le développement des récifs est influencé par la compétition avec les algues, qui sont favorisées à des latitudes plus hautes, dues à l'augmentation de la concentration de nutriments, à la diminution des températures de l'eau et à la diminution de la pression liée aux herbivores. Les poissons et autres prédateurs ont comme proies certains compétiteurs des coraux comme les algues, les éponges et le corail mou, donnant aux coraux durs un avantage qu'ils ne pourraient avoir dû à leur compétitivité moindre.

La croissance du corail est affectée par l'intensité lumineuse, la durée de la journée, la température de l'eau, la concentration de plancton, la prédation et la compétition avec les autres coraux et les algues. La croissance peut s'étendre sur des siècles et plus, et en moyenne, un corail massif peu grandir d'un centimètre de diamètre par an alors qu'un corail branchu peu grandir de dix centimètres par an (Commission environnement et biologie subaquatique (CEBS), 2014).

Les récifs coralliens sont créés par les organismes qui y vivent. Ils sont principalement composés d'animaux minuscules appelés polypes. Appartenant à la famille des méduses et des anémones de mer, ils détiennent des cellules urticantes localisées sur les tentacules entourant la bouche, qui leur servent de défense et à capturer leurs proies. Les espèces de coraux connues pour être formatrices des récifs coralliens vivent en symbiose avec les algues zooxanthelles. Ce sont des algues unicellulaires, qui comme tout organisme photosynthétique, requièrent de la lumière. Elles sont en concentration d'environ un million de cellules par cm^2 de surface corallienne et donnent la plupart des couleurs que l'on voit sur les coraux. Les coraux permettent aux zooxanthelles de vivre dans un environnement stable et protégé, en plus de leur fournir une abondance de nutriments comme le carbonate de calcium, l'azote et le phosphate rejetés par la respiration cellulaire des coraux. Le polype peut également éviter la nécessité d'excréter ses pertes cellulaires, puisque les algues les absorbent et les utilisent. La zooxanthelle absorbe les nutriments directement des tissus de l'animal de façon tellement efficace que plusieurs espèces n'ont aucun rejet d'azote dans l'eau environnante. En retour, les coraux reçoivent les produits de la photosynthèse (O_2 et substances organiques riches en énergie) en stimulant leur relâchement avec des signaux moléculaires. Les zooxanthelles donnent des nutriments aux polypes en forme de glucose, glycérol, et acides aminés. Elles produisent de 10 à 100 fois plus de carbone que ce dont elles ont besoin et presque tout cet excès est transféré aux coraux. Cette contribution des zooxanthelles est suffisante pour satisfaire les besoins journaliers en énergie de plusieurs espèces de coraux (Benfield et *al.*, 2008). C'est une des raisons pour lesquelles ces derniers sont capables de construire d'énormes récifs dans les eaux marines pauvres en nutriments (CEBS, 2014).

Lorsqu'une larve de polype s'attache à une surface solide, normalement une partie morte d'un ancien récif, elle se développe en polype et ce dernier commence à sécréter un exosquelette de carbonate de calcium dans lequel il vit et qui lui sert de protection. Chaque colonie grandit verticalement et latéralement pour adopter la forme qui est génétiquement déterminée, avec certaines variations dues aux stress environnementaux. Les colonies de coraux augmentent en diamètre en ajoutant de nouveaux polypes clones asexués à leur périphérie (CEBS, 2014).

Lorsque la larve s'établit et se développe en polype, elle peut alors commencer une reproduction asexuée et faire grandir la colonie. Certains de ces polypes développeront des gonades et seront, à leur tour, capables d'amorcer une reproduction sexuée (Joannot, 2008). La fragmentation, lorsqu'un corail se brise, est également une source majeure de croissance du récif corallien et serait une forme commune de reproduction asexuée pour les espèces à branche (CEBS, 2014).

3.2.2 Fonctions et services écosystémiques

Les récifs sont à la base de la chaîne alimentaire des animaux qui y vivent. Ils incarnent ainsi le support d'une biodiversité phénoménale. Leur croissance permet le stockage du carbone sous forme de CaCO₃, en plus de servir d'habitat à une multitude d'espèces animales, dont plusieurs espèces menacées de requins, de raies, de tortues, de poissons et d'invertébrés (UICN, 2012). Les récifs coralliens dissipent l'énergie des vagues et créent ainsi les lagons où les herbiers marins ainsi que les mangroves peuvent se développer (Brumbaugh, 2006). Les écosystèmes récifaux assurent la protection des rivages lors de tempêtes en plus de fournir un revenu et de la nourriture aux habitants grâce au tourisme et à la pêche. La valeur des services fournis seulement par les récifs coralliens se situerait entre 3,1 milliards et 4,6 milliards de dollars par an. Leur dégradation pourrait coûter jusqu'à 870 millions annuellement (Augier, 2010).

3.2.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème

Les coraux sont le groupe taxinomique le plus endommagé. Leur déclin s'observe depuis 30 ans et à certains endroits on note une réduction de leur couverture allant jusqu'à 80 % (PNUE, 2008). Trois des espèces clés des récifs caribéens, *Acropora cervicornis*, *Acropora palmata* et *Montastraea annularis* sont aujourd'hui considérées en danger critique d'extinction. Il s'agit d'espèces édifiatrices de la structure de calcaire des récifs, et leur disparition aurait des impacts écologiques sur tout le système récifal et donc sur les retombées économiques de la région (Augier, 2010). L'activité de plongée sous-marine repose essentiellement sur la santé du récif et la biodiversité qu'est capable de soutenir ce dernier. La disparition des coraux a donc des conséquences majeures sur les activités du centre.

Les activités anthropiques ont des effets négatifs directs sur la survie des récifs. La pratique de sport aquatique a un impact dû à la pollution engendrée par les rejets des moteurs à combustion et l'ancrage des bateaux (Lapointe, 2011). De plus, les rejets d'eaux usées riches en éléments nutritifs favorisent le développement de macroalgues qui font compétition aux coraux pour l'espace et l'accès à la lumière. Aussi, les constructions côtières augmentent le taux de sédiments

et de pollution qui arrivent sur les récifs. L'utilisation de crème solaire par les vacanciers est également très néfaste pour les coraux. Tous les stress anthropiques peuvent amener les colonies coralliennes à expulser en masse leurs algues zooxanthelles et causer ainsi la mort prématurée des polypes. Cela a pour conséquence de réduire la biodiversité du récif, ce qui à son tour diminue sa capacité de résilience face aux stress ou perturbations (Bythell et al., 2011; Kleypas, 2009; Lapointe, 2011; Lesser, 2007).

L'augmentation du niveau de CO₂ atmosphérique est tempérée par le drain océanique, ce qui se traduit par l'acidification de l'eau de mer. Les conséquences de cette acidification sur la croissance de plusieurs organismes calcificateurs sont généralement très négatives. Cette menace est majeure pour le fonctionnement des récifs coralliens et pourrait éventuellement mener à la dominance des organismes non calcifiant dans cet écosystème. De plus, les phénomènes climatiques extrêmes de plus en plus fréquents dus aux changements climatiques résultent en des tempêtes tropicales qui détruisent en partie ou en totalité certaines parties des récifs (Kleypas, 2009).

3.3 Écosystème d'herbiers marins

Les herbiers marins se développent dans la lagune créée par les récifs coralliens, à l'abri des vagues (figure 3.3). Il s'agit d'un écosystème fondamental pour la survie d'espèces clés. Malheureusement les herbiers sont aujourd'hui menacés.



Figure 3.3 Les herbiers marins

Source : Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'environnement marin, 2013, <http://mio.pytheas.univ-amu.fr/gisposidonie/?p=1183.2.1>

3.3.1 Fonctionnement

Les herbiers marins sont les seules plantes à fleurs pouvant vivre complètement sous l'eau. Pour grandir, les herbes marines doivent être à des températures entre 20 et 30 °C et être totalement submergées par de l'eau salée. Elles font de la photosynthèse et nécessitent recevoir de la lumière, ce pourquoi on les retrouve principalement dans les eaux côtières et peu profondes (Anderson, 2009). Elles ont un appareil végétatif organisé entre les feuilles, les rhizomes et les racines et se reproduisent grâce à leurs fleurs. Elles accomplissent tout leur cycle de vie sous l'eau, y compris la reproduction.

Les herbiers marins sont composés de plantes appartenant à la famille des *Zosteraceae*, des *Posidoniaceae*, des *Cymodoceaceae* et des *Hydrocharitaceae* (Aires marines, 2014). Les deux espèces d'herbiers les plus courantes des caraïbes sont *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* (Anderson, 2009). Elles sont présentes dans les eaux peu profondes allant jusqu'à 25 mètres de profondeur. Différentes études corroborent leur disparition (Augier, 2010).

3.3.2 Fonctions et services écosystémiques

Les herbiers marins protègent contre l'érosion des berges, créent des eaux claires et sont le refuge d'une diversité impressionnante de vie marine. Ils sont l'habitat d'une multitude d'invertébrés, de poissons, d'étoiles de mer, d'oursins, de tortues, de raies, et constituent un refuge pour les juvéniles de plusieurs espèces. Ces plantes servent également d'habitat à plusieurs espèces menacées ou à haute valeur commerciale (Anderson, 2009). Elles ont une fonction de pouponnière, absorbent l'excès de nutriments et stabilisent les sédiments. Elles sont une source de nourriture pour une variété de poissons juvéniles, les hippocampes, les vers marins, les homards, les conques, les crevettes, les concombres de mer, les oursins, les crabes, les lamantins et les tortues juvéniles. Elles sont à la base de la chaîne alimentaire et supportent ainsi des espèces de niveaux trophiques supérieurs. Elles absorbent le CO₂ et purifient l'eau. Les herbiers marins participent également au cycle des nutriments, notamment en fixant l'azote. Avec les mangroves, elles diminuent le taux de nutriments qui arrive sur les récifs et permettent ainsi aux coraux de dominer les algues (Brumbaugh, 2006). Leur potentiel de production de matière organique et d'oxygène est comparable aux récifs coralliens et aux forêts tropicales (Aires marines, 2014).

3.3.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème

La réduction des herbiers est observée sur toute la planète (PNUE, 2007). On parle de disparition de 15 % de ceux-ci dans les dix dernières années (Les zones humides, 2012). Puisqu'ils sont

situés en eau peu profonde et près des côtes, ils sont malheureusement directement impactés par les activités humaines côtières. On remarque ainsi une diminution des surfaces occupées par les herbiers, particulièrement près des centres urbains. Leur disparition est due principalement à l'aménagement des littoraux pour diverses raisons comme l'augmentation des populations ou la hausse de l'achalandage de touristes (PNUE, 2007). Toutes introductions dans les eaux marines peuvent conduire à une mortalité des herbiers en changeant les paramètres chimiques, physiques et biologiques du milieu (Anderson 2009). Le déversement de pesticides, d'engrais ou de produits chimiques et l'apport de sédiment peuvent être des causes indirectes de son dépérissement (PNUE, 2007).

3.4 Écosystème de plages et dunes

Les plages de sable et les dunes sont prisées par le développement touristique (figure 3.4). Malheureusement, un développement côtier toujours plus présent rend leur conservation de plus en plus difficile.



Figure 3.4 Les plages et dunes

Source : CICY, 2014, <http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/vegetacion.html>

3.4.1 Fonctionnement

Les plages et les dunes sont composées de sable provenant à 90 % d'éléments coralliens et donc de carbonate de calcium. Ce type de substrat permet le développement d'une végétation adaptée aux conditions des côtes et a amené l'établissement de 71 espèces végétales dunaires distinctives et typiques des Caraïbes. Les dunes côtières sont apparues grâce à l'action du vent, des vagues et d'espèces de plantes pionnières permettant de retenir le sable grâce à un système racinaire

couvrant de larges distances. Dans le Quintana Roo, ces dunes font rarement plus de deux mètres de haut puisque les vagues sont réduites par le récif frangeant longeant toute la côte de la péninsule (Lapointe, 2011).

3.4.2 Fonctions et services écosystémiques

Les plages et les dunes du Quintana Roo sont utilisées comme site de nidification pour la tortue verte (*Chelonia mydas L.*), la tortue caouanne (*Caretta caretta L.*), la tortue luth (*Dermochelys coriacea Vandelli*) et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata L.*) (SEMARNAT, 2006a). Ces espèces de tortues sont toutes en danger d'extinction (SEMARNAT, 2001). Les dunes côtières et leur végétation sont nécessaires au processus écologique de la région. Elles fixent le sable et diminuent ainsi l'ensablement des récifs qui nuit à leur survie. Le système de dunes atténue lui aussi la force des nombreuses tempêtes tropicales qui s'abattent sur la région en agissant comme barrière protectrice. Elles diminuent également les dommages liés à l'augmentation du niveau de la mer (Lapointe, 2011).

3.4.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème

Malgré le rôle majeur de cet écosystème, il s'agit d'un des milieux les plus affectés par le développement côtier. Puisque les complexes sont toujours construits le plus près possible des plages, la végétation côtière est souvent éliminée et les lagunes sont régulièrement remplies. Cela a pour conséquence une augmentation de l'érosion du littoral, l'interruption de l'écoulement des eaux ainsi que la perte d'habitat pour plusieurs espèces. Lorsque la végétation ne retient plus le sable, les tempêtes ont tendance à le faire disparaître des plages sur plusieurs kilomètres, ce qui est facilité par l'érosion préalable (Lapointe, 2011). Pour ne pas compromettre l'achalandage touristique, le sable disparu suite aux tempêtes tropicales est normalement remplacé grâce à l'extraction du sable provenant de dunes ou de fonds marins n'étant pas destinés au tourisme. Cela a pour effet d'augmenter la vulnérabilité de ces endroits lors de passage d'ouragan, d'augmenter l'ensablement du récif et de perturber l'habitat de plusieurs espèces. De plus, cet exercice tout sauf durable est à refaire chaque fois que le sable des plages est emporté par une nouvelle tempête (CEMDA, 2009). À

3.5 Écosystème de mangroves

Le terme forêts de mangroves réfère à une communauté de plantes vivant dans les zones tropicales et étant inondées de manière permanente ou occasionnelle (Backyard nature, 2014). Ces écosystèmes très importants souffrent énormément de l'établissement d'un tourisme de

masse qui requiert des plages blanches loin des milieux humides. Toutes les espèces de mangroves du Quintana Roo sont protégées légalement, mais l'application de la loi laisse à désirer (GFM, 2007).



Figure 3.5 Les forêts de mangroves

Source : Productores del sur, 2014, <http://www.productoresdelsur.org/mx/noticias/adios-al-60-de-manglares/>

3.5.1 Fonctionnement

Les différentes espèces de mangroves ont toutes en commun des caractéristiques morphologiques et écophysologiques bien distinctes. Elles possèdent des racines aériennes, sont vivipares, filtrent et fixent certaines substances toxiques et ont des mécanismes pour extraire le sel (SEMARNAT, 2006a). On les retrouve à l'embouchure des fleuves, dans les baies, sur les côtes ou sur le bord des rivières, là où l'eau est assez calme pour leur permettre de se développer (SEMARNAT, 2003). Elles peuvent s'étendre sur le continent lorsque les conditions leur sont propices, ou sur un substrat inondé d'eau salée la grande majorité de l'année (huit à dix mois) (Sanchez et al., 2009). Au Mexique, on retrouve le palétuvier rouge (*Rhizophora mangle*), le blanc (*Laguncularia racemosa*), le noir (*Avicennia germinans*) et le gris (*Conocarpus erectus*) (Augier, 2010; Backyard nature, 2014). Le palétuvier rouge détient des racines aériennes qui débutent en hauteur avant d'entrer dans l'eau. Ces racines leur procurent stabilité sur un substrat instable et collectent du CO₂. Les feuillants peuvent atteindre cinq pouces de long et ces arbres peuvent grandir jusqu'à 80 pieds au Mexique. Le palétuvier noir est facile à reconnaître grâce à ses pneumatophores, des

racines submergées qui ressortent de l'eau par quelques centimètres ou quelques pieds, et qui collectent du CO₂. Ils ne nécessitent pas d'être submergés de manière permanente. Leurs feuilles atteignent environ trois pouces et l'arbre peut atteindre les 70 pieds. Le palétuvier blanc produit des feuilles pouvant atteindre trois pouces. Les feuilles détiennent de petites glandes qui lui permettent de se débarrasser du sel accumulé lors de l'absorption de l'eau de mer. L'arbre peut grandir jusqu'à 60 pieds. Finalement, le palétuvier gris ne pousse qu'en eau peu salée. Il produit des feuilles de quatre pouces et peut grandir jusqu'à 60 pieds (Backyard nature, 2014).

3.5.2 Fonctions et services écosystémiques

Les mangroves occupent une partie extrêmement vulnérable des côtes et permettent de retenir les sols lors de la venue d'ouragans. La mangrove offre refuge et nourriture aux poissons du récif, elle stabilise les sédiments, filtre l'eau, absorbe les nutriments et devient une barrière naturelle lors des tempêtes tropicales. Elle sert de refuge à plusieurs espèces d'oiseaux locaux ou migrateurs et a une fonction de pouponnière très importante. Les forêts de mangroves représentent une source de matière organique pour une multitude d'espèces terrestres et aquatiques. Finalement, elles s'avèrent être l'un des puits de carbone atmosphérique les plus importants sur la planète (SEMARNAT, 2006a).

3.5.3 Menaces à l'intégrité de l'écosystème

Les mangroves sont en constante régression. Il s'agit du deuxième écosystème le plus dégradé des Caraïbes, avec un recul de 42 % de leur couverture au cours des 25 dernières années. Ces zones humides sont fréquemment remplies pour permettre l'installation de complexes hôteliers ou d'habitation (Lapointe, 2011). En effet, le changement d'utilisation des sols se traduit souvent par l'élimination de la mangrove. L'industrie du tourisme est la première cause de déforestation de mangrove au Mexique (SEMARNAT, 2006a). De plus, les installations touristiques ont souvent pour conséquence de changer le régime hydrique des mangroves, dû à la fragmentation associée à la construction de routes. Les routes agissent comme barrage et interrompent la circulation de l'eau, ayant pour conséquence directe l'augmentation de la salinité de l'eau et la mort de forêts de mangroves entières (Lapointe, 2011). Finalement, la mangrove est souvent contaminée par des déversements de produits nocifs provenant d'installations sanitaires, de déchets solides ou de déchets liquides (Murray, 2007).

Tous ces écosystèmes font partie d'une succession écologique et peuvent être considérés comme faisant partie d'un seul écosystème. Les récifs coralliens, les herbiers marins, les plages et les

dunes ainsi que les mangroves côtières sont connectés. Les herbiers séquestrent les sédiments tout en ralentissant le mouvement de l'eau, ce qui bénéficie aux coraux puisque ceux-ci s'épanouissent dans une eau claire dépourvue de sédiments. La barrière récifale forme des lagons protégés des vagues qui permettent aux herbiers et aux mangroves de se développer. Les dunes retiennent le sable et filtrent l'eau. Les mangroves fixent les sédiments, ce qui permet d'en réduire la quantité qui arrive sur les herbiers et les coraux. Les sédiments des herbiers forment un substrat idéal pour l'établissement de mangroves. On remarque finalement la migration d'organismes d'un habitat à l'autre dépendamment de leur stade de vie. (Anderson, 2009)

Ces écosystèmes produisent tous des biens et des services écologiques nécessaires à la défense des côtes, à la rétention de sédiments, à la production primaire, aux pêcheries et au maintien d'une grande biodiversité. Les menaces qui pèsent sur ces écosystèmes mènent entre autres à l'augmentation du couvert de macroalgues, à la diminution du couvert de coraux, à la réduction de la biomasse de poisson et à la disparition de certaines espèces. Mais c'est la protection du littoral et la conservation de la biodiversité qui sont le plus lourdement impactées.

Ces impacts ont été attribués à une multitude de facteurs naturels et anthropiques. Alors que les causes de destructions naturelles s'aggravent dû à l'augmentation des phénomènes climatiques intenses liés aux changements climatiques, la résistance des écosystèmes tend à être diminuée par les stress causés par une multitude de facteurs liés au développement de l'espèce humaine. Ces facteurs ont amené ces écosystèmes essentiels au bord de l'essoufflement. Les services écosystémiques qu'ils rendent et qui sont si importants au bien-être de l'humanité en sont conséquemment affectés (Brumbaugh, 2006).

La lecture de ce chapitre est nécessaire pour bien comprendre l'importance des écosystèmes à proximité du centre, leur fragilité, ainsi que les liens qui les unissent entre eux. Ce chapitre sert de base à la compréhension des impacts directs et indirects qu'aura TAKATA sur le milieu récepteur, permettant une meilleure planification pour un projet écoresponsable.

4. IDENTIFICATION DES IMPACTS DIRECTS

Pour arriver à comprendre l'ampleur des conséquences de l'établissement d'un projet comme TAKATA sur l'environnement biophysique, des matrices d'identifications des impacts sont extrêmement utiles. En permettant de vérifier les impacts directs de chaque composante du projet

sur les composantes de l'environnement biophysique, elles aident à créer un modèle complet qui rend possible la caractérisation de chaque impact.

Dans ce chapitre, quatre matrices sont présentées. Elles illustrent les conséquences du projet sur les composantes de l'environnement physique (chapitre 3) durant les phases de planification, de construction, de fonctionnement et de fin de projet, selon les différentes composantes du projet (chapitre 2). Les impacts directs sont présentés aux intersections entre les composantes biophysiques et les composantes du projet. Le projet aura en tout 93 impacts directs sur le milieu récepteur.

4.1 Impacts directs

Dans les matrices d'identification des impacts, les composantes du projet ont une lettre attribué, et les composantes de l'environnement un chiffre. L'identification d'un impact par la rencontre d'une composante du projet et d'une composante de l'environnement est représentée par l'association d'une lettre et d'un chiffre.

Pour ce qui est de la planification du projet, des GES seront induits par la visite de Mahahual (A1) ainsi que par la visite des terrains (B1). L'achat du terrain n'a pas en soi d'impact sur l'environnement biophysique. Par contre, le déboisement subséquent conduira à une perte de végétation dunaire (D11) ainsi qu'à la perturbation de la faune dunaire (D12). (Tableau 4.1)

La construction des installations terrestres et du quai aura également plusieurs impacts. L'utilisation de machinerie lourde aura pour conséquence de produire des GES (E16), de faire du bruit (E17), de compacter le sable et de créer de l'érosion (E25), en plus de conduire à une perte de végétation dunaire (E26) ainsi qu'à la perturbation de la faune dunaire (E27). L'excavation pour les installations terrestres aura pour conséquence de générer des sédiments dans l'eau de mer de l'écosystème corallien (F18) ainsi que de l'écosystème des herbiers marins (F22). Cette étape créera également une perte de sable (F25), une perte de végétation dunaire (F26) ainsi que la perturbation de la faune dunaire. Puis, la construction des installations terrestres créera des bruits (G17) ainsi qu'une perturbation de la faune dunaire (G27). L'excavation pour l'installation du quai aura pour effet de créer des sédiments dans l'eau tant dans l'écosystème corallien (H18) que dans l'écosystème d'herbiers marins (H22). Cela aura également pour conséquence la perte d'herbes marines (H23) ainsi que la perturbation de la faune (H24). L'installation du quai aura quant à elle des impacts liés aux bruits (I17), aux sédiments dans le récif (I18) et dans l'herbier (I22) ainsi que la perturbation de la faune de l'herbier marin (I24). Finalement, les déchets de construction, s'ils ne sont pas gérés convenablement, pourraient contaminer l'eau du récif (J18) et

de l'herbier (J22), les dunes (J25) et la forêt de mangrove (J28). Cela aurait également des conséquences sur la faune de ces quatre écosystèmes (J21; J24; J27; J30), principalement à cause de l'ingestion des rejets du centre et du potentiel de piège qu'ils représentent. (Tableau 4.2)

Le fonctionnement du centre aura lui aussi divers impacts sur l'environnement biophysique. La présence de touristes aura pour effet de perturber la faune dunaire (K43) et leur transport produira des GES (L31). Les activités aquatiques auxquels ils prendront part pourraient perturber les coraux (M34) à cause de l'utilisation de la crème solaire et des bris physiques occasionnés par les vacanciers. Ces activités pourraient également perturber la faune du récif (M36), les herbes marines (M38) et la faune de l'herbier (M39). De plus, le fonctionnement du centre occasionnera des besoins en eau qui pourraient diminuer les réserves d'eau de la mangrove (N43). Aussi, les besoins en énergie du centre pourraient occasionner des GES (O31) ainsi que du bruit lié à l'utilisation d'un générateur pour le compresseur à air (O32). L'utilisation de produits nettoyants pour l'entretien du bâtiment pourrait mener à la création de pollution atmosphérique (P31), à la contamination de l'eau du récif (P33), de l'herbier (P37) et de la forêt de mangrove (P43). Quant à la piscine, elle occasionnera des besoins en eau qui pourraient diminuer les réserves en eau de la forêt de mangrove (Q43), et l'utilisation de produits chimiques pour son entretien pourrait engendrer une pollution atmosphérique (R31).

L'utilisation de bateaux aura également un impact sur le milieu. Elle engendrera des GES (S31), produira du bruit (S32), et risque de polluer l'eau du récif (S33), de perturber les coraux (S34) et la faune du récif (S36) si une fuite d'hydrocarbures survient. Cette dernière aurait également pour conséquence de contaminer l'eau de l'herbier (S37) en plus de perturber les herbes marines (S38) et la faune de l'herbier (S39). L'ancrage des bateaux causerait des dommages physiques aux coraux (T34) et aux herbiers (T38). L'utilisation de produits chimiques pour l'entretien des bateaux pourrait causer une contamination de l'eau du récif (U33) et de l'herbier (U37). Pour ce qui est des déchets, une gestion inadéquate aurait pour conséquence la contamination de l'eau du récif (V33), de l'herbier (V37), de la côte (V40) et de la forêt de mangrove (V43). Cela aurait également pour effet de perturber la faune de ces quatre écosystèmes (V36; V39; V42; V45). Puis, le rejet des eaux usées dans le milieu contaminerait l'eau du récif (W33) et de l'herbier (W37), ferait proliférer les algues marines (W35) et contaminerait la forêt de mangrove (W43). (Tableau 4.3)

Pour s'assurer que tout le cycle de vie du projet soit relevé dans la prise en compte des impacts, la fin des activités doit également être étudiée. La machinerie lourde utilisée produira des GES (X46), du bruit (X47), compactera le sable et créera de l'érosion (X55), en plus de causer une perte de végétation dunaire (X56) et de perturber la faune dunaire (X57). Le démantèlement des installations terrestres créera du bruit (Y47) et perturbera la faune dunaire (Y57). Puis, le remplissage des trous laissés par les installations terrestres impliquera l'utilisation de sable provenant d'un autre site (YY55) et perturbera la faune dunaire (YY57). Quant à lui, le démantèlement du quai sera source de bruit (Z47), de sédiments dans l'eau du récif (Z48) et de l'herbier (Z52), de la perte d'herbes marines (Z53) et de la perturbation de la faune de l'herbier (Z54). Finalement, les déchets de chantiers pourraient occasionner la contamination de l'eau du récif (ZZ48) et de l'herbier (ZZ52), de la côte (ZZ55), ainsi que de la forêt de mangrove (ZZ60). Cela aurait également pour conséquence la perturbation de la faune de ces quatre écosystèmes (ZZ51; ZZ54; ZZ57; ZZ60), pour des raisons précédemment évoquées. (Tableau 4.4)

Tableau 4.1 Matrice d'identification des impacts directs : planification du projet

Composantes du projet Composantes de l'environnement		Planification			
		Visite de Mahahual (A)	Visite des terrains (B)	Achat du terrain (C)	Déboisement (D)
Atmosphère	Air (1)	A1	B1		
	Sons (2)				
Écosystèmes côtiers	Récifs coralliens	Eau (3)			
		Coraux (4)			
		Algues (5)			
		Faune (6)			
	Herbiers marins	Eau (7)			
		Herbes (8)			
		Faune (9)			
	Dunes et plages	Sable (10)			
		Végétation (11)			D11
		Faune (12)			D12
	Forêts de mangroves	Eau (13)			
		Palétuviers (14)			
		Faune (15)			

Tableau 4.2 Matrice d'identification des impacts directs : construction du projet

Composantes du projet Composantes de l'environnement		Construction						
		Installations terrestres			Quai		Disposition des déchets de construction (J)	
		Machinerie lourde (E)	Excavation (F)	Construction (G)	Excavation (H)	Construction (I)		
Atmosphère	Air (16)	E16						
	Sons (17)	E17		G17		I17		
Écosystèmes côtiers	Récifs coralliens	Eau (18)		F18		H18	I18	J18
		Coraux (19)						
		Algues (20)						
		Faune (21)						J21
	Herbiers marins	Eau (22)		F22		H22	I22	J22
		Herbes (23)				H23		
		Faune (24)				H24	I24	J24
	Dunes et plages	Sable (25)	E25	F25				J25
		Végétation (26)	E26	F26				
		Faune (27)	E27	F27	G27			J27
	Forêts de mangroves	Eau (28)						J28
		Palétuviers (29)						
Faune (30)							J30	

Tableau 4.3 Matrice d'identification des impacts directs : fonctionnement du projet

Composantes du projet Composantes de l'environnement		Fonctionnement												
		Touristes			Centre			Piscine		Bateau			Rejets	
		Présence (K)	Transport (L)	Activités aquatiques (M)	Eau (N)	Énergie (O)	Entretien (P)	Eau (Q)	Entretien (R)	Usage (S)	Ancrage (T)	Entretien (U)	Déchets (V)	Eaux usées (W)
Atmosphère	Air (31)		L31			O31	P31		R31	S31				
	Sons (32)					O32				S32				
Écosystèmes côtiers	rétifs coralliens	Eau (33)					P33			S33		U33	V33	W33
		Coraux (34)			M34					S34	T34			
		Algues (35)												W35
		Faune (36)			M36					S36			V36	
	Herbiers marins	Eau (37)					P37			S37		U37	V37	W37
		Herbes (38)			M38					S38	T38			
		Faune (39)			M39					S39			V39	
	Dunes et plages	Sable (40)											V40	
		Végétation (41)												
		Faune (42)	K42										V42	
Forêts de mangroves	Eau (43)				N43	P43	Q43					V43	W43	
	Palétuviers (44)													
	Faune (45)											V45		

Tableau 4.4 Matrice d'identification des impacts : fin des activités

Composantes du projet Composantes de l'environnement		Fin des activités					
		Installations terrestres			Quai	Disposition des déchets (ZZ)	
		Machinerie lourde (X)	Démantèlement (Y)	Remplissage (YY)	Démantèlement (Z)		
Atmosphère	Air (46)	X46					
	Sons (47)	X47	Y47		Z47		
Écosystèmes côtiers	rétifs coralliens	Eau (48)				Z48	
		Coraux (49)					
		Algues (50)					
		Faune (51)				Z51	ZZ51
	Herbiers marins	Eau (52)				Z52	ZZ52
		Herbes (53)				Z53	
		Faune (54)				Z54	ZZ54
	Dunes et plages	Sable (55)	X55		YY55		ZZ55
		Végétation (56)	X56				
		Faune (57)	X57	Y57	YY57		ZZ57
	Forêts de mangroves	Eau (58)					ZZ58
		Palétuviers (59)					
Faune (60)						ZZ60	

4.2 Constat

Le développement touristique comporte en soi la modification du milieu récepteur et génère donc de multiples impacts directs sur ce dernier, tout au long du cycle de vie d'un projet. Chacun de ces impacts engendre des conséquences indirectes qui devraient également être prises en compte dans un projet écoresponsable. Bien sûr, les interactions au sein d'un écosystème sont extrêmement complexes et il serait très difficile de cerner tous les impacts directs et indirects qu'aura un projet sur le milieu récepteur. Néanmoins, une gestion adéquate des impacts connus et la mise sur pied de mesures d'atténuation s'avèrent des outils primordiaux dans un projet comme celui-ci, et permettront de diminuer grandement les perturbations causées par TAKATA sur l'environnement biophysique.

5. GUIDE DE GESTION ET D'ATTÉNUATION DES IMPACTS

Le chapitre qui suit présente un guide de gestion et d'atténuation des impacts construit dans un tableau reprenant les impacts directs présentés au chapitre 4. Les impacts indirects qui en découlent sont mis de l'avant, ainsi que les mesures d'atténuation prévues. (Tableau 5.1)

Tableau 5.1 Impacts directs, impacts indirects et mesures de gestion et d'atténuation

PLANIFICATION		
Impacts directs	Impacts indirects	Mesures de gestion et d'atténuation
Visite de Mahahual		
A1 : GES dus au transport	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité ○ Réchauffement de la température de l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser le transport actif • Minimiser le nombre de visites • Établir un plan de compensation de GES
Visite du terrain		
B1: GES dû au transport	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité ○ Réchauffement de la température de l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser le transport actif • Minimiser le nombre de visites • Établir un plan de compensation de GES

Déboisement		
D11: Perte de végétation dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Érosion <ul style="list-style-type: none"> ○ Sédiments sur les herbiers et les coraux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer un reboisement suite à la construction
D12: Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place
CONSTRUCTION		
Impacts directs	Impacts indirects	Mesures de gestion et d'atténuation
Machinerie lourde		
E16: GES	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité ○ Réchauffement de la température de l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de compensation de GES
E17: Bruits	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler de jour seulement
E25: Compaction du sable et érosion	<ul style="list-style-type: none"> • Sédiments sur les herbiers et les coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des dispositifs anti-érosion
E26: Perte de végétation dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Érosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer un reboisement suite à la

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sédiments sur les herbiers et les coraux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques 	construction
E27: Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place
Excavation pour les installations terrestres		
F18: Sédiments dans l'eau autour des récifs coralliens	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des dispositifs anti-érosion
F22: Sédiments dans l'eau autour des herbiers marins	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes marines <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des dispositifs anti-érosion
F25: Perte de sable	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Disposer du sable dans des endroits appropriés
F26: Perte de végétation dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Érosion <ul style="list-style-type: none"> ○ Sédiments sur les herbiers et les coraux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer un reboisement suite à la construction
F27: Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place
Construction des installations terrestres		
G17: Bruits	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler de jour seulement
G27: Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place
Excavation pour le quai		
H18: Sédiments	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des filets pour retenir les

	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	sédiments
H22: Sédiments	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes marines • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des filets pour retenir les sédiments
H23: Perte d'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Érosion <ul style="list-style-type: none"> ○ Sédiments sur les herbiers et les coraux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Diminution de la filtration de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Replanter les herbes marines suite à la construction du quai
H24: Perturbation de la faune	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer le travail le plus rapidement possible
Construction du quai		
I17: Bruit	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler de jour seulement
I18: Sédiments dans l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des filets pour retenir les sédiments
I22: Sédiments dans l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes marines <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des filets pour retenir les sédiments
I24: Perturbation de la faune	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer le travail le plus rapidement possible
Déchets de construction		
J18: Contamination de l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Blanchiment de coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
J21: Perturbation de la faune du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets

J22: Contamination de l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
J24: Perturbation de la faune de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
J25: Contamination des dunes	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
J27: Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
J28: Contamination de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
J30: Perturbation de la faune de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
FONCTIONNEMENT		
Impacts directs	Impacts indirects	Mesures de gestion et d'atténuation
Présence de touristes		
K42 : Perturbation de la faune	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser sur les pratiques respectueuses de la faune et de la flore
Transport des touristes		
L31: GES	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser le transport actif • Établir un plan de compensation de GES

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Réchauffement de la température de l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la biodiversité 	
Activités aquatiques		
M34 : Perturbation des coraux dus à la crème solaire et aux bris physique	<ul style="list-style-type: none"> • Blanchiment de coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser sur les pratiques respectueuses de la faune et de la flore • Offrir de la crème solaire biodégradable
M36 : Perturbation de la faune du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser sur les pratiques respectueuses de la faune et de la flore
M38 : Perturbation des herbes marines	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser sur les pratiques respectueuses de la faune et de la flore
M39 : Perturbation de la faune de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser sur les pratiques respectueuses de la faune et de la flore
Besoins en eau du centre		
N43 : Diminution des réserves en eau de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser l'eau de pluie
Besoin en énergie du centre		
O31 : GES	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité ○ Réchauffement de la température de 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des énergies vertes • Établir un plan de compensation de GES

	<ul style="list-style-type: none"> l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la faune 	
O32 : Bruit lié à l'utilisation du générateur pour le compresseur à air	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des énergies vertes • Isolement du bâtiment
Entretien des bâtiments		
P31 : Pollution de l'air	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des produits biodégradables
P33 : Contamination de l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Blanchiment de coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des produits biodégradables
P37 : Contamination de l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes marines <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des produits biodégradables
P43 : Contamination de la forêt de mangroves	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des palétuviers <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des produits biodégradables
Besoins en eau de la piscine		
Q43 : Diminution des réserves en eau de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser l'eau de pluie • Privilégier le traitement de l'eau sans vider la piscine
Entretien de la piscine		
R31 : Pollution de l'air	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser une piscine d'eau salée
Usage des bateaux		
S31 : GES	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas suivre les plongeurs avec le bateau

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Réchauffement de la température de l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de compensation de GES
S32 : Bruit des moteurs à bateau	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas suivre les plongeurs avec le bateau
S33 : Contamination de l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de gestion d'urgence pour les fuites d'hydrocarbures
S34 : Perturbation des coraux	<ul style="list-style-type: none"> • Blanchiment de coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de gestion d'urgence pour les fuites d'hydrocarbures
S36 : Perturbation de la faune du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas suivre les plongeurs avec le bateau • Établir un plan de gestion d'urgence pour les fuites d'hydrocarbures
S37 : Contamination de l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de gestion d'urgence pour les fuites d'hydrocarbures
S38 : Perturbation des herbes marines	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de gestion d'urgence pour les fuites d'hydrocarbures

S39 : Perturbation de la faune de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas suivre les vacanciers avec le bateau • Établir un plan de gestion d'urgence pour les fuites d'hydrocarbures
Ancrage des bateaux		
T34 : Dommages physiques aux coraux	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Installer des bouées aux différents sites de plongée pour y attacher les bateaux
T38 : Dommages physiques aux herbiers	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Attacher les bateaux au quai
Entretien des bateaux		
U33 : Contamination de l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des produits biodégradables
U37 : Contamination de l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes marines • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des produits biodégradables
Déchets		
V33 : Contamination de l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Offrir du recyclage et du compost • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V36 : Perturbation de la faune du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Offrir du recyclage et du compost • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V37 : Contamination de l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion selon la logique des 3RV • Offrir du recyclage et du compost

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques ● Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V39 : Perturbation de la faune de l’herbier	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gérer selon la logique des 3RV ● Offrir du recyclage et du compost ● Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V40 : Contamination de la côte	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte d’habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques ● Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gérer selon la logique des 3RV ● Offrir du recyclage et du compost ● Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V42 : Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gérer selon la logique des 3RV ● Offrir du recyclage et du compost ● Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V43 : Contamination de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte d’habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques ● Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gérer selon la logique des 3RV ● Offrir du recyclage et du compost ● Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
V45 : Perturbation de la faune de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gérer selon la logique des 3RV ● Offrir du recyclage et du compost ● Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
Eaux usées		
W33 : Contamination de l’eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> ● Perturbation des coraux ● Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser un biodigestor pour traiter les eaux usées
W35 : Prolifération d’algues	<ul style="list-style-type: none"> ● Compétition avec les coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser un biodigestor pour traiter les eaux usées
W37 : Contamination de l’eau de l’herbier	<ul style="list-style-type: none"> ● Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser un biodigestor pour traiter les eaux usées
W43 : Contamination de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> ● Création de méthane <ul style="list-style-type: none"> ○ GES ● Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser un biodigestor pour traiter les eaux usées

FIN DES ACTIVITÉS

Impacts directs	Impacts indirects	Mesures de gestion et d'atténuation
Machinerie lourde		
X46 : GES	<ul style="list-style-type: none"> • Réchauffement climatique <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmentation des phénomènes climatiques extrêmes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de biodiversité ○ Réchauffement de la température de l'eau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blanchiment des coraux • Acidification de l'océan <ul style="list-style-type: none"> ○ Blanchiment des coraux ○ Incapacité de calcification des organismes • Mauvaise qualité de l'air <ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbation de la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un plan de compensation de GES
X47 : Bruits	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler de jour seulement
X55 : Compaction du sable et érosion	<ul style="list-style-type: none"> • Sédiments sur les herbiers et les coraux <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des dispositifs anti-érosion
X56 : Perte de végétation dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer un reboisement suite au démantèlement
X57 : Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place
Démantèlement des installations terrestres		
Y47 : Bruits	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler de jour seulement
Y57 : Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place

Remplissage		
YY55 : Utilisation du sable d'un autre site	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de l'habitat • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la végétation • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer de la provenance adéquate du sable
YY57 : Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Porter une attention particulière à la faune sur place
Démantèlement du quai		
Z47 : Bruit	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler de jour seulement
Z48 : Sédiments dans l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des filets pour retenir les sédiments
Z52 : Sédiments dans l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes marines • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des filets pour retenir les sédiments
Z53 : Perte d'herbes marines	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Replanter les herbes marines suite à la construction du quai
Z54 : Perturbation de la faune de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer le travail le plus rapidement possible
Déchets		
ZZ48 : Contamination de l'eau du récif	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des coraux • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
ZZ51 : Perturbation de la faune de l'écosystème corallien	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets

ZZ52 : Contamination de l'eau de l'herbier	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation des herbes • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
ZZ54 : Perturbation de la faune de l'herbier marin	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
ZZ55 : Contamination de la côte	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
ZZ57 : Perturbation de la faune dunaire	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
ZZ58 : Contamination de la mangrove	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'habitat <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de biodiversité ○ Perte de services écosystémiques • Perturbation de la faune 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets
ZZ60 : Perturbation de la faune de la forêt de mangrove	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité <ul style="list-style-type: none"> ○ Perte de services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer selon la logique des 3RV • Mettre sur pied un plan de gestion efficace des déchets

5.2 Principaux engagements

Dans le but de pallier aux impacts directs et indirects du centre, TAKATA s'engage à adopter les mesures d'atténuation présentées au tableau 5.1. En outre, le centre prend des engagements supplémentaires.

TAKATA s'engage à ne pas émettre de substance chimique nocive dans l'eau et à diminuer le plus possible l'apport de sédiment dû à ses activités. De plus, le centre n'enlèvera pas les plantes marines se situant dans les eaux devant ses installations. TAKATA s'engage à laisser le plus de végétation possible sur son terrain afin de nuire le plus faiblement au cycle naturel de fonctionnement des dunes et des plages. Le terrain qu'occupera TAKATA Dive and Research Center est déjà séparé de la forêt de mangrove par une route de terre. Cependant, le centre s'engage à ne pas couper les mangroves sur son terrain et à ne rejeter aucun déchet dans cette forêt.

5.3 Constat

Bien qu'il soit impossible d'éliminer totalement les impacts d'un projet, le tableau précédent démontre qu'il est envisageable d'en atténuer grandement l'importance. Cependant, les mesures d'atténuation permettent rarement d'annuler totalement l'empreinte écologique d'un projet. Pour que ces mesures soient intégrées dans une approche globale, il est intéressant d'étudier certains concepts pouvant servir d'outil à l'établissement d'un centre écoresponsable. En ce sens, l'écoconstruction et l'écotourisme peuvent être utilisés comme lignes directrices de la gestion responsable d'un projet comme TAKATA.

6. ÉCOCONSTRUCTION ET ÉCOTOURISME

Les concepts d'écoconstruction et d'écotourisme sont au cœur de la planification écoresponsable du centre de plongée. Ils sont les outils choisis par les associés de TAKATA pour mettre en place les mesures d'atténuation nécessaires à la gestion des impacts du centre. De plus, ils permettent de pousser la démarche écoresponsable au-delà de l'atténuation des impacts d'un projet pour faire ressortir le meilleur d'un bâtiment et des activités touristiques. L'explication et les implications de ces notions seront abordées dans cette partie. C'est deux concepts permettent d'approcher deux des thèmes les plus importants du projet, soit la construction et le tourisme, en y intégrant le respect de l'environnement.

6.1. Écoconstruction

Pour que le projet soit écoresponsable, TAKATA misera sur le respect des pratiques liées à l'écoconstruction. Cette section en présente la définition, la démarche et les principes ainsi que les paramètres.

6.1.1 Historique et définition

Le terme écoconstruction est apparu dans les années 1960, mais ce n'est que ces dernières années qu'il a pris de l'ampleur (ES, 2008). On le définit comme : « un ensemble de pratiques visant à construire ou rénover des habitats en minimisant les impacts sur le milieu environnant : meilleure gestion de l'eau, des déchets, de l'énergie, intégration de végétation et utilisation d'écomatériaux » (Site de référence de l'écoconstruction (SRE), 2014).

6.1.2 Démarche et principes

L'écoconstruction est une démarche qui se veut respectueuse de la nature, dans l'optique de trouver un équilibre entre la technologie, les écosystèmes et les besoins de l'homme (Les Écomatériaux, 2014). Tout le cycle de vie de l'édifice est pris en compte, de la construction au démantèlement, tout en optimisant sa viabilité économique et en assurant la sécurité de ses occupants. Les notions du développement durable sont également prises en compte et la démarche intègre donc les aspects économiques, sociaux et environnementaux (CIQCH, 2007).

Alors que les pratiques standards de construction sont établies par des considérations économiques de court terme, l'écoconstruction se base sur les meilleures pratiques pour assurer des gains économiques à long terme ainsi que la qualité, la durabilité et l'efficacité du bâtiment (Isover, 2012). Tout en étant performantes du point de vue économique, les constructions durables doivent rejoindre des standards éthiques, par exemple la prise en compte des impacts qu'elles détiennent sur l'environnement social et biophysique (Holcim foundation, 2014).

Les coûts sont généralement comparables à une construction traditionnelle de qualité. Lors de surcoûts liés à l'installation de sources d'énergie renouvelable ou au choix de matériaux et d'équipement par exemple, ils sont normalement amortis en moins de vingt ans. À long terme, les surcoûts sont compensés par les économies d'énergie (CIQCH, 2007).

L'écoconstruction prend en compte le climat local, l'environnement immédiat et l'utilisation de ressources locales et éthiques. Il s'agit en fait de construire des bâtiments confortables bien que consommant le moins d'énergie possible et ayant le plus faible impact sur le milieu récepteur.

Cela consiste en l'intégration la plus respectueuse possible du bâtiment dans son milieu (ES, 2008).

6.1.3 Paramètres

Pour qu'un projet respecte l'écoconstruction, les paramètres retenus doivent prendre en compte l'eau, l'énergie, les matériaux, les déchets, la végétation et l'assainissement (SRE, 2014).

- **L'eau**

L'eau potable est une ressource limitée durant la saison sèche au Mexique. La surexploitation des réserves, notamment par l'industrie du tourisme, est donc problématique. L'écoconstruction propose que les bâtiments soient munis d'un système de récupération d'eau de pluie (ES, 2008). L'eau collectée pourra par la suite être filtrée et stockée avant d'être distribuée par pompage. De plus, des équipements permettant d'économiser l'eau devraient être installés. Cela peut consister en la réutilisation de l'eau pour les toilettes, à une chasse d'eau double-flux, à un dispositif stop-eau ou à des robinets mains libres, par exemple (SRE, 2014).

- **L'énergie**

Les enjeux qui touchent l'utilisation d'énergie sont nombreux et sont principalement liés aux changements climatiques et à l'acidification de l'océan. L'écoconstruction propose, pour réduire le plus possible l'empreinte énergétique d'un projet, une isolation performante, l'utilisation d'équipement à faible consommation d'énergie, et bien sûr, l'utilisation d'énergies renouvelables (SRE, 2014). En effet, l'énergie utilisée pour l'air conditionné, les équipements électriques, la machinerie ou l'éclairage devrait provenir de sources d'énergie renouvelables comme le solaire ou l'éolien (CIQCH, 2007). Les émissions de GES doivent également être réduites lors du processus de construction, des transports et du fonctionnement des appareils (Environment Agency, 2014).

L'écoconstruction propose également l'utilisation de construction bioclimatique. L'architecture bioclimatique est très liée aux constructions durables. Elle permet de chauffer ou de climatiser un bâtiment grâce au rayonnement solaire et à la circulation naturelle de l'air, ainsi qu'à l'installation de végétation autour des bâtiments. Elle se réfère également à l'utilisation de matériaux à forte inertie pour limiter la perte d'énergie (ES, 2008; SRE, 2014).

- **Les matériaux**

Les matériaux utilisés ont un impact sur la consommation d'énergie, le niveau de confort et la santé. Ils ont également des répercussions sur la consommation de ressources naturelles, l'émission de GES et la production de déchets. L'écoconstruction propose l'utilisation de matériaux ayant le moindre impact possible sur l'environnement, et ce, tout au long du cycle de vie, soit au moment de l'extraction, de la fabrication, de la distribution, de l'utilisation et de la réutilisation d'un produit (SRE, 2014). Les matériaux recyclés ou réutilisables sont à privilégier (Les Écomatériaux, 2014).

Les matériaux favorisés doivent permettre la respiration du bâtiment tout en apportant une isolation de qualité. Les murs respirants (monomur) permettent par exemple d'éliminer toute humidité à l'intérieur pour accroître le confort des occupants tout en réduisant l'énergie utilisée pour assurer une température adéquate. On emploie également les matériaux dits à isolation répartie qui assurent la structure et l'isolation en même temps, par exemple le béton cellulaire ou les blocs de granulats de pierre ponce. Pour assurer la qualité de l'air, on recommande d'utiliser des matériaux inertes, comme le chanvre, les plaques de gypse renforcées par des fibres de cellulose et le liège (CIQCH, 2007).

L'origine des matériaux devrait toujours être vérifiée et une analyse du cycle de vie des produits utilisés devrait être faite (ES, 2008). Des organismes certificateurs délivrent des écolabels garantissant un impact minimum des produits utilisés sur l'environnement (SRE, 2014). Le bois, par exemple, devrait venir de forêts gérées durablement et être certifié FSC ou PEFC (ES, 2008).

- **Les déchets**

La production de déchets est en constante augmentation et est une source de GES. Pour construire de manière durable, il est important de réduire le plus possible les déchets de construction, de démolition et d'excavation (Environment Agency, 2014). La construction ainsi que la venue de touristes au centre impliquent la production de matières résiduelles. Le projet devrait privilégier des produits recyclés, des matériaux recyclables et sans risques pour l'environnement, une réduction à la source de la production de déchets ainsi qu'une gestion écologique des déchets de chantier. Le centre devrait également offrir du recyclage, du compost ainsi qu'une gestion efficace des déchets (SRE, 2014).

- **La végétation**

La végétation au sein du bâtiment sous forme de murs ou de toitures végétalisées est une des propositions de l'écoconstruction. Cela permet de rafraîchir les bâtiments, de fixer la poussière et le pollen en plus de stocker le CO₂. Cela permet également de soutenir la biodiversité et de limiter les eaux de ruissellement causées par la pluie. Les toitures végétales rafraîchissent l'atmosphère et l'intérieur du bâtiment et sont avantageuses au niveau de l'isolation phonique, de l'étanchéité et du paysage. De plus, la végétation devrait être le plus possible conservée sur les terrains. (SRE, 2014).

- **L'assainissement**

Il est primordial de collecter les eaux usées causées par le fonctionnement du centre de plongée. Ces eaux doivent être traitées puis restituées au milieu naturel pour préserver la santé publique et l'environnement. L'écoconstruction propose une diminution des polluants à la source grâce à l'utilisation de produits respectueux de l'environnement ainsi que de systèmes d'épuration écologiques (SRE, 2014). L'utilisation des technologies de biodigesteurs pourrait par exemple être avantageuse puisqu'elle est écologique et permet la transformation des eaux usées en terre (Bennett, 2009).

6.2 Écotourisme

L'Organisation mondiale du tourisme (OMT) estime que d'ici 2020, on dénombrera annuellement jusqu'à 1,5 milliard de touristes dans le monde (OMT, 2014). Actuellement, cette activité atteint 12 % du PIB mondial et 8 % de l'emploi sur la planète. Mais les retombées économiques sont réparties de manière très inéquitables et il est estimé que de 80 % à 90 % des recettes touristiques des pays d'accueil, qui sont le plus souvent des pays en développement, revient finalement aux industries du nord. De plus, le tourisme engendre des conséquences sociales et environnementales de grande ampleur. Ces impacts négatifs sont normalement beaucoup moins importants lorsqu'une démarche écotouristique est entreprise (Breton, 2008). TAKATA est un projet au sein duquel les pratiques de l'écotourisme seront respectées. Le centre mettra même certainement sur la prise en compte de ces principes comme plus-value pour vendre ses services.

6.2.1 Historique et définition

La notion d'écotourisme apparaît dans les années 1980. Elle suit une prise de conscience sur les impacts des activités humaines sur l'environnement (Écotourisme Magazine, 2014). L'augmentation de la conscientisation devant les impacts environnementaux et l'universalisation

des concepts de développement durable, à la conférence de Rio notamment (1992), mènent à l'émergence d'un tourisme « alternatif » (Lecolle, 2008). La principale organisation mondiale de promotion de l'écotourisme, la Société internationale d'écotourisme (TIES), en donne la définition suivante : « L'écotourisme est une forme de voyage responsable dans des espaces naturels, qui contribue à la préservation de l'environnement et le bien-être des populations locales. » (TIES, 2014). Celui-ci va au-delà du tourisme durable, qui ne prend en compte que le respect de l'environnement sans mettre de l'avant la contribution écologique et sociale du tourisme. Ce dernier est défini par l'OMT comme :

« Toute forme de développement, aménagement ou activité touristique qui respecte et préserve à long terme les ressources naturelles, culturelles et sociales, et contribue de manière positive et équitable au développement économique et à l'épanouissement des individus qui vivent, travaillent ou séjournent sur ces espaces (OMT, 2014). »

6.2.2 Démarche et principes

L'écotourisme est une démarche qui propose une gestion participative et intégrée des ressources et de l'espace. C'est un défi et une occasion pour les investisseurs et pour les acteurs de l'environnement, en plus d'être une opportunité pour les populations locales (Breton, 2009). La démarche écotouristique a pour but la conscientisation tant des touristes que de la population locale aux problématiques qui touchent l'environnement. Pour être qualifié comme tel, le voyage doit limiter le plus possible l'empreinte écologique du touriste et favoriser l'éducation environnementale, le bien-être des populations locales et le soutien à des programmes de conservation (Écotourisme Magazine, 2014). Toutefois, même si les activités touristiques sont perpétrées de manière attentive à la population locale et à l'environnement, elles peuvent entraîner des dégâts difficilement réparables (Benyahia et Zein, 2003).

Les principes visés par l'écotourisme sont décrits par la TIES. Il s'agit de minimiser l'impact des projets touristiques, de travailler à la conscientisation et au respect des cultures locales et de l'environnement, d'offrir une expérience positive aux visiteurs et à la population, de procurer un bénéfice financier et une prise de pouvoir à population locale ainsi que de sensibiliser au climat social, politique et environnemental local (TIES, 2014; Écotourisme Magazine, 2014).

6.2.3 Paramètres

Pour assurer le respect d'une démarche écotouristique, un promoteur devrait respecter trois paramètres. Ceux-ci sont le divertissement et la composante éducative des visiteurs, le respect de l'environnement et l'intégration des populations locales (Carrière et Lequin, 2003).

- **Divertissement et composante éducative**

Le projet écotouristique, en plus d'offrir une expérience divertissante à ses visiteurs grâce à la découverte d'espaces naturels, implique activement les touristes auprès de la sauvegarde de l'environnement. Cela est possible, par exemple, grâce à des actions de conservation ou de restauration des écosystèmes. Le projet écotouristique détient un caractère éducatif tant au niveau écologique que culturel. Il a pour but la sensibilisation et la conscientisation du touriste et de la population locale aux problématiques environnementales (TIES, 2014).

- **Environnement**

L'écotourisme est centré sur la nature et ses écosystèmes. Les attraits de ce type de tourisme sont principalement la faune et la flore du milieu environnant. Le projet écotouristique met en valeur l'observation, l'interprétation, l'éducation et l'étude des milieux naturels (Écotourisme magazine, 2014). Il tient compte des impacts environnementaux qu'il génère, notamment pour l'utilisation du sol, l'utilisation de l'eau et la protection de l'atmosphère et porte une attention particulière aux rejets causés par ses activités (Breton, 2001). L'écotourisme prend en compte la fragilité des écosystèmes et la biodiversité qui en dépend. Les projets écotouristiques internalisent le coût de leurs impacts environnementaux grâce à des investissements qui servent à diminuer la pression qu'ils exercent sur l'environnement. De par ses infrastructures, les aménagements qui lui sont nécessaires et le type de gestion qui y est faite, l'écotourisme doit contribuer à la préservation des ressources naturelles et à la protection de la nature (Benyahia et Zein, 2003).

- **Populations locales**

La population locale est un acteur essentiel au développement écotouristique et il est primordial de ne pas les négliger. L'écotourisme propose la découverte des habitants et de la culture locale (Écotourisme magazine, 2014). Ces populations doivent être intégrées comme partenaires actifs de cette démarche, pour permettre au tourisme, en plus d'être respectueux de l'environnement, d'être valorisant culturellement (Breton, 2009). Le projet écotouristique doit s'insérer dans le milieu ainsi que dans les habitudes de la population et le tourisme doit se dérouler conjointement au développement local. En ce sens, le projet doit bénéficier directement et indirectement aux

populations locales (Breton, 2001). Du point de vue économique, l'écotourisme permettra de générer des emplois et d'encourager le commerce local (Benyahia et Zein, 2003). Malheureusement, un tourisme qui ne prend pas en compte les facteurs sociaux dans sa démarche peut mener à la destruction des modes de vie traditionnels, à l'augmentation du coût de la vie, à la spéculation foncière et n'apporter que peu au développement économique local.

L'écoconstruction et l'écotourisme sont des concepts clés à l'instauration d'un projet touristique ayant à cœur le respect de l'environnement et des populations locales. Ces deux concepts, qui ne sont pourtant pas nouveaux, prennent tout leur sens dans le contexte mondial actuel où la perte de culture et d'habitat est de plus en plus décriée. L'écoconstruction et l'écotourisme prennent une importance particulière lorsque l'on apprend à considérer les écosystèmes qui sont affectés par les activités humaines à leur juste valeur et lorsque l'on comprend que ces derniers sont nécessaires au bien-être de toute vie sur terre. Non seulement TAKATA fera la promotion de l'écotourisme et de l'écoconstruction, mais il sera un centre exemplaire mettant tout en œuvre pour engendrer des effets positifs au sein de l'environnement biophysique et social.

7. EFFETS POSITIFS DU PROJET

TAKATA Dive and Research Center prévoit mettre sur pied différents programmes pour contribuer au développement social, environnemental et économique de Mahahual. Ceux-ci se veulent positifs pour le centre comme pour la biodiversité, les visiteurs et la population locale. Les effets positifs engendrés tournent autour des projets du centre de recherche, des programmes d'éducation et de sensibilisation, des projets avec la communauté locale ainsi que des partenariats avec les coopératives locales et la création d'emplois.

7.1 Projets du centre de recherche

TAKATA Research Center sera un centre de recherche en écologie marine. Il fonctionnera grâce à des subventions privées et gouvernementales. Le centre sera géré par des personnes compétentes dans le domaine qui auront à leur charge différents projets. Les premiers projets à être réalisés seront la restauration de récifs coralliens, la restauration de palétuviers, le contrôle de la rascasse volante et la conservation de la vie marine. Le centre accueillera des étudiants ainsi que des bénévoles, qui pourront apprendre la théorie derrière les projets en plus d'aider à la réalisation de ceux-ci.

- **Restauration de récifs coralliens**

Les coraux font partie des espèces les plus menacées. Dans le but de contribuer à leur sauvegarde et à celle de la biodiversité qui en dépend, le centre de recherche s'impliquera dans un projet de restauration de récifs coralliens. Ce programme, basé sur des techniques de pouponnières, permettra d'élever des coraux dans un environnement surveillé avant de les transplanter sur une partie endommagée du récif.

- **Restauration de palétuviers**

Les forêts de mangroves sont en danger au Mexique et dans le monde. Leur déclin est problématique et TAKATA désire s'impliquer dans la sauvegarde de cet écosystème grâce à plusieurs actions. Ce projet permettra la plantation de palétuviers dans le but d'augmenter la séquestration du carbone grâce au reboisement ainsi que la restauration d'un écosystème primordial.

- **Contrôle de la rascasse volante**

La rascasse volante est une espèce de poisson provenant de l'océan indopacifique ayant été introduite dans les Caraïbes au sein des années 1970. Ce prédateur indésirable a depuis colonisé toutes les eaux caribéennes, n'épargnant pas les récifs mexicains. Cette espèce invasive se reproduit très rapidement et a un impact négatif majeur sur l'écologie des récifs coralliens. TAKATA désire s'impliquer dans des campagnes de contrôle des populations de rascasse, grâce à la pêche de ce poisson, mais également grâce à des recherches permettant de mieux comprendre les habitudes de ce prédateur et ainsi trouver une solution à cette problématique, en collaboration avec la population, les pêcheurs et les artisans de la région.

- **Conservation de la vie marine**

Différentes espèces menacées des caraïbes, tel le lamantin, seront étudiées grâce à ce programme, ce qui permettra l'adoption d'objectifs de conservation. Ce projet permettra également de contribuer à la protection et à la conservation des écosystèmes qui abritent ces espèces.

7.2 Éducation et sensibilisation

TAKATA souhaite travailler à la prise de conscience environnementale de la population locale et des visiteurs. Le centre souhaite mettre sur pied diverses activités ayant pour but d'éduquer et de sensibiliser les visiteurs, la communauté locale et les enfants. Ces activités tourneront principalement autour de la compréhension des écosystèmes qui entourent Mahahual, de leur rôle

et de leur état actuel. Les conséquences des actions humaines seront mises de l'avant, ainsi que les actions possibles pour diminuer l'impact des hommes sur l'environnement. Ces activités permettront aux touristes de côtoyer la population locale et de participer avec elle à la sauvegarde du milieu. Les actions d'éducation toucheront également aux notions de développement durable, d'écotourisme et d'écoconstruction.

La finalité de ces actions est de voir, au fil du temps, un changement dans les pratiques individuelles et collectives. Certaines actions seront dirigées spécialement vers les enfants, qui sont les acteurs de demain et la force de changement la plus puissante et efficace. Cela permettra de les sensibiliser dès leur plus jeune âge aux enjeux environnementaux et aux menaces à la biodiversité. Les activités de sensibilisation seront développées de manière à favoriser une gestion adéquate des matières résiduelles, à enseigner l'écocitoyenneté et le développement durable et à informer la population sur les gestes simples à s'approprier pour protéger l'environnement.

Une communication adéquate et adaptée aux personnes est un défi de taille (Accabat et Laurenti, 2006). C'est pourquoi un travail important sera fait au niveau de la vulgarisation de l'information provenant de rapports scientifiques ou d'études universitaires. Rendre l'information accessible est une manière d'éduquer les gens en leur permettant d'avoir une compréhension globale de problématiques parfois complexes. La sensibilisation à l'environnement est souvent difficile puisque seules les personnes qui se sentent interpellées par le sujet acceptent de se mobiliser. C'est pourquoi il est primordial d'adapter l'information aux différents publics (enfants, pêcheurs, familles, etc.), puisque chaque groupe social possède ses propres valeurs, croyances et normes (Accabat et Laurenti, 2006).

7.3 Projets avec la communauté, partenariats avec les coopératives locales et création d'emplois

Il est primordial pour les associés du projet de faire participer le centre à l'économie locale en travaillant de concert avec la communauté, les coopératives mexicaines et grâce à la création d'emplois locaux.

7.3.1 Projets avec la communauté

TAKATA a le désir d'encourager et de participer aux initiatives citoyennes de développement local. Le centre mettra à la disposition des individus ou des groupes ayant des projets respectueux de l'environnement et de la société les connaissances ainsi que les moyens dont dispose le centre.

7.3.2 Partenariats avec les coopératives locales

Banco Chinchorro et Xcalak, respectivement baptisé comme *Réserve de la biosphère* et *Parc national marin*, peuvent seulement être visités par des embarcations enregistrées ainsi que par un équipage certifié et ayant l'expérience des lieux (CONANP, 2000). TAKATA fera affaire avec deux coopératives locales pour avoir accès à ces endroits. Travailler en partenariat avec des coopératives mexicaines est une opportunité pour l'équipe de TAKATA ainsi que pour les membres de ces coopératives. Cela bénéficiera au centre grâce aux connaissances des locaux tout en permettant aux coopératives d'avoir accès à une clientèle plus élevée et donc à des revenus plus intéressants.

7.3.3 Création d'emploi direct et indirect

La construction des installations de TAKATA nécessitera l'emploi, notamment, d'un ingénieur ainsi que de plusieurs personnes travaillant sur le chantier, et ce, durant plusieurs mois. Puis, pour fonctionner, le centre devra employer deux capitaines, deux marins, une personne surveillant les installations et le matériel de nuit ainsi qu'une personne assurant la maintenance des lieux. En plus de s'engager à embaucher des personnes locales, TAKATA désire leur octroyer des conditions de travail assurant le respect de leur dignité.

La venue de touristes à TAKATA permettra d'augmenter l'achalandage des commerces locaux comme les restaurants, les bars, les marchands d'artisanat, etc. Ces consommateurs conscients de la réalité de l'endroit seront fortement incités par les membres du centre à encourager les établissements responsables et locaux.

CONCLUSION

L'objectif de ce document était de proposer une démarche pour être en mesure d'identifier les impacts qu'aura le projet sur l'environnement biophysique et développer des mesures d'atténuations adéquates. Bien qu'il s'avère impossible de cerner la totalité des impacts directs et indirects du projet ou qu'il soit irréaliste de penser pouvoir éliminer totalement l'empreinte écologique de TAKATA, ce document présente une manière de gérer le centre de façon écoresponsable, et ce, tout au long de son cycle de vie.

Dans le présent rapport, la lecture de la mise en contexte permet de bien maîtriser les prémisses de TAKATA Dive and Research Center, grâce à la présentation du projet, de la localisation et du climat, du potentiel touristique et scientifique de la région où sera construit le centre et du cadre réglementaire devant être pris en compte lors de la réalisation du projet. Puis, la présentation des composantes du projet ainsi que des composantes de l'environnement biophysique que sont l'atmosphère, les récifs coralliens, les herbiers marins, les plages et dunes ainsi que les forêts de mangroves, permet de cerner les variables indispensables à l'identification subséquente des impacts. Ces impacts sont discernés grâce à différentes matrices qui analysent les phases de planification, de construction, de fonctionnement et de fin du projet. Ensuite, le guide de gestion et d'atténuation des impacts directs et indirects permet de cerner les mesures d'atténuation adéquates pour diminuer les répercussions du projet sur l'environnement. Les concepts de l'écoconstruction et l'écotourisme sont par la suite présentés comme cadre défini de la gestion écoresponsable. Finalement, les effets positifs du projet démontrent la volonté pour TAKATA d'être acteur de changement.

Ce travail se veut être un résumé des principales composantes à prendre en compte lors de la mise sur pied d'un projet écoresponsable en environnement côtier, plus précisément dans les caraïbes, pour permettre l'identification des impacts et de relever les mesures d'atténuation adéquates. Dans le contexte mondial actuel, tant au niveau social qu'environnemental, des projets qui internalisent le coût de leurs impacts négatifs et qui désirent préserver et restaurer l'environnement biophysique et social sont essentiels à une transition vers un monde plus « vert » et « juste ».

RÉFÉRENCES

- Accabat, A. et Laurento, V. (2006). Sensibilisation du grand public à l'environnement, Comment mieux comprendre les individus? <http://grainelr.org/UserFiles/File/rencontresnimes.pdf> (Page consultée le 10 avril 2014).
- ADO (2014). Compra tu boleto. *In* ADO. www.ado.com.mx (Page consultée le 5 février 2014).
- Agence des aires marines protégées (2014). Le rôle écologique des herbiers marins est considérable : des prairies sous-marines à préserver. *In* AAMP. Un établissement public pour la protection du milieu marin. <http://www.aires-marines.fr/Protoger/Protection-des-habitats-et-des-especes/Les-herbiers-marins> (Page consultée le 2 mars 2014).
- Anderson, M. L. (2009). Sea Grass, Reefs, Sea Grasses and Mangroves Relationships. 37 pages.
- Andréfouet S. et Guzman, H. (2004). Coral reef distribution, status and geomorphology-biodiversity relationship in Kuna Yala (San Blas) archipelago, Caribbean Panama. *In* Coral Reefs. http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/2005_Andrefouet_Guzman.pdf (Page consultée le 7 mars 2014).
- Augier D. (2010). Les écosystèmes marins de la Caraïbe : identification, diffusion et mode de gestion. Études caribéennes : ressources marines.
- Backyard nature (2014). The mangroves. Mangroves in the Yucatan. *In* Backyard Nature. <http://www.backyardnature.net/yucatan/mangrov2.htm> (Page consultée le 7 mars 2014).
- Bennett Eaton, A. (2009). The Role of Small Scale Biodigestor in The Energy, Health and Climate Change Baseline in Mexico. Humboldt State University.
- Benyahia, N. et Zein, K. (2003). L'écotourisme dans une perspective de développement durable. <http://www.sba-int.ch/spec/sba/download/Publications%20principales/Ecotourisme%20dans%20une%20perspective%20de%20d%E9veloppement%20durable.pdf> (Page consultée le 12 février 2014)
- Breton, J. M. (2001). L'écotourisme : un nouveau défi pour la Caraïbe? KARTHALA Éditions 2001. 454 pages.
- Breton, J. M. (2009). Aires protégées, gestion participative des ressources environnementales et développement touristique durable et viable dans les régions ultra-périphériques. Études caribéennes : Espaces et aires protégés. Gestion intégrée et gouvernance participative.
- Brumbaugh R. D., Dahlgren P. C., Harborne R. A., Holmes K. E., Micheli F., Mumby P. J. et Perry C. T. (2006). The Functional Value of the Caribbean Coral Reef, Seagrass and Mangrove Habitats to Ecosystem Processes. *In* Marine Spatial Ecology Lab. <http://www.marinespatialecologylab.org/wp-content/uploads/2010/11/Harborne-et-al-2006-Adv-Mar-Biol.pdf> (Page consultée le 4 mars 2014).
- Bythell, J., Sweet, M., Jones R., (2011). Coral diseases in aquaria and in nature. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, p. 1-11.

- Carrière, J. B. et Lequin, M. (2003). Planification de l'accessibilité à l'expérience globale en écotourisme. *In* Téoros, Revue de recherche en tourisme. Planification de l'accessibilité. <http://teoros.revues.org/1739> (Page consultée le 20 mars 2014).
- Centre d'analyse stratégique (2012). Où vont les négociations climatiques internationales ? (Rapport - Novembre 2012). *In* Centre d'analyse stratégique. <http://www.strategie.gouv.fr/content/negociations-climatiques-internationales-rapport> (Page consultée le 12 mars 2014).
- Centre mexicain du droit environnemental (CEMDA) (2009). Con extracción de arena, Cozumel más vulnerable frente el cambio climático. *In* CEMDA. http://www.cemda.org.mx/artman2/publish/Noticias_30/Con_extracci_n_de_arena_Cozumel_m_s_vulnerable_frente_al_cambio_clim_tico.php. (Page consultée le 18 mars 2014).
- Comision National de Areas Naturales Protegidas (CONANP) (2000). Programa de manejo Reserva de la biosfera Banco Chonchorro Mexico. *In* CONANP. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/chinchorro.pdf (Page consultée le 23 avril 2014).
- Commission environnement et biologie subaquatique (2014). Les récifs coralliens, formation et dégradation. *In* Commission environnement et biologie subaquatique. <http://smm.compta.free.fr/BIOSUBG/dossiers%20pdf/RECIFS%20CORALLIENS.pdf> (Page consultée le 7 mars 2014).
- Costa Maya living (2013). *In* Costa Maya Living. <http://www.costamayaliving.com/MapOfCostaMaya.html> (Page consultée le 30 janvier 2014).
- Dorst, D. (2012). Les rapports de l'homme et de la nature. *In* Encyclopédie de L'Agora. Pour un monde durable. http://agora.qc.ca/documents/nature--les_rapports_de_lhomme_et_de_la_nature_par_jean_dorst (Page consultée le 12 mars 2014).
- Écotourisme Magazine (2014). Définition de l'écotourisme. *In* Écotourisme Magazine. <http://www.ecotourisme-magazine.com/ecotourisme/> (Page consultée le 12 février 2014).
- Énergies solidaires (2008). L'éco-Construction. *In* Énergies solidaires. <http://www.energies-solidaires.org/wp-content/uploads/2012/09/Dossier-ES-L%C3%A9co-construction.pdf> (Page consultée le 11 février 2014).
- Environment Agency (2014). Sustainable cconstruction. *In* Environment Agency. <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/136252.aspx> (Page consultée le 11 février 2014).
- FIDECARIBE (1996). Guia para el desarrollo urbano en Majahual-Xcalak Chetumal: Fideicomiso Caleta Xel-Ha y del Caribe y Gobierno del Estado de Quintana Roo.

- GIEC (2013). Rapports d'évaluations. *In* GIEC. http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml#.UucuFxDv7IU (Page consultée le 20 janvier 2014).
- Good Planet (2008). Oasis sous-marin au bord du gouffre. *In* Good Planet. [http://www.goodplanet.info/Biodiversite/Coraux/Recifs-coralliens/\(theme\)/303](http://www.goodplanet.info/Biodiversite/Coraux/Recifs-coralliens/(theme)/303) (Page consultée le 18 mars 2014).
- Gouvernement du Canada (2003). Caraïbes. *In* gouvernement du Canada. Ressources naturelles Canada. <http://www.atlas.gc.ca/site/francais/maps/reference/international/caribbean> (Page consultée le 19 mars 2014).
- Gouvernement fédéral mexicain (GFM) (2007). Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. *In* GFM. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Leyes%20del%20sector/LEY%20EQUILIBRIO%20ECOL%20C3%93GICO%20Y%20LA%20PROTECCION%20AL%20AMBIENTE%20ACT%205%20JUL%202007> (Page consultée le 18 mars 2014).
- Groupe Innovation Qualité Construction Habitat (CIQCH) (2007). L'écoconstruction fait évoluer les modes constructifs. *In* CIQCH. http://www.cete-sud-ouest.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/CONSTRUCTION-44-6_cle2a3221-1.pdf (Page consultée le 11 février 2014).
- Holcim foundation (2014). Understanding sustainable construction. *In* Holcim foundation. <http://www.holcimfoundation.org/AboutPages/what-is-sustainable-construction> (Page consultée le 11 février 2014).
- Huggins, A.E., Keel, S., Kramer, P., N'Ôez, F., Schill, S., Jeo, R., Chatwin, A., Thurlow, K., McPherson, M., Libby, M., Tingey, R., Palmer M. et Seybert, R. (2007). Biodiversity Conservation Assessment of the Insular Caribbean Using the Caribbean Decision Support System, Technical Report, The Nature Conservancy. *In* Caribbean Conservation. <http://www.conserveonline.org/workspaces/Caribbean.conservancy> (Page consulté le 18 mars 2014).
- Kalnay, E., Motesharrei, S., Rivas, J. (2012). A Minimal Model for Human and Nature Interaction. http://www.atmos.umd.edu/~ekalnay/pubs/lyapbredamsfinal_files/handy-paper-for-submission-2.pdf (Page consultée le 11 mars 2014).
- Kleypas JA, Yates KK (2009). Coral reefs and ocean acidification. *Oceanography* 22. doi : 10.5670
- INE (Institut national d'écologie). (2010). Sistema Arrecifal del Caribe Mesoamericano. *In* INE. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/272/sistemarrecifal.html> (Page consultée le 5 mars 2014).
- Isover (2014). What is sustainable construction? *In* Isover. <http://www.isover.com/Our-commitment-to-sustainability/Toward-sustainable-buildings/What-is-sustainable-construction> (Page consultée le 11 février 2014).
- Lapointe, P. (2011). Le tourisme de nature : un moyen de conserver l'écosystème côtier de la Costa Maya. *In* Université de Sherbrooke.

- http://www.usherbrooke.ca/biologie/fileadmin/sites/biologie/documents/Programmes_d_etudes/Ecologie_internationale/Lapointe_Pascal_ECL_741_essai_version_finale.pdf (Page consultée le 4 mars 2014).
- Larousse (2014). La révolution industrielle. *In* Larousse. Larousse encyclopédie. http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/r%C3%A9volution_industrielle/61047 (Page consultée le 12 mars 2014).
- Lecolle, L. (2008). Écotourisme : Outils et bonnes pratiques. http://media.wix.com/ugd/5a8577_628073c250c697e0b08e8ea9ccdebc6.pdf (Page consultée le 12 février 2014).
- Le Devoir (2014). L'humanité risque l'effondrement d'ici quelques décennies, prédit une nouvelle étude. *In* Le Devoir. Le Devoir. Environnement/Actualités sur l'environnement. <http://m.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/403070/1-humanite-risque-l-effondrement-d-ici-quelques-decennies-predit-une-nouvelle-etude>(Page consultée le 12 mars 2014).
- Les écomatériaux (2014). Les écomatériaux, guide des écomatériaux et de l'écoconstruction. *In* Les écomatériaux. <http://www.les-ecomateriaux.fr/> (Page consultée le 11 février 2014).
- Lesser, M. (2007). Coral reef bleaching and global climate change : Can corals survive the next century. *In* PNAS. <http://www.pnas.org/content/104/13/5259> (Page consultée le 8 mars 2014).
- Les zones humides (2012). Herbiers marins. *In* Eau France. Les zones humides. <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/entre-terre-et-eau/diversite-des-milieux-humides/en-outre-mer/herbiers-marins> (Page consultée le 1 mars 2014).
- May, R. (1997). Programa de ordenamiento ecológico territorial de la región Costa Maya. Quintana Roo: Universidad de Quintana Roo y Gobierno del Estado de Quintana Roo.
- Murray, G. (2007). Constructing Paradise: The impacts of big tourism in the mexican coastal zone. *Coast Manage* 35, 339-355.
- Office national de l'environnement (2014). Covention CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. *In* OFEV. <http://www.bafu.admin.ch/luft/11640/11641/index.html?lang=fr> (Page consultée le 24 avril 2014).
- OMS (2011). La pollution de l'air. *In* OMS. http://www.who.int/topics/air_pollution/fr/ (Page consultée le 24 avril 2014).
- OMT (2014). *In* OMT. <http://www2.unwto.org/fr> (Page consultée le 28 mars 2014).
- ONU (2011). World Population to reach 10 billion by 2100 if Fertility in all Countries Converges to Replacement Level. *In* ONU. http://esa.un.org/unpd/wpp/Other-Information/Press_Release_WPP2010.pdf (Page consultée le 12 mars 2014).
- Othon P. Blanco (2013). Reglamento de imagen urbana del centro de poblacion de Mahahual. 30 pages.

- PNUE (2002). Ecotourism, principles, practices & policies for sustainability, UNEP.
- PNUE (2007). Ligne directrice pour les études d'impacts sur les herbiers marins. *In* PNUE. http://www.rac-spa.org/sites/default/files/doc_vegetation/ld_etude_impact_fr.pdf (Page consultée le 1 mars 2014).
- Programa de desarrollo Urbano de Mahahual (PDUM) (2013). Modificación del programa de desarrollo urbano de Mahahual, municipio de Othon P. Blanco, Quintana Roo. 130 pages.
- Sánchez, S. O., Islebe, A. G. et Hernandez, V. M. (2009). Vegetación costera del santuario del Manatí. Dans *El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe*, Espinozas-Ávalos, J., Islebe, A. G. et Hernández-Arana A. H. (México:El colegio de la Frontera Sur), pp. 41-44.
- Secrétariat de l'environnement et des ressources naturelles (SEMARNAT) (2001). Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 protección ambiental - especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, son exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. *In* SEMARNAT. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-ECOL-059-2001.pdf>. (Page consultée le 18 mars 2014).
- Secrétariat de l'environnement et des ressources naturelles (SEMARNAT) (2003). Norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. *In* SEMARNAT. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-022-SEMARNAT-2003.pdf>. (Page consultée le 18 mars 2014).
- Secrétariat de l'environnement et des ressources naturelles (SEMARNAT) (2006a). Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costa de México estrategias para su conservación y uso sustentable. *In* SEMARNAT. http://www.semarnat.gob.mx/quessemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20integracion/oceanos_costas_semarnat.pdf. (Page consultée le 18 mars 2014).
- Secrétariat de l'environnement et des ressources naturelles (SEMARNAT) (2010) NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *In* SEMARNAT. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documents/Ciga/agenda/DOFs/DO2454.pdf> (Page consultée le 20 janvier 2014).
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (2013). Normales Climatológicas por Estación. *In* SMN. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=28 (Page consultée le 20 janvier 2014).
- Site de référence de l'écoconstruction (2014). Définition. *In* Site de référence de l'écoconstruction. Ecoconstruction en un clic. <http://www.ecoconstruction-isere.fr/-L-eau-.html> (Page consultée le 10 février 2014)

- The International ecotourism Society (TIES) (2014). Uniting Conservation, Communities and Sustainable Travel. *In* TIES. <http://www.ecotourism.org/> (Page consultée le 12 février 2014).
- Tu Mahahual (2012). A cinco años del huracan Dean. *In* Tu Mahahual. <http://www.tumahahual.com/es/experiencias/blogs/item/a-cinco-anos-del-huracan-dean-2> (Page consultée le 10 février 2014).
- UICN (2014). La liste rouge des espèces menacées : une étape clé vers une meilleure gestion régionale de la biodiversité. *In* UICN. http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/mesoamerica_y_caribe/caribe/red_list_caribbean_francais/ (Page consultée le 24 avril 2014).
- Universidad Autonoma del Estado de Mexico (UAEMEX) (2014). Integracion económica entre una región turística y una comunidad ejidal en el sur de Quintana Roo. *In* UAEMEX. <http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev9/3def.html> (Page consultée le 30 janvier 2014).
- World Atlas (2014). CARIBBEAN WORLD ATLAS. *In* World Atlas. <http://www.worldatlas.com/webimage/countrys/carib.htm> (Page consultée le 7 mars 2014).

ANNEXE 1- ARTICLE 85, RÈGLEMENT DE L'IMAGE URBAINE DU CENTRE DE POPULATION DE MAHAHUAL

Art. 85 Pour solliciter le permis de mise en exécution de l'œuvre ou la licence de construction dans le centre de population de Mahahual, les documents suivants devront être présents :

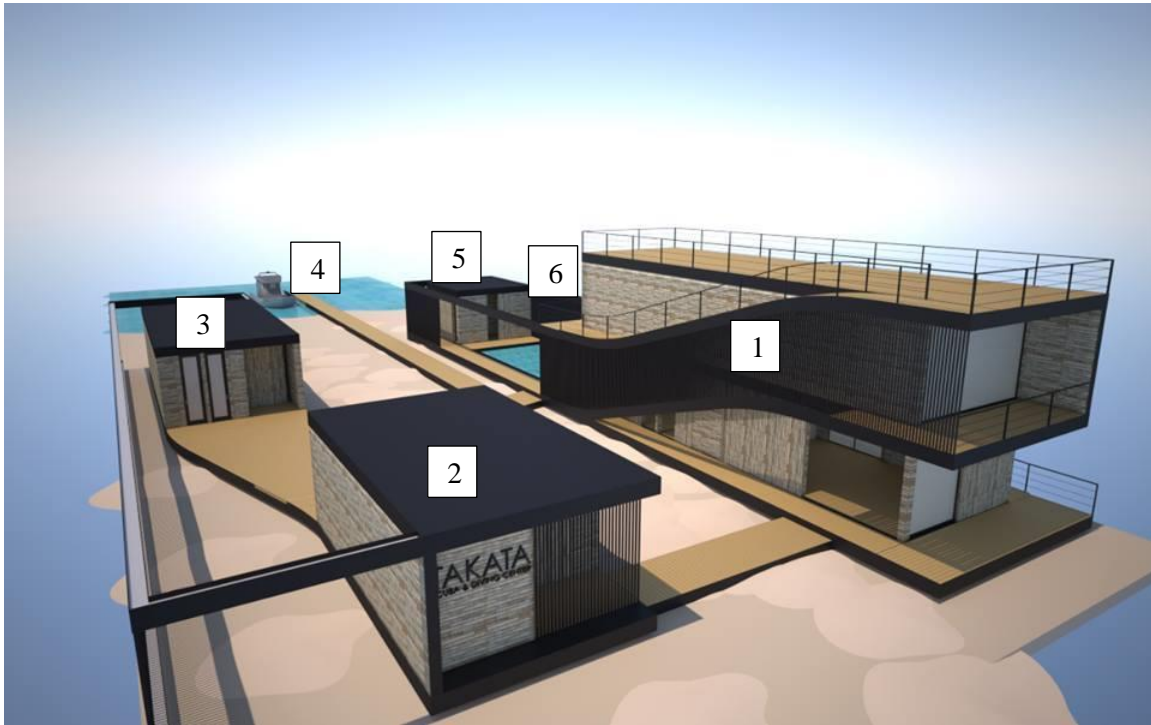
- A) Une sollicitude par écrit au directeur de Développement urbain municipal, qui spécifie :
 - Tipe d'œuvre à réaliser
 - Nom et domicile du solliciteur ou de l'exécuteur de l'œuvre
 - Nom et domicile du propriétaire
 - Nom et numéro de registre du Directeur responsable d'œuvre

- B) Les annexes de cette sollicitude devront indiquer :
 - Localisation des biens fonciers et immobiliers et du quartier
 - Numéro officiel
 - Numéro de Cartier et de terrain
 - Numéro cadastral
 - Dimension des biens fonciers et immobiliers
 - Superficie des biens fonciers et immobiliers
 - Nom de la colonie (Mahahual)

- C) Projet exécutif de l'œuvre à réaliser
 - Plans de l'architecte et plans d'ensemble
 - Coupes longitudinales et transversales
 - Façades
 - Détails architecturaux
 - Plans et détails structuraux
 - Mémoire de calculs et/ou description de l'œuvre
 - Plans des installations
 - Plans de finitions et spécifications

- D) Étude de composition et impacts visuels du projet avec son entourage, présenté avec des photographies, perspectives et photomontages

ANNEXE 2 – PLAN DE TAKATA



Composantes :

1. Centre de plongée
2. Centre de recherche (salles de cours)
3. Centre de recherche (laboratoire)
4. Quai
5. Bâtiment pour accueillir l'équipement et le compresseur
6. Piscine