7 Inventaire des types de solutions : contexte d'application

C'est le mode d'intervention gouvernementale qui détermine le type de financement et la faisabilité environnementale des différents types de solutions considérés ci-après : en *mode d'urgence* lorsque l'imminence des dommages est avérée, ou en *mode prévention* lorsque les dommages sont prévisibles mais n'ont pas encore atteint la phase d'imminence.

Les scénarios administratifs (Retrait principalement), visant l'exposition et la vulnérabilité à l'érosion, peuvent donc correspondre à deux situations principales :

1. L'intervention gouvernementale est faite en mode d'urgence selon les *programmes généraux* pré-établis en cas de sinistre associé à des *mouvements de sol* (PGMS). Il est bien entendu que les mesures visant le retrait sont applicables graduellement selon l'évolution de la situation.
2. L'intervention est réalisée en mode préventif selon un *Protocole d'Application de Solution* (PAS) intégré établi au cas par cas selon les conditions particulières du site d'étude.

Les scénarios de protection sous-tendent une même logique, qu'ils soient couverts par le PGMS ou par un PAS. Dans le premier cas, les coûts des protections sont plafonnés par les valeurs individuelles à protéger et la faisabilité (innocuité pour les voisins et la dynamique d'ensemble du littoral), tandis qu'un PAS peut plus facilement prendre acte d'une logique morphologique d'ensemble et escompter des coûts incluant des économies d'échelle.

Un groupe de solutions conçues de manière adapté aux divers aspects de la problématique constitue un scénario. Dans la section présente, on n'aborde que la description des types de solution possibles et leur contexte d'applicabilité. Leur assemblage sous la forme de scénario fera l'objet de chapitres subséquents.

Ci-après, nous présentons les diverses options envisageables, notamment sur le plan du principe général, et les avantages ou inconvénients, tangibles ou intangibles sont évoqués pour chacun des groupes d'intervenants concernés, en particulier, les *riverains*, la *Municipalité* et les *instances municipales régionales*, le *gouvernement*, et, occasionnellement, d'autres entités visées par les conséquences ou le financement de solutions.

7.1 Le Programme général d'indemnisation – Mouvements de sols (PGMS)

Le Programme général pré-établi d'indemnisation en cas de sinistre relié aux mouvements de sols (PGMS) est un programme en place au cours des dernières années afin d'accélérer la mise en application des mesures de rétablissement suite à un sinistre de ce type. C'est celui qui est applicable actuellement pour l'érosion côtière. Il a surtout pour but de prévenir les dommages liés à un sinistre et, bien sûr, la sécurité des personnes et leur rétablissement dans les meilleures conditions de vie possibles. Une part significative des dépenses inhérentes aux mesures offertes (ex : terrassement en cas de déplacement) sont non admissibles et doivent être assumés par les riverains.

Mobilisant surtout des fonds gouvernementaux, le PGMS vise surtout les particuliers, les commerces et industries, et les municipalités. Par rapport aux individus, les mesures comprises dans ces programmes prévoient des compensations en cas d'urgence (évacuations, séjour temporaire hors de la résidence, par exemple), des *allocations de départ* lorsque la situation est devenue trop dangereuse (concept d'imminence), et éventuellement, une compensation permettant le *déplacement du bâtiment* lorsque la situation le permet. Dans certaines situations, une assistance financière peut même être offerte pour immuniser le bâtiment, ce qui revient pour les cas de mouvement de sol (érosion côtière) imminents à stabiliser les berges. Des mesures sont également prévues pour assister les municipalités qui doivent engager des dépenses urgentes liées aux sinistres.

Tous les paramètres financiers de ces mesures sont bien sûr plafonnés à la plus petite des valeurs formées par l'évaluation municipale ou 100 000$ excluant les sommes dévolues à l'urgence (habituellement bornées à 5000$) ayant à l'esprit qu'elles viennent en appui aux sinistrés et qu'elles ne constituent pas une compensation de type « Assurance valeur à neuf ».

Pour ce qui est des mesures de stabilisation de berge, elles peuvent être appliquées et financées publiquement sans autre questionnement lorsque les infrastructures publiques de voirie, plus particulièrement celle de nature transrégionale sont menacées et mettent en péril l'économie et l'accessibilité d'une région. Dans certains cas, le PGMS reconnaît la possibilité de stabiliser les berges d'une propriété individuelle, en plafonnant l'assistance financière offerte d'après les mêmes *quantums* que précédemment. Cependant un avis géotechnique sur la faisabilité et l'innocuité de la mesure pour les voisins immédiats (effets de bout, dynamique côtière d'ensemble) doit être obtenu au préalable, et peu de situations s'y prêtent naturellement dans la pratique, d'autant plus qu'elles impliquent des interventions à la pièce.

7.2 Les Protocoles d'Application de Solutions (PAS)

Les *Protocoles d'Application de Solutions* (appellation non validée) sont formés d'ententes de collaboration (concertation) entre les divers intervenants du milieu afin de procurer une solution préventive intégrée et durable à une problématique de risque naturel, l'érosion dans le cas présent. Principale manifestation du nouveau *Programme d'Atténuation des Risques*, un PAS doit

permettre de maximiser la sécurité des personnes et des biens d'un secteur à un coût inférieur et des avantages comparatifs par rapport à l'application d'un Programme général d'indemnisation présenté à la section précédente et dont l'application s'effectue « à la pièce ». Dans la mesure du possible, l'horizon d'analyse doit s'étendre sur le long terme, typiquement la durée de vie d'ouvrages de stabilisation ou d'infrastructures publiques, soit 30 ans au minimum.

L'approche nécessite une analyse de type ACA (Analyse Coûts-Avantages, ou *Cost/Benefit Analysis*) afin d'en démontrer les avantages comparatifs à long terme. Elle doit donc tenir compte de paramètres économiques évolutifs dans le temps. Étant donné la difficulté pour certains aspects de l'analyse d'en prévoir l'évolution future, des hypothèses raisonnables doivent être formulées et clairement explicitées.

Les types de solutions considérées dans un PAS sont les mêmes que pour le PGMS. Leur mise en œuvre s'effectue cependant dans un contexte plus intégré, à la fois dans l'espace et le temps.

Ci-après, nous présentons chacun des types de mesure, retrait, protection ou stabilisation, en précisant le mieux possible les avantages et désavantages de les mettre en œuvre dans différentes conditions, plus particulièrement le niveau de financement requis, et les alternatives offertes.

7.3 L'allocation de départ

7.3.1 Principe

Une allocation de départ offerte au fur et à mesure que l'imminence de perte des bâtiments par l'érosion se manifeste. Elle se décrit comme suit :

1. *Normalement, pas d'offre de relocalisation bien que l'allocation puisse servir à cette fin.*
2. *Déplacement des bâtiments impossible (non sécuritaire).*
3. *Démolition requise du bâtiment par le propriétaire*
4. *Appropriation du littoral par la Municipalité.*

En général, il est préférable de déplacer le bâtiment (voir la section suivante) avant la phase d'imminence à cause de l'impact réduit de cette mesure par rapport à une allocation de départ. En général, seuls quelques cas près de l'imminence sont concernés par cette mesure ultime.

Pour les fins de l'évaluation, l'option nécessite une déclaration d'imminence, donc un modèle d'exposition à l'érosion lequel comprend une caractérisation de la position des bâtiments (façade côté mer), la position du haut de talus[8], la différence des deux formant la « *marge de recul actuelle*», une estimation (moyenne ou locale) des taux de recul et des hypothèses relatives aux paramètres d'imminence (la prochaine tempête? Ou une période en années). À Pointe-aux-

[8] Il est important de noter ici que la position du haut de talus n'est pas nécessairement la position apparente de celui-ci, mais celle correspondant à l'extrapolation vers le replat de la pente de celui-ci. Ainsi, une partie du haut de talus maintenue en surplomb par la couche superficielle indurée de sol doit être soustraite de la distance apparente

Outardes, la marge de recul limite permettant de déclarer l'imminence se situe autour de 2 m. C'est la valeur de référence retenue pour l'étude.

Les paramètres de compensation sont introduits plus loin. Une variante à l'allocation de départ plafonnée actuellement au minimum de la valeur au rôle ou 100 000$ serait de bonifier l'offre à *valeur de parité*, soit un compromis entre la valeur au rôle et celle de remplacement. Cette hypothèse est formulée afin de tenir compte que les propriétés ont une *valeur d'utilité* mieux représentée par la valeur de remplacement que par la valeur au rôle cette dernière étant souvent diminuée par la présence du risque et la désuétude économique d'un secteur.

7.3.2 Avantages

Pour la *communauté*, les *utilisateurs (villégiateurs, pêcheurs)*, le *système côtier* et l'*écosystème* :

- Maintien de la dynamique côtière « naturelle » par l'apport en sable érodé pour les zones situées en aval du transit littoral, donc conservation des plages.
- Aucune structure côtière à construire et entretenir dans la zone visée par la relocalisation
- Aucun impact environnemental à évaluer si c'est le seul type de mesure prévue

Pour la *Municipalité et la communauté*: à moyen et long terme, l'abandon de devoir maintenir les infrastructures et services existants dans les secteurs visés accompagne cette solution. La récupération de la propriété des berges par la collectivité permet d'envisager à terme des projets de nature récréo-touristique à condition de respecter les marges de recul minimums requises.

7.3.3 Désavantages

Pour les élus : pression politique constante tant que perdure la problématique et que s'ajoutent des cas imminents requérant la mesure.

Pour les riverains : l'allocation de départ, qui ne couvre actuellement pas plus que la valeur au rôle avec un maximum de 100 000 $, ne permet pas de recouvrer l'intégralité de la *valeur d'utilité* des immeubles (ou leur valeur de remplacement). De plus, des coûts non-admissibles doivent être escomptés. Les résidents déplacés perdent pour la plupart la vue directe sur le paysage côtier. Par ailleurs, l'application de cette mesure peut sembler un signal de retrait plus généralisé qui risque de compromettre la valeur marchande, voire même la possibilité par les autres propriétaires de se départir des propriétés restantes, même celles non menacées à moyen ou long terme. Une allocation à *valeur de parité* peut rendre la mesure plus acceptable sans cependant éliminer les désavantages mentionnés et l'impact social qui en résulte.

Pour la Municipalité :

- Si le retrait est géré selon les paramètres du PGMS, sans solution de rechange offerte (déplacement, protection), il n'y a pas d'incitatif aux riverains à demeurer dans la municipalité, donc on a potentiellement une perte de contribuables et une érosion de l'assiette fiscale municipale (et scolaire)
- Coût du maintien des infrastructures municipales assumé par un nombre décroissant des contribuables visés, donc transfert d'équité vers l'ensemble de la population, ou taxes plus élevées pour les propriétaires restants

- Dévaluation des résidences les moins menacées à court terme liée au départ graduel des voisins donc érosion de l'assiette fiscale résiduelle

Pour la communauté : tensions sociales, oppositions.

7.4 Déplacement du bâtiment en préservant les avantages du site sur le même terrain ou à proximité

7.4.1 Principe

Applicable aux bâtiments qui peuvent encore être déplacés, soit sur le même terrain, si la dimension de celui-ci permet une implantation respectant le Règlement de Contrôle intérimaire (RCI), ou sur un terrain alloué par la Municipalité permettant autant que possible de restituer une qualité de vie équivalente, ou en dernier ressort, le déplacement en-dehors de la municipalité.

Cette option est prévue au PGMS. Elle doit tenir compte de la sécurité des travailleurs et de leurs équipements lourds lors du déplacement du bâtiment (règles de la Commission de Santé et Sécurité au Travail ou CSST). Ceci implique que la façade du bâtiment ne doit pas être située à moins d'un certain minimum (7-10 m) du haut de talus tel que défini précédemment. 7 m est la valeur de référence retenue pour la côte de Pointe-aux-Outardes.

Les paramètres d'indemnisation sont typiquement les mêmes que l'allocation de départ, soit le minimum de la valeur au rôle de la propriété ou de 100 000 $, ainsi qu'un montant de 5000 $ pour les déplacements temporaires pendant la durée des travaux. Des coûts non admissibles doivent être assumés par les propriétaires.

7.4.2 Avantages

Pour les riverains : lorsqu'il est possible de déplacer le bâtiment sur le même terrain, la mesure a pour principale caractéristique de maintenir les avantages de l'occupation du lieu par le propriétaire occupant et de sécuriser ses biens à long terme. De plus, la valeur marchande est préservée intégralement, voire appréciée, étant donné le niveau de sécurité obtenu et la qualité du site. Si la taille du terrain ne le permet pas, mais qu'une alternative sécuritaire et acceptable peut être offerte dans le voisinage immédiat, cette mesure paraît relativement équitable. Elle a au moins le mérite de préserver le tissu social.

Pour la Municipalité : la mesure permet de maintenir sa population en place ou a proximité en plus de pousser éventuellement à la hausse la valeur marchande des résidences sécurisées, ce qui peut se traduire par un rôle d'évaluation accru et une meilleure équité. Par contre, pour que ces avantages se manifestent, il faut que la mesure puisse être appliquée de manière assez générale et pas seulement pour quelques cas particuliers. Aucun entretien récurrent d'ouvrage n'est requis avec ce type de mesure.

Pour la *dynamique côtière, les utilisateurs de la communauté et l'écosystème* : comme pour les allocations de départ, toutes les mesures administratives visant le déplacement des bâtiments ont

l'avantage de laisser place à la dynamique côtière naturelle et de maintenir les particularités de la côte, du moins pour les plages.

7.4.3 Désavantages

La mesure peut maintenir une occupation privée de la côte ce qui restreint les possibilités d'utilisation par la communauté au niveau d'équipements récréo-touristiques collectifs. Moins sans doute que l'allocation de départ, ce genre de mesure rencontre habituellement des résistances importantes dans les communautés visées, ce qui en complique l'application.

La mise en œuvre d'une telle mesure implique une logistique importante (enlèvement des fils notamment, trafic suspendu..) qui, pour donner lieu à des économies d'échelle, nécessite le déplacement de plus d'un bâtiment à la fois (convoi) ce qui ne correspond pas nécessairement au rythme naturel de retrait dicté par l'érosion. Enfin, la mesure n'est que transitoire car elle ne fait que reporter le problème dans le temps, jusqu'à ce que le recul du trait de côte ne représente à nouveau une menace aux bâtiments. Si les plages peuvent bénéficier d'une option de retrait, il n'en est pas nécessairement de même pour la récolte des myes; nous croyons que la dynamique côtière continuerait d'être très perturbée (rupture d'équilibre) et en constante augmentation d'apports de sédiments vers la batture. Cette évolution peut constituer un risque important pour la valeur et la disponibilité des habitats coquillers, donc de la ressource.

7.5 Solutions structurelles : mesures douces ou dures ?

Les mesures structurelles visent, par des aménagements particuliers de protection côtière, à atténuer, voire stopper l'érosion dans les zones vulnérables et exposées. La planification de tels aménagements est un processus laborieux aux conséquences parfois imprévues, car les processus côtiers sont parmi les plus complexes à analyser. La construction de tels ouvrages est coûteuse et il n'est pas toujours possible d'en garantir l'efficacité et la durabilité, car on doit ajuster l'importance de la protection (des coûts) avec la probabilité d'occurrence d'un événement exceptionnel. Comme il est statistiquement toujours possible qu'un événement plus important que celui retenu pour le dimensionnement se produise, on ne peut garantir la pérennité des ouvrages. Les ouvrages côtiers diminuent donc le risque de dommages mais jamais ils ne pourront les éliminer entièrement. Dans le même ordre d'idée, un dimensionnement d'ouvrage moins exigeant peut entraîner des coûts d'entretien plus importants et plus fréquents.

En aménagement côtier, on distingue désormais les approches dites « dures » des approches qualifiées de « douces ».

Les approches « *dures* » sont celles qui imposent une protection modifiant fortement le paysage côtier, et induisant aussi des changements appréciables à la dynamique côtière antérieure. La construction de murs verticaux en béton ou l'empierrement linéaire systématique des côtes sont des exemples de cette approche qu'on peut qualifier de traditionnelle, et qui est encore largement utilisée, en dépit d'effets négatifs documentés. Ces effets sournois ont provoqué un questionnement qui a fait en sorte qu'on tend désormais à appliquer des méthodes plus « *douces* », qui tiennent compte de la dynamique côtière et qui cherchent à redonner un milieu en équilibre plus près de conditions « naturelles ». La Figure 46, tirée de la partie V du Coastal Engineering

Manual (CEM) de US Army Corps of Engineers (USACE, 2003), illustre bien le virage au détour de années 70' en faveur de méthodes douces de protection. On constate que, depuis une trentaine d'années, le pourcentage de réhabilitation par l'emploi de méthodes « douces » oscille entre 80 et 90 % aux USA à tout le moins. Le même genre de constat peut être fait du côté européen (voir EID Méditerranée et Service Maritime et de Navigation de Languedoc-Roussillon (2005).

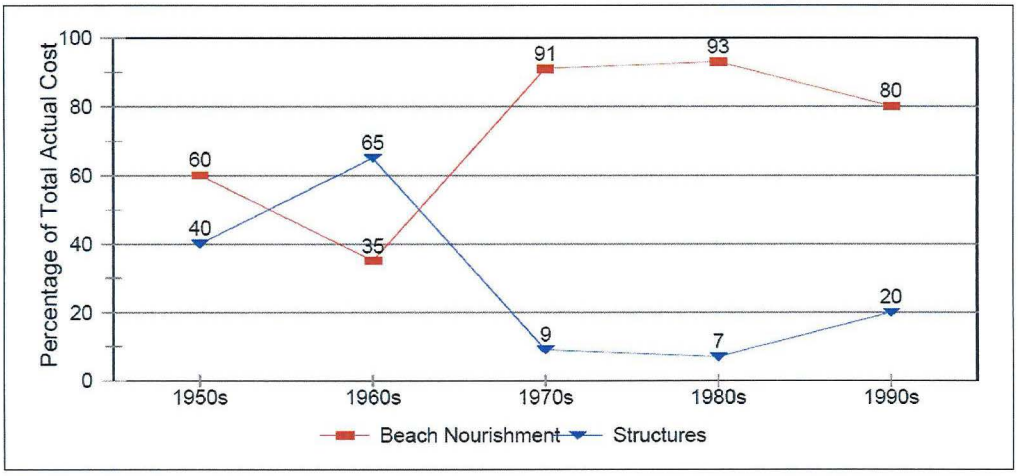


Figure V-3-3. Shift from hard (armored walls, groins, etc.) to soft (beach nourishment) alternatives by the Corps of Engineers (from Hillyer 1996)

Figure 46 : Taux d'utilisation des approches douces de stabilisation de berges –*vs*- les approches dures par USACE (2003) – Extrait du Coastal Engineering Manual (Volume V).

On doit toutefois garder à l'esprit que tout aménagement, même avec une approche qualifiée de douce, peut générer des phénomènes d'érosion ailleurs sur la côte, (voire au pied même de l'ouvrage). On peut ainsi déplacer la problématique en des sites où d'autres éléments vulnérables sont présents mais ne sont pas actuellement menacés. Dans le pire des cas, c'est tout l'équilibre morphodynamique sédimentaire de la côte qui peut s'en trouver perturbé. Une bonne connaissance du milieu récepteur et une stratégie intégrée qui en tient compte sont des conditions *sine qua non* pour optimiser les probabilités de réussite d'une intervention.

L'élaboration de solutions doit s'appuyer sur une littérature technique reconnue et acceptée qui s'appuie sur des expérimentations sur modèle et en nature. Il existe toute une panoplie de solutions structurelles douces et dures (exemple : celles présentées dans le « *Coastal Engineering Manual* » et certains manuels techniques comme le « *Design of Coastal Revetment Seawalls* » du *United States Army Corps of Engineers*, USACE) qui peuvent être considérées d'abord sur le plan de l'efficacité, de la faisabilité et de l'ordre de grandeur des coûts inhérents.

Dans cette étude, les solutions douces telles que les épis, stabilisateurs de courants et recharge de plage reçoivent un traitement privilégié car elles représentent, à notre avis, une option techniquement viable pour la région de la péninsule de Manicouagan. Par contre, la viabilité économique restera à évaluer. Afin de pouvoir évaluer l'option de référence « Empierrements », ce type de solution est également abordé ci-après.

7.6 Empierrement linéaire

7.6.1 Principe

L'empierrement linéaire consiste à blinder la côte contre les attaques des vagues lors des épisodes de hautes eaux (marée, surcotes) accompagnés par de forts vents (vague).

Un traitement plus élaboré que ce qui suit est proposé à l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges. Les empierrements linéaires et à plus forte raison, les ouvrages ponctuels (à l'échelle du lot) doivent être perçus comme une solution ultime à l'érosion. Si les empierrements permettent de briser ou amortir les attaques de la côte en dissipant l'énergie des vagues, il en résulte des conséquences environnementales importantes, associées à l'accélération du transit littoral, la moindre n'étant pas la perte rapide de la plage, et éventuellement des perturbations d'habitat pour les écosystèmes du littoral. Comme tout ouvrage de génie, les protections de ce type doivent être très bien calibrées (dimensionnées) pour résister aux conditions locales extrêmes, ce qui peut nécessiter des caractérisations, voire des modélisations assez complexes. Une approche plus empirique peut cependant fonctionner dans certaines circonstances bien qu'il s'avère très difficile dans ce cas de prédire l'efficacité de la mesure, et encore plus d'en évaluer l'innocuité environnementale.

7.6.2 Avantages

Bien qu'ayant été largement utilisée jusque dans un passé récent, on compte peu d'avantages liés aux empierrements de sorte que la technique n'a plus très bonne presse dans les milieux spécialisés, notamment par le *US Army Corps of Engineers* (*Coastal Engineering Manual*, 2003) et les autorités européennes (ex : Guide technique du EID Méditerranée et du Service Maritime et de Navigation de Languedoc-Roussillon, 2005). Ces organismes ainsi que plusieurs autres à travers le monde prennent leurs distances par rapport à cette technique pour privilégier des alternatives plus douces, plus respectueuses de la dynamique littorale naturelle, notamment, l'action alternativement constructive et destructive des vagues, le transport littoral naturel, maritime ou éolien, le bilan sédimentaire de la plage et la morphologie côtière. Au minimum doit-on reconnaître aux empierrements une certaine capacité de protection qui peut s'avérer adéquate dans des conditions très particulières (absence de plage ou indifférence par rapport à son maintien), enjeux régionaux à préserver (ex : route interrégionale), infrastructures portuaires.

7.6.3 Désavantages

Les désavantages principaux sont :

- la durée de vie limitée d'un tel ouvrage qui peut nécessiter des investissements récurrents importants pour son entretien
- les « effets de bout » qui constituent un impact important imposé aux extrémités de l'ouvrage et qui entraînent souvent l'obligation récurrente de prolonger la protection
- La perte de la plage et le déchaussement possible par affouillement de l'ouvrage

- Le coût relativement élevé qui peut rapidement supplanter la valeur des enjeux à protéger
- Les perturbations de l'équilibre sédimentaire de la batture, donc des habitats coquillers et de la ressource correspondante

Il est difficile de trouver des exemples d'empierrements qui n'ont pas occasionné l'un ou plusieurs de ces impacts.

Enfin, en raison des impacts avérés de cette technique, le processus d'autorisation environnementale d'interventions en milieu hydrique nécessite des études complémentaires et des consultations statutaires de nature à retarder significativement (typiquement 2 ans) la mise œuvre de la mesure.

7.7 Protection par des champs d'épis

7.7.1 Principe

Un traitement plus élaboré que ce qui suit est proposé à l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges. Plusieurs types de protection de type épis sont proposés dans la bibliographie (ex : USACE, 2003). L'approche va du simple enrochement perpendiculaire à la rive (épis conventionnels), aux brise-lames d'avant-côte (*offshore*) en passant par les stabilisateurs de courant (ex : Holmberg, Stabi-Plage). Elle comprend aussi les ouvrages plus légers comme les épis de fascine dont le mode d'action qualifié de « constructeur » utilise le vent pour rebâtir la plage quand les conditions éoliennes le permettent.

La conception préliminaire des épis examinés pour Pointe-aux-Outardes fera l'objet d'une autre section. On peut toutefois mentionner que la longueur de segment de côte protégée par un épi s'établit à 2 à 4 fois sa longueur effective (USACE, 2003), celle mesurée depuis le haut de plage. Ayant la capacité de ralentir, voire retenir le transit littoral au sein de chaque cellule, l'emploi excessif d'épis peut modifier significativement le transit littoral et perturber l'équilibre sédimentaire (recharge naturelle) des plages situées en aval du segment protégé. Il est donc requis d'accompagner cette mesure au minimum d'une recharge initiale avec du sable dont la granulométrie doit être prise en compte comme paramètre de conception. Le profil de la plage résultante est en effet grandement déterminé par la taille des matériaux dominants. Ce paramètre détermine aussi le volume requis et le coût de la mesure. Il n'est pas exclu aussi qu'une recharge d'appoint doive être réalisée si le transit littoral résiduel s'avère insuffisant à moyen et long termes. Il est donc être requis, du moins à court et moyen termes de maintenir un certain niveau d'apports en érosion (ex : provenant de berges vacantes) afin de minimiser les conséquences possibles de cette approche.

Ici nous en examinons en principe les principaux avantages ou inconvénients.

7.7.2 Avantages

En dissipant une certaine quantité d'énergie des vagues et en ralentissant les courants littoraux par un allongement de leur parcours, les épis retiennent les sédiments en transit et permettent ainsi de régénérer une plage. Le littoral épouse la forme d'une suite de petites anses. Un exemple de l'action résultante d'un épi est donné par la morphologie autour du quai municipal de Pointe-aux-

Outardes (Figure 47). D'une longueur effective typique de 70 m, l'influence du quai se répercute sur près de 210 m, voire plus (l'effet s'estompe asymptotiquement), soit environ 160 m à l'est (amont du transit) et 50 à l'ouest (aval). Ces paramètres s'inscrivent dans la fourchette des valeurs suggérées dans la bibliographie concernant les longueurs de protection.

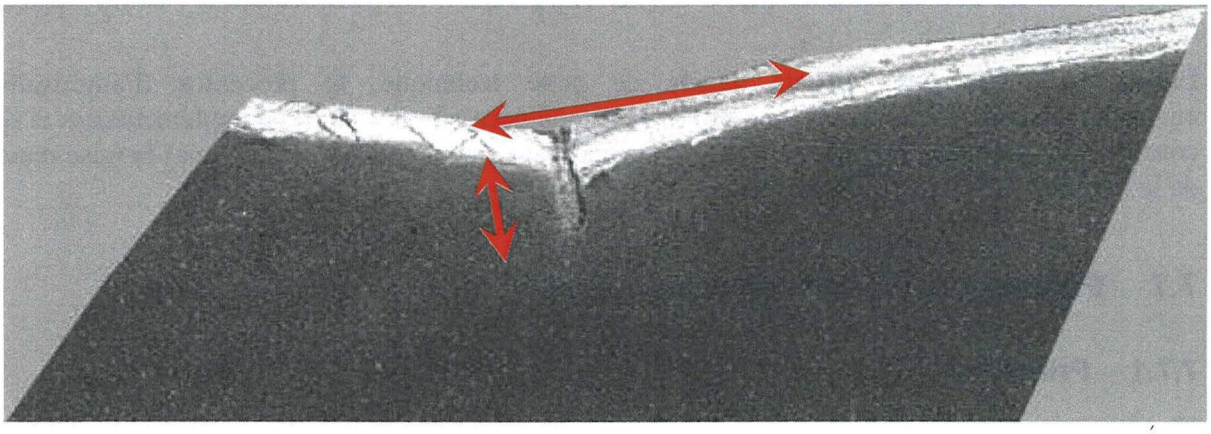


Figure 47 : Effet de type épi procuré par le quai municipal de Pointe-aux-Outardes

Selon les premières indications, le maintien ou la régénération d'une plage pourraient avoir des effets positifs pour les habitats coquilliers présents sur la batture.

La technique de construction d'épis à Pointe-aux-Outardes sous-tend nécessairement la mise en place de chemin d'accès au droit des épis ou à proximité. L'omniprésence d'argiles sensibles sous-jacentes à la plage peut rendre les déplacements de machinerie hasardeux et ceux-ci doivent être minimisés. De là la stratégie de mise en place frontale (vers la mer) plutôt que latérale (*via* la plage) et si possible lorsque la batture est gelée.

Si la communauté le souhaite (souhait escompté dans nos scénarios), de tels accès peuvent être rendus publics pour l'ensemble de la communauté et les visiteurs. Il est également opportun d'utiliser les volumes de sable de déblai pour remblayer la micro-terrasse au pied des talus et secondairement, accélérer l'atteinte de l'équilibre morphologique de la plage autour et entre les épis. Cette contribution est escomptée dans nos scénarios. D'autres précautions pourraient devoir être prises pour la mise en place des épis comme le choix de la saison la plus appropriée.

Un autre avantage important est l'effet du ré-équilibrage du régime sédimentaire recherché sur le maintien d'une disponibilité et d'une qualité d'habitats coquillers stables sur la batture. Cet avantage doit être escompté sur le maintien des revenus correspondants.

7.7.3 Désavantages

La capacité des épis d'intercepter le transport littoral peut entraîner une rupture d'équilibre sédimentaire dans les zones situées en aval (ouest de la cellule considérée) dans la direction du transport, soit ici le Parc Nature ou la batture en rive gauche de l'estuaire aux Outardes et l'estran. Il faut donc assortir les épis d'une recharge initiale suffisante permettant de compenser au départ l'interception, accélérer l'atteinte du profil d'équilibre et faciliter la reprise d'un transit minimal aussitôt que possible après l'installation des épis.

Encore faut-il qu'il y ait transit sédimentaire de maintenu, celui-ci étant associé aux apports générés par l'érosion résiduelle associée aux talus non protégés. De plus, il est vraisemblable que les événements extrêmes arrachent une partie des sédiments captés entre les épis. Un apport récurrent de sable est donc requis, soit naturellement, ou encore par de la recharge artificielle.

Idéalement, le maintien de zones en érosion active à l'échelle de la grande cellule morpho-sédimentaire est le meilleur moyen pour rendre possible un scénario d'épis à des coûts annuels acceptables. Ce sont évidemment les zones exemptes d'éléments vulnérables (ex : terrains vacants), ou concernées seulement à long terme qui sont les premiers candidats au maintien des conditions actuelles d'érosion.

Une telle forme d'aménagement, si sa longueur dépasse 300 m linéaire au total ou 5000 m^2 en superficie est normalement soumise au processus d'évaluation environnementale si elle est perçue de manière conventionnelle comme un simple empiètement sur le milieu hydrique. Par contre, dans une perspective de maintien des habitats, de réhabilitation écologique, voire de mise en valeur récréo-aquatique du milieu côtier et de ses ressources coquillières, la perspective pourrait changer et un processus mieux adapté peut être imaginé au niveau gouvernemental. Autrement, le recul rapide des côtes (disparition de la plage, de la micro-terrasse, puis du couvert végétal du talus) risque lui-même d'occasionner des impacts écologiques qu'il faudra plus tard considérer, sans parler de l'obligation de mettre en œuvre à court terme des mesures de délocalisation, avec ses coûts additionnels et ses propres désavantages.

Un autre désavantage peut être représenté par l'impact sur le paysage côtier naturel qui, faut-il l'admettre, s'en trouverait significativement transformé. Cet impact découle d'une appréciation subjective qui doit être mise en rapport avec les bénéfices escomptés, notamment la restauration ou le maintien des plages et la végétalisation des talus qui font aussi partie du paysage de la côte.

Enfin, il faut aussi penser à la contrainte aux déplacements le long du littoral que la présence d'épis impose. Des aménagements complémentaires peuvent aisément être conçus pour minimiser cet inconvénient. Par contre, il ne faudrait pas que ces aménagements, y compris les accès depuis le rue Labrie favorisent l'envahissement de la plage sèche (basse terrasse) par des véhicules tout terrain qui aurait pour effet de détruire la végétation protectrice qui s'y serait établie. Une réglementation restreignant cet usage pourrait être nécessaire.

7.8 Recharge de plage

Il existe des mesures de protection uniquement axées sur la recharge de plage en sable ou en matériaux plus grossiers. La pente d'équilibre de la plage et ses différentes caractéristiques morphologiques comme la plage sèche (basse terrasse) s'établissent en fonction de divers facteurs tels que la *granulométrie des matériaux disponibles sur place, l'angle d'attaque de la vague, les niveaux maximums atteintes à marée haute et lors de surcotes de tempête ou l'apport sédimentaire en transit sur la plage*. Il s'agit de processus complexes et aléatoires qui, à la longue conduisent à un équilibre dynamique et fragile. Un traitement plus élaboré que ce qui suit est proposé à l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges.

La possibilité de ne procéder qu'avec des mesures de recharge de plage a été rapidement écartée à Pointe-aux-Outardes à cause des processus de transport puissants qui y agissent et qui

compromettraient rapidement la pérennité de la solution. La recharge en plage n'est pas exclue pour autant à condition de pouvoir retenir ce sable qui, autrement, partirait rapidement dans le transit littoral associé aux tempêtes. Afin de réduire le transport littoral et de compenser les pertes subies au niveau de la recharge, l'emploi d'épis est considéré. Comme nous l'avons vu à la section précédente, les épis ont pour effet de réorienter le trait de plage face aux trains de vague dominants afin de mieux résister aux attaques de la mer. Par contre, les épis ont aussi la capacité de retenir le transit, privant ainsi les zones en aval d'un précieux apport en sable tant que les cellules entre les épis n'ont pas retrouvé un équilibre sédimentaire plus permanent. Il peut en résulter des effets de bout qui peuvent être évités en réduisant graduellement la longueur des épis près des extrémités des champs d'épis.

C'est pourquoi, pour certains scénarios, la recharge initiale de plage est parfois escomptée au moment de la construction pour établir le plus vite possible un profil équilibré, et de façon récurrente par la suite quand aucun apport « naturel » ne permet de compenser les pertes subies en aval via le transit. Dans d'autres cas, le maintien de secteurs en érosion permettrait de réduire considérablement, voire d'éliminer le besoin de recharges périodiques.

Il est à noter que la granulométrie des matériaux disponibles localement ou importés est fondamentale pour le calcul des profils d'équilibre, donc pour les volumes impliqués. Un sable grossier permettrait de réduire considérablement les volumes requis à cause des pentes d'équilibre plus fortes qui en résultent (donc moins de volume requis). Il y a donc un calcul à faire pour optimiser les volumes de recharge en tenant compte du coût de tamisage du sable acquis sur le marché.

7.9 Résumé

Ce chapitre identifie les diverses mesures ou options offertes pour résoudre le risque d'érosion en général. Généralement ces mesures appartiennent à deux catégories :

1. Les mesures de retrait
2. Les mesures de protection ou de stabilisation du bilan sédimentaire

Les mesures de retrait. Le traitement de ces mesures commence par une description des deux programmes gouvernementaux abordant la question de l'érosion :

1. le Programme général d'Assistance financière – Volet Mouvement de sols (PGMS)
2. le Programme d'Atténuation des Risques (Protocoles d'Application de Solutions ou PAS)

Les mesures offertes par le PGMS peuvent inclure des interventions physiques (protections, stabilisations de berges) mais elles sont considérées sur une base individuelle qui s'oppose à l'approche intégrée requise pour stabiliser le bilan sédimentaire à l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire. Ce sont donc les mesures de retrait qui sont surtout visées (pertinentes ici) : l'allocation de départ lorsqu'il est trop tard pour déplacer le bâtiment en toute sécurité, et le déménagement du bâtiment dans un site sécuritaire quand c'est encore possible. C'est l'évolution de la marge de recul des bâtiments par rapport à la position au haut de talus et la stabilité de celui-ci qui détermine le moment ultime d'application.

Les mesures de protection varient :

- des *approches dures* consistant à blinder les côtes pour stopper le recul des talus
- à des *approches plus douces* comprenant la recharge de plage assortie d'épis visant le ré-équilibrage du bilan sédimentaire de la côte à l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire.

L'expérience des mesures de protection dures en de nombreux endroits (ici comme ailleurs dans le monde) a mis en évidence des conséquences adverses comme la perte de plages, les « effets de bout » qui sont de surcroît assorties de coûts de réparation significatifs et récurrents qui

Les mesures dites douces comprennent des dispositifs tels que les champs d'épis de différents types et la recharge de plage, initiale ou récurrente. Ces mesures interagissent avec les courants littoraux et le régime de vagues à différents stades du cycle de la marée et en fonction des surcotes produites lors des tempêtes. En stabilisant ces processus et en dissipant l'énergie des vagues, les mesures douces retiennent le transit sédimentaire sur les plages aidant ainsi à les reconstruire. Chacune de ces mesures est décrite sur le plan technique afin d'en démontrer le principe de fonctionnement et les critères de dimensionnement.

La complexité des processus en cause exige cependant une bonne connaissance du contexte d'application des mesures de protection et des calculs plus poussés, les approches douces étant sans doute les plus exigeantes à cet égard.

Concernant les champs d'épis qui constituent, comme nous le verrons plus loin, une composante majeure des options les plus avantageuses, les principaux éléments à tenir compte pour en comprendre le fonctionnement et procéder à leur dimensionnement sont introduits.

Avantages et inconvénients. Chacune des mesures est évaluée en général sur le plan des avantages inhérents et aussi des inconvénients qu'ils entraînent, et ce, en fonction des intervenants concernés. Ainsi, les questions d'efficacité, de durabilité, d'impact environnemental et social sont traitées.

8 Modèle d'analyse coûts/avantages - Paramétrisation

Ci-après nous introduisons les jeux de paramètres ou de variables utilisés pour bâtir l'analyse des coûts des divers scénarios. L'implantation des calculs qui sous-tendent les paramètres introduits ci-après a été effectuée dans une série de tableurs Microsoft Excel^{MD} interconnectés et formés des fichiers suivants :

1. *Paramètres.xls* (introduite ci-après),
2. A*nalyse de solutions.xls* et
3. *Résultats des solutions.xls*
4. *Érosion et bilan sédimentaire.xls*

Le tout forme une plate-forme intégrée et modulaire, mais spécifique au cas de Pointe-aux-Outardes. La plupart des calculs réalisés dans le tableur d'analyse sont décrits sommairement dans ce chapitre.

Les *paramètres* sont des données de calcul variables dont on doit parfois mesurer l'influence sur la sensibilité des résultats du scénario (ex : le taux d'actualisation). Les *valeurs de référence* des paramètres sont indiquées en bleu dans les tableaux de ce chapitre. Les *variables* du modèle permettent d'activer ou suspendre une mesure particulière sur un tronçon. Le contrôle s'effectue par une feuille particulière du tableur appelée '*Console d'application* où les adresses des lots individuels représentent la variable indépendante et servent à activer une mesure.

Les avantages et inconvénients de nature intangible ont été introduits et discutés en général au chapitre précédent. Il en sera de nouveau fait mention lors de la discussion des scénarios. Le module *Résultats des solutions.xls* incorpore cependant une analyse multicritères qui permet de prendre en compte de manière agrégée les différents critères et de comparer les solutions entre elles de ce point de vue. Étant donné l'importance de cet aspect, nous en traitons plus explicitement plus loin dans ce chapitre.

8.1 Paramètres temporels : l'actualisation

Les paramètres temporels retenus sont des constantes pour l'étude : la *période de référence* qui se définit par une *Année d'initialisation* et une *Durée.*

La *période de référence* s'échelonne de l'année d'initialisation, soit 2008, à 2038 soit 30 ans. Ce choix s'explique par la durée de vie normale ou souhaitée des ouvrages de protection formant certains scénarios. Cette portée temporelle permet de tenir compte explicitement du critère de durabilité des solutions.

Le *taux d'actualisation* (section suivante) permet de pondérer graduellement à la baisse (ex : 4%/an) les dépenses (ou gains) annuelles à venir, introduisant ainsi une préférence temporelle dans l'évaluation du coût des mesures.

À titre d'exemple, si le taux choisi est 4% (valeur de référence pour l'étude), une dépense future est prise en compte avec un coefficient d'actualisation tel qu'indiqué au Tableau 6. Ainsi une dépense récurrente relativement stable en dollars constants est pondérée d'une valeur décroissante à mesure qu'on s'éloigne dans le temps. Autrement dit il est toujours préférable de retarder une dépense tant qu'on n'y est pas réellement obligé, sous peine de devoir engager des dépenses encore plus importantes. En revanche un investissement « rentable » (associé à un revenu récurrent net stable) a intérêt à être engagé le plus tôt possible étant donné le poids d'actualisation supérieur mis sur les valeurs à court terme.

Dans une ACA classique, il est d'usage de mesurer la sensibilité des résultats à un incrément ou un décrément de ce paramètre. Dans le cas présent, des valeurs de 6%/an et de 2%/an ont été testés. Toutefois, les résultats correspondant ne seront rapportés que très sommairement dans ce rapport, et afin de cadrer leur influence.

Tableau 6 : Coefficient d'actualisation durant la période de référence – Taux d'actualisation de 4%/an

Années depuis le début du programme/ Coefficient d'actualisation									
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0,962	0,925	0,889	0,855	0,822	0,790	0,760	0,731	0,703	0,676
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	20
0,650	0,625	0,601	0,577	0,555	0,534	0,513	0,494	0,475	0,456
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
0,439	0,422	0,406	0,390	0,375	0,361	0,347	0,333	0,321	0,308

Au moment d'assigner une valeur résiduelle à un équipement à la fin de la période de 30 ans, cette valeur est actualisée avec le facteur 0,308 soit autour de 31% de sa valeur initiale, à la condition que ledit équipement a été entretenu convenablement en cours de route.

8.2 Paramètres économiques (PE)

Les paramètres économiques se doivent de traduire la perspective dynamique de l'étude. Mis à part des paramètres permettant d'estimer l'évolution caractéristique de la valeur des immeubles (non utilisé dans le bilan des scénarios), seuls le *taux d'inflation* et le *taux d'actualisation* sont utilisés. Les valeurs considérées sont données au Tableau 7. Le taux d'inflation permet de procéder aux calculs de valeurs futures en tenant compte de l'évolution du coût de la vie (dollars courants). À 0,0%, on exprime ces valeurs en dollars constants de 2008. Le taux d'actualisation

permet de traduire une dépense future en *valeur présente nette,* la base de comparaison ultime des coûts des différents scénarios Pour la majorité des calculs, c'est le groupe PE1 qui sert de référence, les autres groupes servant à mesurer la sensibilité de certains scénarios aux paramètres économiques.

Il est à noter que la tendance dans la science économique est d'évaluer les projets « environnementaux » avec un taux d'actualisation plus faible (typiquement 4%) que les projets de nature industrielle, financière ou commerciale (7-10%). Ce choix traduit une valeur accrue allouée aux résultats à long terme et à la durabilité des projets. Dans certains cas, le taux d'actualisation peut même être pris inférieur (2%), une valeur qui est d'ailleurs testée dans la présente étude, du moins pour les options paraissant les plus avantageuses. Dans le même ordre d'idée, une valeur de 6% est aussi testée.

Tableau 7 : Paramètres économiques : jeux PP de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres économiques (PE)	PE1	PE2	PE3	PE4
Taux d'inflation	**0%**	**0%**	**0%**	2%
Taux d'actualisation	**4%**	2%	6%	6%

8.3 Paramètres physiques du retrait (PP)

Les paramètres physiques visent essentiellement les marges de recul des bâtiments minimales pour que soit activées certaines mesures de retrait : *marge de recul du règlement de contrôle intérimaire (RCI), marge de recul minimale permettant la relocalisation sécuritaire d'un bâtiment, marge de recul minimale obligeant l'évacuation* (imminence de mouvement de sol lors d'une prochaine tempête importante). Le Tableau 8 présente les groupes de paramètres utilisés ici. Les valeurs en bleu sont des valeurs de référence.

Tableau 8 : Paramètres physiques PP: jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres physiques (PP)	PP1	PP2	PP3
Marge de recul résiduelle permettant le déplacement sur le même terrain (RCI) en [m]	40	**100**	**100**
Distance minimale permettant le déplacement du bâtiment en [m]	**7**	**7**	10
Distance seuil pour imminence [m]	**2**	**2**	3

8.4 Paramètres fiscaux (FISC)

Les paramètres fiscaux (Tableau 9) servent à mesurer l'impact fiscal des mesures, notamment par l'évolution favorable des valeurs foncières en lien avec les protections ou déplacements, ou déficitaire dans le cas de la perte de bâtiments (allocations de départ). Les paramètres concernés sont locaux : *taux des taxes municipale et scolaire* ainsi qu'une estimation du *Rapport entre la valeur au rôle des bâtiments et leur valeur de remplacement.* La valeur de ce dernier (0,6) a été établie suite à des discussions avec les autorités compétentes et elle correspond à une valeur relativement normale pour un secteur ainsi affecté par des aléas naturels et sujet à la désuétude économique (hétérogénéité du bâti et des usages résidentiels). Cette valeur est posée à titre d'hypothèse, aucune étude élaborée ne venant la supporter.

Tableau 9 : Paramètres fiscaux FISC: jeu de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres fiscaux (FISC)	FISC1
Taux de la taxe municipale (% de l'évaluation)	**1,35$/100$**
Taux de la taxe scolaire (% de l'évaluation)	**0,65$/100$**
Rapport valeur au rôle/ valeur de remplacement	**60%**

8.5 Paramètres – Programme général d'assistance – Volet Mouvements de sol (PGMS)

C'est le Programme général d'assistance financière du Ministère de la Sécurité publique – Volet Mouvements de sol (PGMS) qui règle les mesures d'indemnisation en cas d'obligation de déplacer un bâtiment ou d'allocation de départ associée à la perte imminente d'un bâtiment (Tableau 10).

Le *Coefficient de parité* permet de relever le plafond d'aide vers la valeur de remplacement, 0% maintenant le plafond de la valeur au rôle tandis que 50% permet de bonifier l'offre d'allocation de départ afin de compenser en partie la perte de valeur d'utilité du bâtiment par les propriétaires déplacés. Ce coefficient n'est cependant pas prévu dans le Programme actuel. Le Tableau 10 montre les jeux de paramètres utilisés.

Le jeu PGMS1 reflète les paramètres actuels du programme et il sert de référence. Les coûts non admissibles sont donnés en % de la valeur au rôle et cette valeur est posée comme hypothèse. Les jeux PGMS2 et PGMS3 sont fournis à titre d'hypothèse dans la mesure où les paramètres de ces programmes, sont actuellement en cours d'évaluation pour s'ajuster à la réalité économique de 2008.

Le jeu PGMS4 vise une situation très hypothétique où un programme tel que le PGMS n'existerait pas. Dans ce cas, tous les coûts seraient assumés à 100% par le propriétaire (non admissibles à un

programme), ce qui correspond à une certaine approche du *scénario de référence* en économie. Ce scénario est défini seulement dans le but de contraster les scénarios plus près de la réalité.

Tableau 10 : Paramètres d'assistance financière (PGMS): jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres généraux (PGMS) ▼	PGMS1	PGMS2	PGMS3	PGMS4
Plafond d'aide PGMS	**100 000 $**	125 000 $	150 000 $	0 $
Coûts non admissibles pour le riverain en % de l'évaluation	**30%**	**30%**	**30%**	**100%**
Coefficient de parité	**0%**	50%	100%	**0%**
Coût démolition	**5 000 $**	6 000 $	7 500 $	5000 $

8.6 Retrait des bâtiments: mesures visant la vulnérabilité allocation de départ (AD) et déplacement de bâtiment (DB)

Le Tableau 11 présente deux paramètres : la plus-value procurée par la mesure du fait de la soustraction du bâtiment de la zone à risque. Le deuxième paramètre permet d'estimer le coût moyen à débourser (60% de la valeur de remplacement selon M. Héneault de la firme Héneault et Gosselin spécialisée en la matière) pour déplacer un bâtiment dans un rayon relativement court (le même terrain, la même rue). Il est à noter que l'*année probable d'application* pour un immeuble donné est fonction de l'évolution de la marge de recul résiduelle au fil du temps et de marges critiques pré-définies. Plusieurs résidences ne seraient visées qu'au-delà de la période de référence de 30 ans. Des statistiques intéressantes sur le délai d'applicabilité des mesures de retrait sont produites ailleurs dans le rapport (Section 6.4, *Statistiques relatives à la vulnérabilité résidentielle*, page 77).

Tableau 11 : Paramètres d'assistance financière pour le retrait des bâtiments résidentiels (PGMS): jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres - Déplacement de bâtiment (DB) ▼
% d'appréciation initiale de la propriété déplacée — **15%**
Coût en % de la valeur de remplacement du bâtiment pour son déplacement — **60%**

8.7 Mesures de protection : empierrement linéaire - Paramètres retenus

Bien que n'ayant pas nécessairement bonne presse, surtout à cause du coût et des impacts environnementaux, l'hypothèse de l'empierrement se doit d'être considérée comme composante essentielle d'*un scénario de référence* correspondant à l'approche traditionnelle.

Les paramètres considérés sont fournis au Tableau 12. Le coût unitaire de l'empierrement est de l'ordre de celui indiqué (la valeur de 1,6 M$/km est souvent suggérée pour estimer ces protections avant les plans et devis) bien que des ouvrages puissent être construits pour beaucoup plus ou beaucoup moins. Tout dépend de l'agressivité locale des vagues lors des conditions extrêmes qui réduit la longévité des protections et oblige des frais de réparation impérieux. Ces frais seront plus ou moins importants selon les paramètres de conception utilisés au départ. C'est pourquoi le coût annuel d'entretien est intimement lié au coût initial de l'ouvrage. Ici nous assumons en moyenne 3% an afin de maintenir l'état de l'ouvrage au-delà de la période de référence. Dans nos calculs, cette hypothèse permet de déduire la valeur de l'ouvrage (actualisée en 2008) du coût du scénario.

Dans la formule actuelle d'équité dans la répartition des coûts directs d'un Protocole d'Application de Solutions (PAS), 75% sont assumés par le Programme d'Atténuation des risques. D'autres hypothèses peuvent aisément être considérées. Question d'équité également, la plus-value procurée aux immeubles bénéficiant d'une protection à long terme doit être escomptée pour ces riverains. 15% d'appréciation nous est apparu comme un minimum. Bien sûr, cette appréciation devra se répercuter sur l'assiette fiscale municipale (et scolaire, ne l'oublions pas).

Enfin, l'empierrement se doit de comporter des mesures de compensation pour la perte potentielle de la plage (si rien d'autre n'est prévu) et une *recharge récurrent en sable* est une mesure à prévoir si l'on veut éviter d'escompter la perte de la plage, et possiblement les ressources coquillières de la batture, une combinaison de valeurs intangibles et monétaires très importantes pour un milieu de vie comme Pointe-aux-Outardes. Les paramètres de recharge introduits plus loin en tiennent compte.

Aucun effort additionnel n'a été consenti à cette approche.

Tableau 12 : Paramètres retenus comme représentatifs de l'empierrement : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres d'empierrements (EM) ▼	
Coût unitaire ($/km)	**1 600 000 $**
% du coût de l'ouvrage en entretien annuel	**3%**
% coût gouvernement	**75%**
% d'appréciation initiale de la propriété vis-à-vis	**15%**

8.8 Mesures de ré-équilibrage : Épis – Paramètres retenus

Jouissant d'une meilleure presse que les empierrements par les temps qui courent, surtout à cause du coût inférieur et des effets environnementaux jugés généralement favorables, une approche basée sur les épis -- ce qui peut inclure les techniques dites de « stabilisation des courants » (Holmberg – Stabi-Plage – Geotube – Terratube, etc.) -- se doit d'être considérée comme la principale alternative à l'approche traditionnelle de protection en empierrements. Cette approche est basée sur une connaissance plus approfondie de la dynamique naturelle des régions littorales, notamment à l'égard du bilan sédimentaire, du transport littoral et du rôle essentiel des apports sédimentaires dans le maintien d'un équilibre dynamique et fragile. De plus en plus largement utilisée à travers le monde, cette approche a donné lieu à quelques expériences empiriques au Québec au cours de la dernière décennie (Baie Saint-Ludger, Pointe-Lebel, Val-Marguerite, notamment).

Deux types d'épis dirigés vers la mer sont analysés (Tableau 13):

1. champ d'épis de type conventionnel en enrochement, sans empierrement de la côte entre les épis, et avec recharge initiale pour la micro-terrasse et l'établissement d'un profil de plage à l'équilibre.
2. de type « *stabilisateur de courants Holmberg* », incluant la protection de la côte entre les épis, et avec recharge initiale

Le coût unitaire d'un *champ d'épis conventionnels*, de l'ordre de 700 K$/km, est supérieur aux estimés préliminaires obtenus d'intervenants de la région sur la base d'hypothèses très préliminaires de dimensionnement et de technique de réalisation. Seule l'étape des plans et devis permettra de préciser cet estimé, et possiblement l'amenuiser. Le coût annuel d'entretien est également lié au soin mis dans la conception de ces ouvrages et du milieu dans lequel ils s'insèrent. Ici nous assumons en moyenne de 1%/an du coût de l'ouvrage afin de le maintenir en état au-delà de la période de référence. Dans nos calculs, cette hypothèse permet de déduire la valeur de l'ouvrage (actualisée en valeur présente nette) du coût du scénario.

L'estimé du coût unitaire des *stabilisateurs de courants Holmberg* a été effectué sur la base des données fournies par M. Holmberg lui-même dans sa lettre de 2005 au Comité de citoyens de la Pointe-aux-Outardes. Le projet proposé est présenté comme un essai pilote qui comporte deux cellules de protection (voir la Figure 3, page 22), chacune formée de deux épis perpendiculaires à la côte de 80 m et distants de 150 m (500 pi) l'un de l'autre le long de la côte. La longueur de côte ainsi protégée comprend typiquement l'intérieur de la cellule (150 m) et une portion de côte de chaque côté de la cellule (3 x 80 m au total) pour un grand total de près de 400 m, donc 800 m pour deux cellules si celle-ci ne sont pas contigües, sinon on enlève 160 m.

L'estimé de M. Holmberg en $US de 2005 indique un coût de réalisation de 2,97 M$ pour les deux cellules décrites, ce qui donne approximativement 4 M$/km en incluant des éléments non compris dans l'estimé préliminaire fourni. La lettre de M. Holmberg n'indique pas la portée de la protection obtenue ni son positionnement, mais rien n'indique que ce mode de protection pourrait avoir une portée spatiale supérieure aux épis conventionnels qui est estimée à 2-4 fois la longueur effective des épis selon le USACE (2003) (ex : un facteur 3 pour le quai municipal).

Ici aussi, 75% des coûts initiaux seraient assumés par le Programme d'Atténuation des risques. Les coûts récurrents doivent être assumés par la communauté. D'autres hypothèses peuvent aisément être considérées. Question d'équité également, la plus-value de 15% des propriétés ainsi protégées est apparue comme un minimum. Bien sûr, cette appréciation se répercute sur l'assiette fiscale locale et constitue un item d'équité.

Concernant les segments où installer les épis, diverses configurations ont été considérées :

EP1 (ÉTENDU) : partout entre le quai municipal et l'extrémité est de la rue Labrie et un début de champ d'épis à installer à l'ouest du quai afin de tester (projet pilote) leur capacité de régénération des plages vis-à-vis l'empierrement linéaire

EP2 (ÉQUILIBRÉ): la même chose sauf un segment central où le rue Labrie jouxte la côte et l'extrémité est de la rue Labrie où la menace direct de l'érosion pour les bâtiments est encore loin

EP3 (RÉDUIT) : la même chose sauf le segment de la rue Labrie du côté est du bout de rue à déplacer (scénario MIXTE) et le projet pilote à l'ouest

EP4 (AUCUN): Aucun épi (Scénario RETRAIT intégral)

Des scénarios considèrent aussi une protection de type « stabilisateur de courants Holmberg » sur des portions de côte similaires aux champs d'épis conventionnels.

Tableau 13 : Paramètres retenus comme représentatifs des épis ou stabilisateurs de courants : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres d'épis (EP) ▼	Conventionnels	Holmberg
Coût unitaire ($/km)	**700 K$**	**4 M$**
% du coût de l'ouvrage en entretien annuel	**75%**	**75%**
% coût gouvernement	**1%**	**1%**
% d'appréciation initiale de la propriété vis-à-vis	**15%**	**15%**

8.9 Mesures de ré-équilibrage : Recharge compensatoire – Paramètres retenus

La recharge de plage en tant que principal moyen de protection contre l'érosion est possible et elle est pratiquée à plusieurs endroits dans le monde. C'est la plage elle-même qui sert à dissiper l'énergie des vagues mais la protection s'effectue la plupart du temps au prix d'une recharge récurrente, généralement suite à la survenue d'une forte tempête. Ce mode de protection n'a pas été retenu dans un premier temps à cause de son caractère récurrent et non durable, et de la logistique et des coûts importants qu'il implique.

En revanche, de concert avec des ouvrages stabilisateurs du transit littoral, la recharge compensatoire vise à rétablir des conditions de plage qui complètent l'action des ouvrages. Deux situations requièrent une recharge compensatoire :

- les *épis*, quel qu'en soit le type,
- et les *empierrements* linéaires

Dans le premier cas (épis), on parle surtout d'une *recharge initiale* qui permet de mettre en place une topographie à l'équilibre, du moins d'apporter de l'extérieur le volume de sable requis pour y parvenir rapidement. Un calcul élaboré (Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges) mais conservateur a permis d'estimer le besoin en recharge initiale à environ 110 m^3/an. La granulométrie des sédiments joue un rôle fondamental sur le profil d'équilibre des plages en déterminant le volume requis, les matériaux plus grossiers résistant mieux à l'action des vagues (processus constructeurs). De plus, les matériaux fins tels que les argiles et les silts ont tendance à être transportés vers l'estran plutôt que de joindre au transport littoral. Ainsi, les apports possibles en provenance de l'extrémité est de la cellule sont composés à 50% d'argile qui est facilement apportée vers la batture extérieure avec les courants de marée. Ailleurs, plus à l'ouest, c'est plutôt 10 % du matériel qui se range dans les particules fines.

Dans le cas des empierrements, c'est définitivement une recharge récurrente importante qui est anticipée afin de maintenir en place une plage qui autrement disparaîtrait rapidement. Si le maintien artificiel d'une plage par une recharge périodique n'etait pas prévu avec les empierrements, c'est la perte de la plage qui devrait être escomptée dans l'analyse coûts-avantages. On comprendra que la valeur d'une plage pour une communauté comme Pointe-aux-Outardes soit très importante, tant sur le plan financier, à cause de l'activité de cueillette des coquillages, que pour la qualité de vie de ses citoyens. Il n'est pas question ici de recharge en tant que moyen de protection en soi, cette approche étant, comme nous l'avons dit, récurrente et non durable.

La valeur des paramètres (Tableau 14) escompte 10$/$m^3$ de sable, ce montant pouvant s'appliquer soit à l'achat de sable sur le marché local, ou encore, à comptabiliser une contribution « en nature » des riverains à la résolution de leur problème. Le montant exact pourrait varier significativement selon la distance du dépôt, la granulométrie naturelle des matériaux disponibles, le besoin de tamisage et la quantité visée si l'acquisition s'effectue sur le marché. Autrement, le montant sert à escompter le sable qui serait prélevé localement sur le littoral (talus) afin d'accéder

aux chantiers d'épis ou d'empierrement, et qui servirait à la recharge compensatoire et à rétablir l'équité de la solution.

La quantité annuelle requise en recharge externe quand la solution bloque l'apport sédimentaire naturel est posée au maximum égale à la quantité érodée en moyenne chaque année par mètre de côte, soit le produit de la hauteur moyenne des talus (10-16 m) par le taux de recul moyen (1,2 m/an), soit 15,6 m^3/an/m pour un montant de 156 $/an/m. Cette valeur est hypothétique et vaut pour les empierrements linéaires (référence). Il est aussi possible que même cette quantité s'avère insuffisante. La recharge périodique requise pour les solutions de type épis posés sur la presque totalité de la cellule hydro-sédimentaire est posée égale au minimum proposé d'apports en sable de 20 000 m^3/an résiduels nécessaires à l'équilibre, et qui sont obtenus artificiellement par une cette mesure compensatoire.

Les *zones d'application* considérées, pour les recharges initiale ou récurrentes correspondent donc aux zones d'implantation et à la nature des diverses mesures de protection.

8.10 Mesures de retrait : déplacement de la rue Labrie

Les seules options possibles pour la rue Labrie Est sont la protection de la côte qui la jouxte, ou le retrait. C'est le retrait qui est traité ici (Tableau 15). La rue Labrie Est peut se subdiviser en trois tronçons dont les caractéristiques particulières invitent à des solutions adaptées :

1. Dans le tronçon situé entre le 178 et le 294, des résidences sont présentes des deux côtés de la rue ce qui en compliquerait le déplacement, en plus d'en multiplier le coût puisque ce déplacement implique aussi que les résidences en rive n'auraient pas été protégées et que tôt ou tard les résidences situées du côté nord devraient être également relocalisées, vraisemblablement au cours de la période de référence (escomptées en 2018 pour les fins de calcul).
2. Dans le tronçon entre le 294 et approximativement le 328, il n'y a pas de bâtiment vulnérable le long de la rue et nous avons le loisir de désigner ce tronçon comme fournisseur de sable de recharge à court et moyen terme. Le tronçon de rue correspondant devrait en conséquence être déplacé le cas échéant, idéalement à plus de 100 m de la côte actuelle, afin d'éviter la zone désignée à risque dans le Règlement de contrôle intérimaire (RCI). Une hypothèse à 60 m est également considérée. Des variantes de cette désignation incluent un sous-tronçon allant jusqu'au 364 ou excluent celui entre le 328 et le 342.
3. Le tronçon extrême est de la rue Labrie comporte, du côté sud, des éléments vulnérables à court, moyen et long termes, selon la distance d'implantation des bâtiments par rapport au talus.

Tableau 14 : Paramètres retenus comme représentatifs de la recharge compensatoire : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres de recharge compensatoire (RC) ▼	RC1	RC2	RC3
Coût unitaire sable au m^3	10$	10$	10$
Type d'ouvrage à compenser aucun ou fascines=0; épi=1; empierrement=2	0	1 (épis)	2 (empierrements)
Hauteur moyenne de talus	13		13
Taux de recul moyen (m/an)	1,2		1,2
Volume initial (i) ou annuel (a) requis (m^3/m de côte visée)	0	90-110(i)	15,6 (a)
Coût unitaire au m	0	900-1100$ (i)	156$ (a)
Contribution possible des riverains	-	50%	0%

Le coût unitaire du déplacement de la rue Labrie a été estimé à 850 K$/km (voir la section 6.2.3, page 72). Comme pour toute mesure d'atténuation de risque, l'implication gouvernementale est à niveau de 75%, la balance étant imputée à la Municipalité.

Tableau 15 : Paramètres du retrait de la rue Labrie Est : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres - Déplacement de la rue Labrie (DR) ▼	DR1	DR2
Coût unitaire de déplacement de la rue Labrie ($/km)	850 000$	850 000$
Année d'application	2008	2012
% coût par le gouvernement	75%	75%

8.11 Impact des changements climatiques

L'évolution du climat se doit d'être prise en compte à cause de ses effets aggravants sur le phénomène d'érosion : relèvement du niveau de la mer, tempêtes plus fréquentes et plus énergétiques avec les surcotes et climats de vagues associés, régime des glaces chaotique en hiver. Les dix dernières années ayant été particulièrement dévastatrices en termes d'érosion (taux de recul importants, activation de talus intacts, recul des micro-terrasses) semblent représentatives de ce qui attend les résidents de Pointe-aux-Outardes dans les prochaines décennies (Jean-Pierre Savard, Ouranos, Communication personnelle, 2008). C'est pourquoi le taux de recul moyen des

berges observé depuis dix ans a été conservé en moyenne comme représentatif du scénario de référence par rapport au climat (Tableau 16).

Toutefois, afin de mesurer l'influence d'une situation qui irait en s'améliorant (peu vraisemblable à long terme), ou en s'aggravant, les taux de recul existants peuvent être minorés ou majorés selon le cas par des coefficients de 0,67 ou 1,5, ces valeurs devenant effectives graduellement (linéairement pour les fins de calcul) jusqu'en 2038 à partir de la situation actuelle comme référence (coefficient =1,0).

C'est sous la forme d'analyses de sensibilité que le facteur climat est pris en compte dans les calculs.

Par ailleurs, Ouranos (C. Desjarlais) a produit en 2007 un guide d'analyse coûts-avantages de mesures d'adaptation aux changements climatiques qui a grandement inspiré le traitement économique de ce facteur.

Tableau 16 : Paramètres de modulation des taux de recul en fonction des changements climatiques: jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres - Changements climatiques (CC) ▼	CC-1X	CC-1,5	CC-0,66
Durée de la période de référence	30	30	30
Facteur d'amplification du taux de recul à la fin de la période de référence (X)	1	1,5	0,67

8.12 Paramètres reliés aux avantages intangibles et aux dommages indirects

Comme nous l'avons vu au chapitre 6 (Portrait de la vulnérabilité), la cueillette des mies, la présence d'une plage et la valeur du paysage sont des items importants pouvant être impactés favorablement ou de manière adverse par différentes options. Quelques indications ont déjà été données concernant leur prise en compte. Ci-après, nous introduisons la valeur des paramètres retenus pour ce faire.

8.12.1 Cueillette des myes

La cueillette des mies a été traitée *via* le niveau de revenu annuel actuel (enjeu de 300 K$/an) modulé dans le temps sur la période de référence de 30 ans en fonction du scénario considéré (Tableau 17).

Impact du retrait. Nous considérons que l'option de retrait généralisé consacre le déséquilibre sédimentaire observé actuellement par un apport sans cesse croissant de sédiments dont la taille et le devenir sur la batture sont loin de garantir la pérennité des habitats coquillers. Une perte d'habitats (et de la ressource) de 50% à la fin de la période de référence, répartie linéairement à compter de maintenant est escomptée.

Impact d'épis. L'état des revenus peut demeurer stable (en valeur présente nette), toutes choses étant égales par ailleurs, pour une option qui préserve un équilibre sédimentaire non-perturbé, certaines options d'épis en l'occurrence, sauf si l'implantation d'épis est excessive et vient perturber trop à la baisse les apports sédimentaires. Le cas échéant, nous assumons une perte inférieure au retrait complet, soit 20% de l'enjeu à la fin de la période de référence.

Impact d'empierrements. L'option d'empierrement est la plus agressive des options concernant l'équilibre sédimentaire, de sorte que selon notre hypothèse les habitats coquillers sont les plus en mesure de subir des impacts négatifs d'une telle solution. En accélérant le transit sédimentaire, puis en coupant à terme toute source d'apport en sédiments une fois que les plages ont été lessivées, on peut raisonnablement présumer que l'équilibre des conditions propices à la production de myes peut s'en trouver fortement perturbé. Nous posons l'hypothèse que cette impact a la capacité d'impacter très négativement cette ressource, voire de la rendre inintéressante comme source de revenus d'appoint. En conséquence, la perte d'avantage est estimée à 100% dans ce cas.

Tableau 17 : Paramètres de modulation cumulative de la perte de la ressource en myes selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres – Impact sur l'enjeu – Cueillette de myes ▼	
Durée de la période de référence	30
Impact cumulatif à la fin – Retrait généralisé	-50%
Impact cumulatif à la fin – Épis selon la couverture	0 à -20%
Impact cumulatif à la fin– Empierrement linéaire	-100%

8.12.2 Les plages

Le traitement des plages est similaire à celui de la cueillette des mies et se trouve donc lié à la dynamique sédimentaire pouvant résulter des différentes options (Tableau 18). Nous avons vu précédemment que cet avantage se monte typiquement à 1560 $/individu/année et que l'enjeu est applicable par hypothèse à 15% de la population qui l'utilise plus assidûment, incluant les riverains, soit 1443 habitants x 15% = 216. Cette prise en compte inclut aussi les visiteurs occasionnels et les touristes.

Impact du retrait. Dans le cas de l'option de retrait généralisé, les apports croissants en sable sont de nature à contribuer au maintien de la qualité et de la disponibilité des plages pour toute la communauté, mais d'en réduire l'accessibilité aux riverains dû à la perte de facilités individuelles (escaliers) présentes actuellement sur la plupart des propriétés situées en rive. Cet item a toutefois été négligé.

Impact d'épis. Les épis servent à maintenir les plages, voire à les restaurer. Selon l'ampleur de leur utilisation, les effets sont variables sur les plages. L'impact plus ou moins favorable peut être

lié à la distance protégée ou restaurée. Il est surtout lié à une accessibilité accrue pour tous en lien avec la mise en place de plusieurs points d'accès requis par la construction et laissés en place par la suite. Dans tous les cas cependant, l'effet est escompté favorable jusqu'à hauteur de 25% pour l'option la plus favorable au bilan sédimentaire et applicable au sous-ensemble de la communauté estimée d'utilisateurs (15% de la population ou 216 habitants). Aucune distinction n'est faite par rapport au type d'épis.

Impact d'empierrements linéaires. Dans ce cas, les plages sont virtuellement perdues à court terme au *prorata* de la longueur du segment applicable par rapport à la longueur de la cellule non protégée actuellement (3,86 km).

Tableau 18 : Paramètres de modulation de la disponibilité et l'accessibilité des plages selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres – Impact sur l'enjeu – Plages ▼	
Durée de la période de référence	30
Enjeu total	338 000$
Impact cumulatif à la fin – Retrait	Négligeable
Impact Épis	
Partout	+25%
Équilibré	+25%
Réduit	+15%
Mixte	+10%
Impact – Empierrement linéaire	-100%

8.12.3 Le paysage côtier

L'impact sur les paysages est traité à deux niveaux : l'impact direct des mesures sur le paysage lui-même et sur la perte possible de jouissance d'une vue directe pour les riverains. Nous avons vu que cet enjeu est estimé à 570 K$, une valeur fixe non récurrente qui constitue un plafond pour l'ensemble des 57 propriétés visées. L'impact des mesures est paramétrisé au Tableau 19.

Impact du Retrait. L'impact du retrait ne concerne que les riverains concernés (57) et il n'est applicable qu'au moment du retrait. Une perte d'avantage de 10 K$ est alors escomptée au fur et à mesure du retrait. Le retrait n'est pas considéré ici comme pouvant causer un impact défavorable sur le paysage lui-même.

Impact des épis. Comme les épis ont pour conséquence d'éviter le retrait, aucune perte de ce type n'est escomptée. En revanche, l'impact sur le paysage n'est pas neutre (artificialisation –vs- maintien de plages). Nous estimons que ces deux effets opposés sont de nature à se compenser mutuellement, donc un effet net neutre.

Impact de l'empierrement. Par contre, l'empierrement linéaire est de nature à causer un tort irréparable au paysage côtier de sorte qu'une perte de 50% de l'avantage correspondant (10 K$)

est assumée au niveau des riverains. Il est à noter que l'impact est également applicable à l'ensemble de la communauté qui fréquente la cote pour l'attrait visuel qu'elle représente. Toutefois, cet item n'est pas escompté ici.

Tableau 19 : Paramètres relatifs au paysage côtier selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence

Paramètres – Impact sur l'enjeu – Paysages ▼	
Durée de la période de référence	30
Impact cumulatif à la fin – Retrait	-10K$/unité riveraine
Impact Épis	Neutre
Impact – Empierrement linéaire	50% ou – 5K$/unité

8.13 Paramètres de l'analyse multi-critères

La prise en compte simultanée de facteurs monétarisables et intangibles constitue un grand défi pour la science économique. Pour ce faire, l'unité de mesure doit être homogène, soit la valeur monétaire. On cherche habituellement à assurer l'homogénéité en attribuant une valeur monétaire à des entités qui ne s'escomptent pas naturellement de cette manière (santé des individus, vie humaine, valeur d'un paysage). Des recettes ont été développées dans la bibliographie pour y arriver et des valeurs sont même proposées (Conseil du Trésor du Canada, 1995). C'est dans cet esprit qu'ont été réalisés les calculs monétaires relatifs à certains avantages plutôt intangibles présents à Pointe-aux-Outardes : plages, paysage, myes. Dans le cas des myes, c'est l'incertitude par rapport à l'impact des différentes mesures qui complique l'exercice de monétarisation. Bien que quantifiés de façon homogène avec les « vrais » items monétaires (ex : coûts de construction), ces items n'en comportent pas moins une importante significative qu'il importe de prendre en compte même avec les marges d'incertitude évoquées.

Il est aussi possible d'atteindre à une forme d'homogénéité de valeurs en procédant de manière plus qualitative et en faisant appel à des critères explicites représentant en valeur unitaire (entre 0 et 1) ou en pourcentage (sur 100%) l'opportunité d'une solution en regard de divers aspects tangibles ou intangibles comme le coût, la durabilité, l'innocuité environnementale. Nous avons choisi de tenter l'expérience au meilleur de notre connaissance. Nous croyons que l'approche multi-critères pourrait en quelque sorte apporter un éclairage additionnel à la décision. L'approche est néanmoins quantitative, et nécessite une paramétrisation de la perception du problème qui s'effectue idéalement avec les intervenants impliqués, ici le Comité de Concertation. Dans le cas présent, ce sont les auteurs qui ont contribué majoritairement à la fixation des valeurs utilisées. Cette restriction est importante afin de rendre justice à cette méthode qui, lorsqu'appliquée en recherche de consensus, devient un outil de concertation puissant. À notre décharge, les valeurs des paramètres utilisées ont été soumises en Comité de concertation qui n'y a vu aucun biais

notable par rapport à leur propre perception. Enfin, question de transparence, la méthode nécessite toujours que la valeur des paramètres et les hypothèses sous-jacentes soient explicites.

8.13.1 Rappel des critères

Les critères finalement retenus sont tels que soumis au troisième Comité de concertation en date du 22 février 2008. Ils se composent de deux jeux : les *critères de base* et les *critères agrégatifs* (globaux) permettant de regrouper les critères de base avec une pondération variable traduisant leur importance relative. Les critères de base sont donnés et expliqués sommairement au Tableau 20. L'implantation et la paramétrisation de ces critères sera expliquée un peu plus loin.

8.13.2 Critère Coût : $C_\$$

Compte tenu des enjeux à court et moyen termes impliqués dans les solutions de retrait, nous avons opté pour pré-qualifier (valeur de 100%) les options dont la somme des coûts et avantages directs est inférieur à 3 M$. Nous entendons par coûts directs les coûts de réalisation des travaux, incluant la contribution en nature des riverains. L'exclusion des autres coûts et avantages (plages, myes, paysage) se justifie parce que ces items sont pris en compte à l'aide de critères équivalents (ex : impact environnementale, bilan sédimentaire, etc. voir plus loin). Les options d'une valeur supérieure à 8 M$ sont pratiquement disqualifiées (0%) tandis que les solutions intermédiaires (entre 3M$ et 8M$) voient leur critère coût décroître linéairement vers 0 %. La Figure 48 montre la fonction appliquée. Le poids et le traitement alloués à ce critère important sont discutés plus loin.

Tableau 20 : Liste et définition des critères de base utilisés pour classifier les solutions proposées

Critères de base	Remarques
Coût d'ensemble : $C_\$$	La variable d'entrée est le coût direct actualisé
Durabilité : C_D	Basé sur le % annuel du coût de l'ouvrage en entretien
Risque résiduel : C_R	Basé sur un estimé du succès prévisible de la mesure par rapport aux dommages résultant de l'érosion
Équité : C_E	Basé sur la répartition relative des coûts et des avantages parmi les intervenants
Impacts environnementaux - Bilan sédimentaire : C_I	Basé sur un estimé sommaire des impacts environnementaux de la mesure et sur ses effets sur l'équilibre sédimentaire
Synergie - Mise en valeur : C_V	Basé sur les possibilités offertes de mise en valeur récréo-touristique du littoral
Impact social : C_S	Ce critère prend en compte les possibilités d'impact social négatif de la mesure et la réceptivité de la

communauté

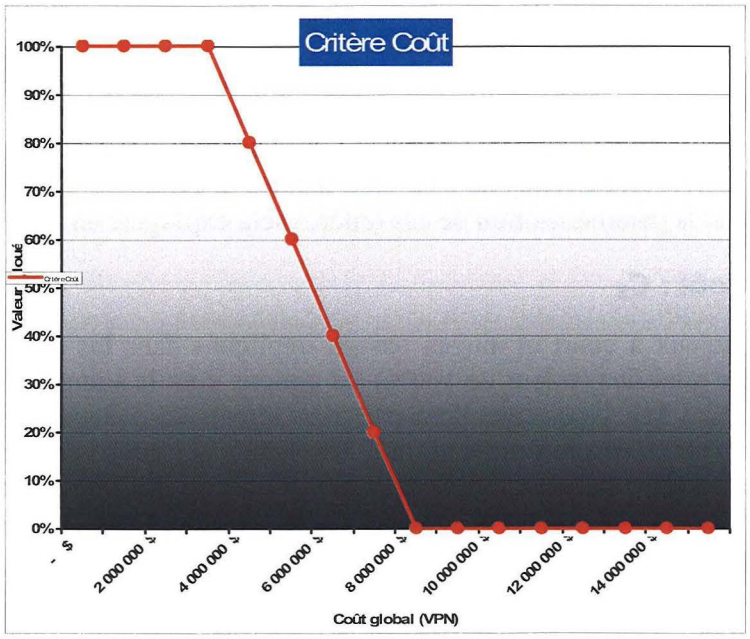


Figure 48 : Critère de base Coût global

8.13.3 Critère Durabilité : C_D

Le critère de durabilité (Figure 49) recoupe plusieurs aspects qui touchent à la *Durée de vie utile* d'un ouvrage ou d'une mesure quelconque en regard du risque qu'il vise à contrôler. Si les mesures d'entretien sont appliquées adéquatement, la vie utile d'un ouvrage peut se prolonger bien au-delà de la durée escomptée *a priori*. Par contre, le défaut d'entretenir un ouvrage peut en réduire considérablement l'efficacité pendant la vie utile escomptée, de même que sa pérennité au-delà de la période de référence. En supposant que les ouvrages sont tous maintenus en état, au moins sur l'ensemble de la période de référence de l'étude, c'est le % du coût de l'ouvrage en coûts d'entretien qui tient lieu de variable représentative de la durabilité. Les mesures visant le retrait sont considérées durables si la marge de recul au site d'accueil n'implique pas de nouveaux déplacements dans la période de référence ou à plus long terme, ce qui est le cas ici.

Nous avons choisi d'attribuer la cote maximale (100%) aux solutions à zéro entretien tandis que les ouvrages requérant un entretien annuel important, égal ou supérieur à 4% reçoivent une cote réduite à 20%, l'intervalle entre les deux variant linéairement.

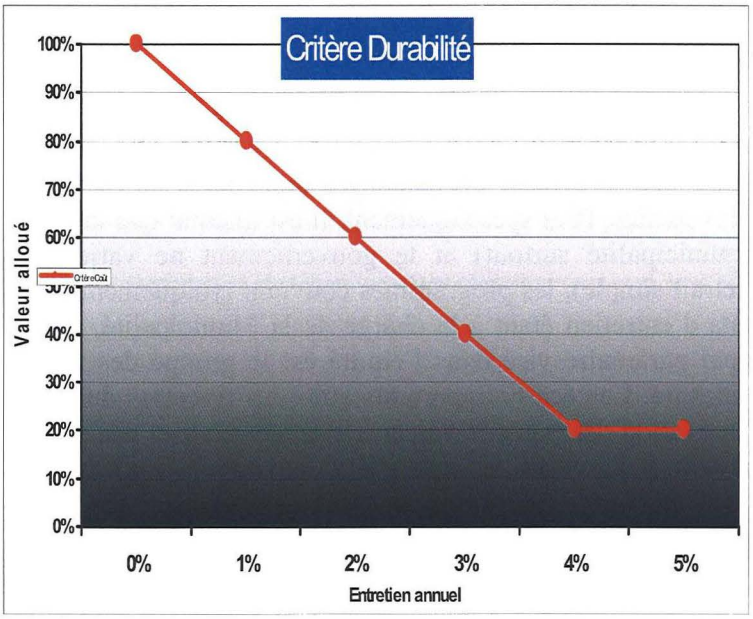


Figure 49 : Critère de base Durabilité

8.13.4 Critère Risque résiduel : C_R

Ce critère prend en compte l'efficacité qu'on anticipe de l'implantation d'une solution eu égard aux dommages directs qui pourraient survenir en lien avec l'érosion. Les solutions dures comme l'empierrement linéaire se voient attribuer 50% à cause des effets pervers de l'approche qui peuvent, à terme, aggraver le problème (effets de bout, perte de la micro-terrasse et de la plage avec leur effets protecteurs). En cherchant à maintenir la plage et la micro-terrasse, les solutions douces comme les épis obtiennent une cote bien supérieure, mais la valeur finale dépend de la stratégie d'implantation (longueur de côte visée), de l'interaction avec le transit sédimentaire et du succès de la recharge initiale en sable. Le besoin en recharge récurrente n'est pas à écarter et il peut aussi déterminer l'efficacité de l'ouvrage en rapport avec le risque résiduel. Ce type de solutions est coté 80-100% selon le cas. Les solutions retrait, en sortant à long terme le potentiel de vulnérabilité de la zone menacée sont cotés 100% tandis que les solutions mixtes de type retrait/solutions douces se situent entre les deux (90-100%).

Tableau 21 : Valeur du critère efficacité attribuée aux différents types de solution

Type de solution	Critère
Solution dure	50%
Solutions douces	80%-100%
Solution Retrait exclusivement	100%
Solution mixte (selon le % de littoral protégé ou soustrait à l'exposition)	x-100%

8.13.5 Critère Équité : C_E

Le critère équité a été retenu afin de mesurer, dans la mesure du possible la participation effective de toutes les parties prenantes dans le financement des solutions et les avantages obtenus en retour. Elle vise donc aussi à évaluer les avantages monétaires ou intangibles qui accompagnent les solutions pour les parties. Plus spécifiquement, il est assumé que la répartition des coûts entre la communauté (municipalité surtout) et le gouvernement ne varie pas beaucoup entre les solutions (sauf le retrait simple), les programmes couvrant typiquement 75% de la facture directe. Par contre, les coûts d'entretien étant à la charge de la Municipalité, cet élément peut jouer sur l'équité. Le principal partenaire visé dans l'équité est le groupe des riverains qui bénéficieront directement de la mesure. Les écarts importants entre les riverains dus aux marges de recul très variables, l'état d'activation des talus, la valeur à protéger ne sont pas pris en compte étant donné qu'une bonne solution à l'érosion se doit d'être envisagée à l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire.

La contribution du groupe « Riverains » à la solution peut être monétaire (ex : frais non-admissibles des solutions de retrait) ou « en nature » si le remodelage de la côte requis pour stabiliser les talus et recharger les cellules d'épis est escompté et traduit monétairement. De plus, les propriétés riveraines devraient voir leur valeur majorée (typiquement 15% comme valeur retenue), ce qui doit être normalement déduit du coût assumé par le propriétaire. C'est donc sur la contribution nette du groupe des riverains en % de la solution d'ensemble qui sert à évaluer le critère d'équité. Accessoirement, l'équilibre de l'ensemble des participations peut être considéré pour distinguer 2 solutions ayant une équité comparable de la part des riverains.

Dans ce contexte, une contribution des riverains, monétaire ou en nature (mais monétarisée) supérieure à 20% du coût total nous est apparue comme une valeur difficile à améliorer compte tenu qu'il s'agit d'une moyenne pour tous (critère = 100%) et que des écarts pourraient surcharger un peu plus que la moyenne certains des propriétaires. Les contributions inférieures à 20% sont cotées avec une valeur décroissant à 0% avec une contribution nulle.

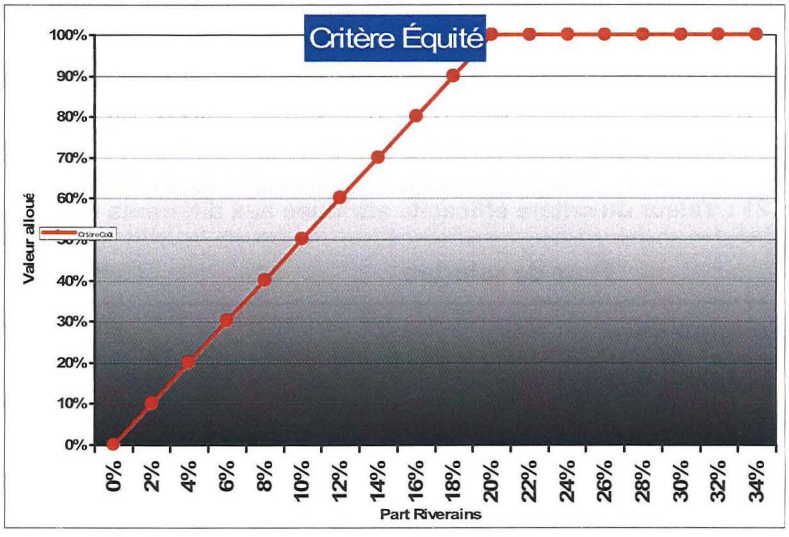


Figure 50 : Critère Équité

8.13.6 Critère Impacts environnementaux - Bilan sédimentaire : C_i

Ces deux critères, l'*impact environnemental et le bilan sédimentaire* ont été introduits afin de qualifier les solutions du point de vue de leur intégration naturelle dans un environnement fragilisé supportant un écosystème naturel qui offre des ressources halieutiques importantes pour la communauté et le groupe des cueilleurs de myes (150K$/an d'enjeu). L'application de ce critère ne vise pas à se substituer à une évaluation environnementale formelle, étape qui devra être franchie quoi qu'il en soit si la solution retenue interagit avec le milieu physique. C'est par l'influence que pourrait avoir une modification du bilan sédimentaire d'un segment de la côte sur d'autres segments (effets de bout, interruption temporaire du transit sédimentaire, perte de plage, impact sédimentaire sur la batture et les habitats coquillers) que la valeur du critère est attribuée. On comprendra de ce rapport que, si l'écologie de la batture et la disponibilité d'habitats coquilliers ne sont pas traitées explicitement, nous reconnaissons l'influence qu'un transit sédimentaire modifié pourrait avoir, favorable ou pas.

Ce qu'on sait aujourd'hui de la cueillette des myes, c'est que les stocks semblent en diminution sans que l'on puisse attribuer cette évolution à l'un ou l'autre des facteurs externes possibles (pression de cueillette?, modifications de l'habitat reliées aux apports croissants en sable dus à l'érosion? Autres?). Il est donc tout à fait possible que, quelle que soit la solution retenue, y compris le retrait pur et simple (à cause des impacts cumulatifs des activités humaines de la péninsule), on doive envisager des impacts, favorables ou négatifs. Dans ce contexte, voici comment les solutions de différents types ont été cotées (Tableau 22).

Les solutions dures sont cotées très basses et pour cause pour toutes les raisons déjà mentionnées. Les solutions de type épis avec recharge visent le ré-équilibrage du bilan sédimentaire de la côte et le retour à une situation qui prévalait autrefois alors que l'écosystème de la batture paraissait en bien meilleure condition qu'aujourd'hui. Celles-ci sont donc cotées entre 50 et 100% selon le schéma d'application retenu, le bilan sédimentaire résiduel et les précautions relatives à la recharge en sable compensatoire. Ainsi, les champs d'épis qui ne laisseraient que peu d'apports résiduels afin de maintenir le transit littoral sont cotées plus faibles (50%). Paradoxalement, la solution de retrait simple n'est pas cotée très haut (50%) à cause des impacts environnementaux cumulatifs que doivent subir la côte et la batture[9] et que la solution ne permet pas d'adresser. De plus certaines mesures de protection passées (ex : empierrements ponctuels) continueraient d'imposer des impacts négatifs à considérer. Les solutions mixtes sont considérées équivalentes aux solutions douces.

Les calculs relatifs aux apports sédimentaires résiduels après intervention seront présentés avec les scénarios traités.

[9] Notre prémisse essentielle est que le niveau d'érosion actuel est un impact résiduel de l'activité humaine et qui n'a bénéficié d'aucune mesure d'atténuation

Tableau 22 : Critère Impacts environnementaux et bilan sédimentaire

Type de solution	Critère
Solutions dures	10%
Solutions de protection douces	80%-100%
Solutions de retrait	50%
Solutions mixtes	80%-100%

L'impact social n'est pas considéré ici, un critère spécifique à cet item est introduit plus loin.

8.13.7 Critère Synergie - Mise en valeur : C_V

Ce critère a été considéré nécessaire quoique plus marginal que les précédents (la pondération introduite plus loin en tient compte). Il vise à prendre en compte la possibilité de tabler sur la solution pour améliorer le bien-être des riverains et de la communauté au sens large, incluant la région de la péninsule Manicouagan et le tourisme. Ainsi, toute solution favorisant l'accès à la plage ou à la batture doit être considérée plus favorablement qu'une autre restreignant cet accès, limité dans la situation présente (les accès à la plage et à la batture sont majoritairement privés ou contraints au quai municipal). D'autres solutions compromettent même l'existence de la plage, contribuant ainsi à la dégradation du milieu de vie.

Dans ce contexte, l'empierrement linéaire n'offre pas de possibilité pour mettre en valeur la côte (critère = 10%). Les solutions douces, en réhabilitant les plages et en offrant possiblement des accès multiples, non seulement aux résidents des deux côtés de la rue Labrie, mais aussi à la communauté et aux visiteurs convient beaucoup mieux à une mise en valeur élargie de la côte (critère = 80-100%, l'extension de la mesure sur la côte déterminant la valeur). Les solutions de retrait envoyant le message (implicite) que la sécurité du secteur côtier du village est compromise, on voit mal comment une telle solution pourrait être perçue favorablement pour la mise en valeur. Les solutions mixtes incluant des mesures douces sont cotées dans l'intervalle entre les deux types de mesure, bénéficiant à la fois des impacts favorables et de perceptions contraires relatives au retrait.

Tableau 23 : Critère Synergie – Mise en valeur

Type de solution	Critère
Solutions dures	10%
Solutions de protection douces	80%-100%
Solutions de retrait	50%
Solutions mixtes	70%

8.13.8 Critère Impact social : C_S

Distinct de l'impact environnemental qui vise le milieu physique et ses habitats, l'impact social est estimé d'après la réceptivité de la communauté dans son ensemble et des riverains visés par rapport au type de solution. Bien sûr, ce critère est lié à la perception des solutions dans la population et au degré de consensus atteint à leur égard. En pratique, nous avons basé l'appréciation de ce critère sur de multiples communications personnelles tant avec certains riverains qu'à travers les membres du Comité de concertation. Ainsi, malgré leurs avantages eu égard à la sécurisation des immeubles déplacés, les options de retrait sont considérées comme des solutions ultimes et ce sont celles qui génèrent le plus de résistance dans la communauté des riverains (Critère = 20%). De plus, elles divisent la communauté et affaiblissent le tissu social par les tensions qu'elles génèrent. À l'opposé, les solutions dures ont longtemps joui d'une perception favorable de sorte qu'on retrouve plusieurs centaines de mètres de côtes empierrées (municipal, particuliers). La perception accrue de ses effets pervers commence à susciter des résistances afin de préserver les avantages actuels du littoral de ses impacts prévisibles (plage, bancs coquilliers, paysage). Malgré tout, la solution était encore perçue comme la norme jusqu'à tout récemment. Le critère a donc été coté à 80%, ce qui est probablement un chiffre conservateur évoluant à la baisse.

Les solutions douces ont acquis une cote très favorable au cours des dernières années comme la principale alternative aux solutions dures ou au retrait, perçus comme des solutions ultimes. Bien que des questionnements subsistent, aucun signe de résistance *a priori* n'a été perçu chez les nombreux intervenants rencontrés, tant de la part des riverains que des membres du Comité de Concertation. Bien sûr, nous nous faisons les interprètes du « sentiment » de la communauté à cet égard cette approche n'ayant rien de scientifique. Mais, il semble que ce type de solution soit maintenant perçu comme beaucoup moins dommageable que les empierrements, moins dérangeant que le retrait simple, et susceptible de solutionner la problématique de l'érosion et de rétablir l'équilibre des plages pour l'ensemble de la communauté (Critère = 100%).

Les solutions mixtes peuvent être cotées de manière très variable selon l'importance allouée à la composante retrait dans le scénario. Moins le scénario « dérange » l'ordre établi, plus il incorpore des approches de protection, plus il suscite l'adhésion générale.

Tableau 24 : Critère Synergie – Impact social

Type de solution	Critère
Solutions dures	80%
Solutions de protection douces	100%
Solutions de retrait	20%
Solutions mixtes	20%-100%

8.14 Critères globaux

Il est requis d'appliquer une forme d'agrégation (regroupement) pour combiner ensemble les divers critères de base et en extraire une forme d'appréciation relative des options entre elles, tous critères confondus. Il faut pour ce faire adopter une formulation qui permette de pondérer les critères selon l'importance qu'on leur accorde dans la décision. Le but n'est pas de les substituer à la décision elle-même. Il s'agit simplement d'éclairer la décision, celle-ci demeurant du ressort des principaux intervenants visés par l'équité. Bien que présentant les caractères de l'objectivité, l'approche comporte une bonne part de subjectivité contenue dans la formulation elle-même des critères globaux ainsi que dans les poids individuels[10] alloués aux critères de base. Voilà pourquoi plusieurs formulations et pondérations ont été élaborées afin d'en mesurer l'impact sur l'opportunité des scénarios. Ci-après sont succinctement introduites et justifiées les différentes formulations, incluant les paramètres de pondération retenus. Le Tableau 25 résume les formules appliquées. Celles-ci sont détaillées un peu plus loin.

Tableau 25 : Résumé des critères globaux appliqués

Critère global : G_i	Remarques
Approche G_1 - Poids décisif sur le coût	Multiplie la moyenne des critères de base autres que le coût, par ce dernier. Ceci donne au critère coût un pouvoir d'élimination du scénario si le critère coût est nul
Approche G_2 - Poids majoritaire sur le coût	Ce critère global additif ajoute au critère coût pondéré par le poids indiqué (ex: 0,75 ici), la moyenne de tous les autres critères pondérée par le complément du poids du critère coût (ex : 0,25) la somme des deux poids devant donner 1.
Approche G_3 - Équilibre des critères (moyenne géométrique à pondération variable)	Effectue la moyenne géométrique des critères autres que le coût selon un poids variable selon l'importance qu'on leur donne, qu'il multiplie par le critère coût
Approche G_4 - Équilibre des critères (moyenne arithmétique à pondération variable)	Additionne les critères autres que le coût pondérés selon une importance variable qu'il multiplie par le critère coût
Approche G_g – Agrégation ultime des G_i	Moyenne des 4 critères globaux précédents

[10] Normalement, dans ce genre de formule, la somme des poids doit être égale à l'unité.

Les pondérations utilisées résultent d'une interprétation de la part des analystes. Elles tentent de refléter l'importance relative qu'on accorde aux différents items considérés. Tous les critères allouent un poids dominant, au bilan des coûts et avantages monétaires de la mesure car il est évident que la somme des enjeux limite vers le haut les capacités financières des différents intervenants. Les pondérations se prêtent naturellement à d'autres interprétations et le résultat pourrait alors différer de ceux obtenus par nous. Il faut donc conserver une certaine distance vis-à-vis des résultats obtenus et ne s'en servir qu'à titre indicatif.

8.14.1 Critère G_i : Poids décisif sur le coût

Ce critère s'exprime ainsi :

$$G_1 = C_\$ \times \text{Moyenne}(C_D, C_R, C_E, C_i, C_V, C_S)$$

Comme le critère Coût ($C_\$$) peut être nul, il en est de même du critère global G_1. Les autres critères sont implicitement pondérés de la même valeur (1/6 en l'occurrence) ce qui revient à leur donner une importance égal ce qui n'est sans doute pas vraiment le cas.

8.14.2 Critère G_2 : Poids majoritaire sur le coût

Cette formulation vise le même objectif que G_1 mais autrement. Il accorde un poids dominant au critère coût mais non décisif (0,75), les autres critères étant simplement moyennés comme dans G_1 et pondérés par le complément de $p_\$$, soit (1- $p_\$$), $p_\$$ étant le poids mis sur le coût.

$$G_2 = p_\$ \times C_\$ + (1 - p_\$) \times \text{Moyenne}(C_D, C_R, C_E, C_i, C_V, C_S)$$

8.14.3 Critère G_3 : Moyenne géométrique pondérée

Dans cette formule, on alloue un poids décisif dominant au critère coût qui multiplie la moyenne géométrique pondérée des autres critères. La somme des poids P (P_D, P_R, P_E, P_i, P_V et P_S) égale 1. Les poids sont fournis au Tableau 26. Dans notre compréhension du problème, le critère dominant (25%), mis à part le coût, est la capacité de la solution de réhabiliter la côte dans un état d'équilibre favorable aux habitats coquilliers et aux usages extensifs par la communauté. Deux critères viennent ensuite avec une égale importance (20%): l'équité parmi les intervenants et l'impact social qui, admettons-le, ont un certain rapport l'un avec l'autre, le défaut d'équité pouvant entraîner des tensions sociales. Les deux critères suivants en ordre d'importance sont la durabilité et le risque résiduel (15%). Enfin le potentiel de synergie dans un projet de mise en valeur est pondéré à 5%.

$$G_3 = C_\$ \times (C_D^{Pd} \times C_R^{Pr} \times C_E^{Pe} \times C_i^{Pi} \times C_V^{Pv} \times C_S^{Ps})$$

Tableau 26 : Poids retenus pour relativiser l'importance de critères de base

Poids	P_D	P_R	P_E	P_i	P_V	P_S
Valeur allouée	15%	10%	15%	40%	5%	15%

Ces valeurs traduisent la perception de l'équipe d'analyse eut égard à l'importance à allouer aux différents items. Elles ne sont donc pas arbitraires mais les auteurs admettent qu'elles sont possiblement discutables. On remarquera le poids important mis sur l'impact environnemental lié à l'équilibre sédimentaire. Cette pondération reflète l'importance des enjeux correspondants, soit la réhabilitation et la conservation des plages et des ressources halieutiques.

8.14.4 Critère G_4 : Moyenne arithmétique pondérée

Ce modèle est similaire au précédent sauf que les critères de base, sauf le critère coût, sont amalgamés à l'aide d'une moyenne arithmétique pondérée par les mêmes poids (Tableau 26).

$$G_3 = C_S \times (PdC_D + PrC_R + PeC_E + PiC_i^{Pi} + PvC_V + PsC_S)$$

8.14.5 Critère ultime G_g : Moyenne des critères globaux

Ce modèle est simplement basé sur la moyenne des critères globaux précédents.

$$G_g = \frac{G_1 + G_{21} + G_3 + G_4}{4}$$

8.15 Résumé

Un modèle d'analyse formé de divers modules et implanté sur Microsoft Excel[MD] 2003 permet d'évaluer à la fois sur les plans monétaire et qualitatif (les intangibles) les multiples conséquences de divers scénarios comprenant aussi bien des mesures de retrait, de protection ou mixtes. La ventilation des dépenses et leur répartition temporelle sur la durée de vie utile des aménagements sont paramétrisées afin de bien représenter les différentes options. Un taux de préférence temporelle (actualisation) est appliqué afin de faire ressortir l'influence discriminante du temps sur les options. L'impact fiscal et une évaluation de l'équité financière pour les divers intervenants sont parmi les résultats produits par l'analyse.

Certains paramètres de base ont été traités comme des *constantes de référence* (ex : taxes municipales) tandis que d'autres demeurent variables en vue d'en vérifier l'effet sur les solutions (ex : paramètres des programmes d'assistance financière ou d'atténuation de risques, taux d'actualisation, dérive climatique).

Une approche multi-critères, en tant qu'outil supplémentaire d'aide à la décision, a été implantée sous la forme d'une hiérarchie de critères de base (intangibles surtout) et de critères globaux (agrégatifs). Cette approche permet de prendre en compte simultanément plusieurs facteurs comme le coût global, l'équité de la solution, sa durabilité, l'efficacité (risque résiduel), les impacts environnementaux (bilan sédimentaire) et sociaux ainsi que le potentiel de synergie pour la mise en valeur, ces deux derniers ayant été proposés lors de la rencontre du 3^{ième} Comité de concertation le 22 février 2008).

L'approche multi-critères retenue ne traduit cependant que la perception des enjeux par les auteurs telle que révélée en Comité de Concertation ou suite à de multiples communications personnelles

avec les acteurs. Nous croyons avoir atteint un certain degré de consensus à cet égard. Nous reconnaissons qu'un tel exercice doit s'accompagner d'une intervention beaucoup plus formelle, voire itérative, du Comité de concertation. Une analyse comprenant un volet sur la sensibilité des critères à des valeurs différentes des paramètres, ou encore une prise en compte formelle de l'incertitude aurait aussi pu être entreprise afin de mesurer la robustesse des conclusions. Ces activités n'ayant pas été réalisées, il faut donc considérer les résultats de l'analyse multi-critères présentée comme une indication des meilleures solutions parmi celles proposées plutôt qu'une figure imposée.

9 Scénarios considérés

Les scénarios présentés ici appartiennent aux catégories suivantes :

- Exclusivement ou majoritairement de type « Protection côtière » : Scénarios P_i incluant les options de ré-équilibrage de la dynamique côtière
- Exclusivement de type « Retrait » : Scénarios R_i
- Une combinaison des deux premiers ou « Mixtes » : Scénarios MX_i

9.1 Scénarios de référence

En analyse coûts-avantages (Conseil du Trésor du Canada, 1995), il est de mise de comparer chacune des alternatives (ou options) à un *scénario de référence* (ou plus) qui décrit une situation qui devrait normalement se produire si les paramètres d'intervention demeuraient ce qu'ils ont été traditionnellement. Deux approches répondent à ce critère :

1. L*'empierrement linéaire généralisé* (P_3 ou $P_{réf}$) comme cela a été et est encore pratiqué, entre autres pour la protection des infrastructures routières régionales, ou par des particuliers
2. Le *retrait graduel généralisé, assisté financièrement* ($R_{réf}$) par un programme comme le Programme général d'assistance financière - Mouvements de sol (PGMS).

La science économique considère aussi parfois des scénarios théoriques plus contrastés afin de relativiser les scénarios plus réalistes et mettre en évidence leurs mérites respectifs. Cette option n'a pas été retenue. La sensibilité de certains scénarios à des paramètres périphériques (ex : changements climatiques, programmes d'assistance, coûts unitaires) peut aussi être testée. Ces analyses complémentaires sont possibles avec les tableurs développés. Seul la sensibilité des options au taux d'actualisation. Enfin, les valeurs des paramètres des options sont en grande majorité celles de référence identifiées en fond bleu dans les tableaux du chapitre précédent (ex : actualisation). Seules les valeurs spécifiques au scénario traité, ou à l'analyse de sensibilité aux paramètres externes, sont fournies aux tableaux correspondants. L'analyse comparative des scénarios sera présentée au chapitre suivant.

9.2 Zones d'application

Les zones d'application de chacune des mesures concernent généralement des segments bien délimités de la côte. Afin de faciliter la compréhension des options ci-après, une segmentation sommaire (Figure 51) désignée de A à G d'ouest en est permet de distinguer des zones où des mesures particulières seraient appliquées. Une segmentation par numéros civiques a été appliquée pour l'étude détaillée.

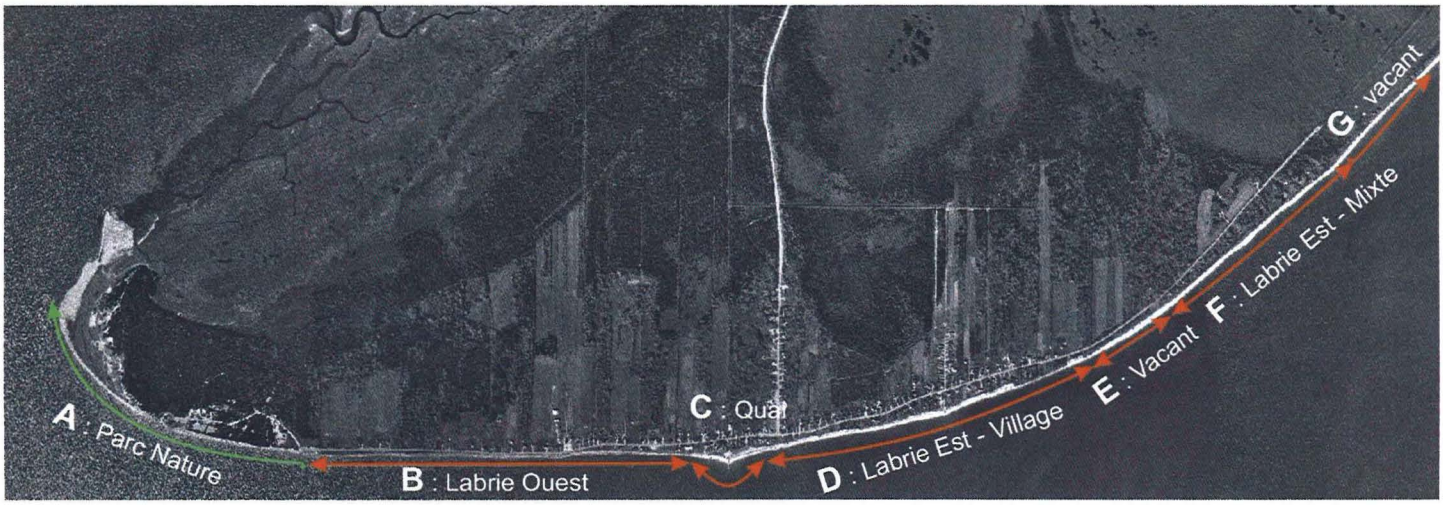


Figure 51: Segmentation du milieu côtier pour fins d'analyse - Pointe-aux-Outardes

9.3 Option P1 : champ d'épis conventionnels (20) partout (3,9 km)

9.3.1 Objectifs recherchés

L'objectif est de mettre en place un champ d'épis conventionnels, assorti d'une recharge de plage initiale, un dispositif qui agirait comme stabilisateur de courants afin de retenir le transport littoral, protéger les plages et les hauts de plage reconstitués, protéger les micro-terrasses, et par conséquent, les talus adjacents. L'approche vise à éviter les conséquences de l'érosion par rapport au bâti, et accessoirement d'améliorer l'accessibilité du littoral à toute la communauté et protéger cet élément important de la qualité de vie à Pointe-aux-Outardes.

9.3.2 Caractéristiques générales de l'option

Il est possible que les paramètres de dimensionnement se démarquent quelque peu de cette hypothèse préliminaire en vue d'optimiser au besoin les volumes de matériaux requis et l'efficacité. Typiquement, un champ d'épis conventionnels en enrochement (cœur en tout venant grossier, pierre de carapace en surface) ayant une longueur de 70 m à partir du pied de talus et placés à tous les 200 m est considéré en première approximation. Cette configuration s'inspire de la forme du quai municipal. La protection obtenue est généralement de l'ordre de 2 à 4 fois la longueur des épis, de là leur espacement de 200 m. Dans ce scénario, aucune mesure de retrait n'est prévue, incluant le segment de la rue Labrie le plus menacé actuellement entre le 294 Labrie et le 342 (Zone vacante E, Figure 51). La zone d'application s'étend sur 3,9 km, soit l'ensemble de la rue Labrie Est (Zones D+E+F : du 178 au 392) et comporte une vingtaine (20) d'épis. Les valeurs des paramètres de référence sont celles indiquées au chapitre précédent.

9.3.3 Traitements spécifiques

Une recharge initiale de plage est requise afin de positionner la topographie du système le plus près possible de son équilibre morpho-sédimentaire ultime dès le départ (90 m^3/m de côte). Le scénario anticipe qu'une recharge périodique annuelle deviendra tôt au tard nécessaire (20 000 m^3/an) étant donné que toutes les sources d'apport en sable (zones en érosion) sont pratiquement taries à cause justement de la présence des épis. Seuls des échanges positifs avec la batture favorisés par les processus constructeurs de plage, pourraient diminuer ce besoin récurrent, ce qui est difficile à prévoir dans nos connaissances actuelles. Il est donc requis d'alimenter le système avec un apport externe au départ et possiblement durant toute la période de référence, apport qui est sans doute loin d'être aussi important que celui requis par les empierrements mais qui demeure néanmoins très significatif. De là, l'assimilation du scénario à une intervention en empierrements pour la question de la recharge compensatoire annuelle.

9.3.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité et les avantages identifiés – Risque résiduel

Le risque résiduel est considéré négligeable moyennant l'hypothèse que l'ouvrage soit régulièrement entretenu (1%/année du coût initial) et que la recharge périodique soit effectivement réalisée, sans autre garantie que la détermination et les ressources des autorités municipales de le faire. Dans ce cas seulement, on peut escompter une valeur résiduelle des ouvrages à la fin de la période de référence de 30 ans, valeur qui a pour effet de diminuer le coût actualisé en 2008. L'option est considérée comme ayant un impact positif (+10%) sur l'enjeu des plages et neutre sur l'enjeu des myes et de la vue sur le paysage. Dans ce dernier cas, le maintien de plages est supposé compenser l'impact visuel des ouvrages.

9.3.5 Bilan des coûts et avantages

Ce scénario est estimé à 7,3 M$ (Millions $), valeur comprenant les avantages préservés ou bonifiés (1,55M$) (Tableau 27). Ce scénario comporte des coûts plus importants en recharges initiale et périodique (6,94 M$) que pour la construction des épis eux-mêmes (2,34 M$) à cause du fait que la protection ne laisse aucun espace à des apports naturels par l'érosion de segments de côte non protégés. De ce point de vue, le scénario rejoint celui de l'empierrement complet (ouvrage réflectif) bien que la capacité de rétention du sable par les épis soit significative et demande beaucoup moins de recharge périodique.

Le scénario considère que la réalisation de ces épis s'accompagne d'une contribution en nature (recharge initiale en sable) en provenance des lots riverains (plusieurs sont vacants actuellement) au moment de la réalisation (déblai pour les chemins d'accès, re-profilage des talus). La recharge périodique de même que l'entretien des ouvrages sont obtenus sur le marché local et sont à la charge de la communauté. Une plus-value des bâtiments en rive de 15% est escomptée dès le départ, valeur qui devrait, en toute équité, se traduire par des rentrées fiscales additionnelles pour les pouvoirs locaux. Ce gain pour le secteur riverain demeure toutefois marginal dans le bilan d'ensemble. En revanche, la contribution en nature escomptée est très significative et met l'essentiel du poids de la réalisation sur les riverains et la communauté.

9.3.6 Contraintes et limitations

La principale limitation d'un tel scénario est l'obligation pour la Municipalité de procéder en plus de l'entretien périodique des épis à une coûteuse recharge compensatoire (20 000 m^3/an), sinon annuelle, du moins périodique, afin de compenser le déficit des apports actuellement fournis par le recul des berges. Les coûts importants de telles obligations pourraient bien, à la longue, voire dès le départ, devenir exorbitants et conduire à la suspension de cette mesure compensatoire, d'autant plus que dans le scénario, les coûts sont assumés par toute la communauté. En un mot, le scénario fait plus ou moins fi du principe de développement durable en acceptant des interventions coûteuses et récurrentes pour établir et maintenir des conditions environnementales qui ne s'équilibrent pas d'elles-mêmes. De plus, la quantité annuelle moyenne de sable requise pour la recharge périodique demeure une valeur plus ou moins spéculative, très variable

annuellement en relation avec les aléas, ce qui laisse planer une incertitude importante sur l'engagement financier annuel que l'option P1 sous-tend.

Tableau 27: Coût en M$ du scénario P1 – Épis conventionnels partout.
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain

MESURES ►	Total		Détail	Épis		Recharge	
Longueur ou nombre visés				3,9	km	3,9	km
BILAN ACTUALISÉ	Valeur présente nette			Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	7,30	100%		0,79		6,94	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	-1,55	-21,2%		-1,55			
ÉQUITÉ		%			%		%
Coût pour le gouvernement	2,71	37,1%		1,40	52%	1,30	48%
Coût pour la communauté	4,67	64,0%		0,78	17%	3,89	83%
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	1,90	26,0%		0,16	8%	1,74	92%
Coût direct – Riverains	0,00	0,0%					
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,43	-5,9%					
Coût pour les autres intervenants	0,00	0,0%					

9.3.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes

L'avantage principal est d'éviter les douloureuses conséquences sociales des mesures de retrait. Le scénario a aussi pour mérite d'offrir l'opportunité de donner accès direct à la côte à l'ensemble de la communauté et des visiteurs *via* les chemins d'accès aux épis, si cette possibilité était retenue. On s'attend aussi que la mesure produise des impacts favorables sur l'écosystème

de la batture (escomptés neutre cependant), un résultat qui, faute de pourvoir être prédit à coup sûr, devrait normalement faire l'objet d'un suivi environnemental rigoureux.

À défaut de recharge périodique qui pourrait résulter de coûts trop élevés pour le potentiel fiscal de la communauté, l'interruption rapide et prolongée du transit littoral liée et l'insuffisance de l'apport sédimentaire résiduel laisseraient pendant une période prolongée un maigre bilan d'apports, semblable à celui des empierrements partout (Scénario de référence $P_{réf}$), soit autour de 3500 m^3/an, donc très en-deçà du minimum transitoire de 20 000 m^3/an fixé pour évaluer l'opportunité de la solution.

9.3.8 Équité – Répartition des coûts et des avantages

Le patron de répartition des coûts *vs* les avantages est loin de représenter une situation équitable pour les intervenants, les avantages étant surtout alloués aux riverains (valeur des propriétés, sécurité, réhabilitation des plages, etc.). L'ensemble de la communauté bénéficie d'accès multiples à la côte mais sa contribution pour ce faire semble disproportionnée par rapport au bénéfice escompté. L'implication des riverains (incluant les terrains vacants) est cependant significative quand on considère la contribution « en nature » que l'option suppose. La plupart des scénarios à recharge initiale escomptent une participation similaire des riverains.

9.3.9 Variantes possibles

Différentes variantes sont possibles notamment en soustrayant du scénario le coût de la recharge périodique. Le cas échéant, il faudrait escompter que les ouvrages vont se dégarnir graduellement du sable qui y a été chargé au départ et que leur longévité pourrait s'en trouver sévèrement écourtée. La reconstruction partielle ou complète des ouvrages est alors à prévoir durant la période de référence et aucune valeur résiduelle ne peut être allouée aux ouvrages à la fin. De plus les bénéfices escomptés du maintien d'une plage (activités récréo-aquatiques, cueillette des myes, notamment) pourraient être compromis à moyen terme. Enfin, un déficit sédimentaire important et difficile à quantifier et situer dans le temps pourrait en résulter à l'aval de la cellule (estuaire de la rivière aux Outardes) à partir du moment où le transit sédimentaire est interrompu ou sévèrement diminué pendant une période donnée. Un impact sur l'habitat des myes serait alors à redouter.

L'autre possibilité est de laisser place à l'érosion sur les segments en amont de la zone les moins vulnérables aux dommages sur le bâti afin d'entretenir naturellement le bilan sédimentaire des ouvrages. Cette possibilité donne lieu à d'autres scénarios de protection moins invasifs plus loin (P4, P5, P6 et MX1). Une autre variante de ce scénario est de substituer les épis conventionnels par des épis tubulaires de type Holmberg (Scénario P2 ci-après) ou autres tel que suggéré par le Comité de Citoyens de Pointe-aux-Outardes (2005; Forum citoyen, 2007). Ces options sont examinées ci-après.

9.4 Option P2 : Champ d'épis (20) de type Holmberg partout

9.4.1 Objectifs recherchés

Comme pour les épis conventionnels, la mesure consiste à implanter dans le même segment que le scénario P1 (Épis conventionnels généralisés) un champ d'épis de type Holmberg », assorti d'une recharge initiale, et agissant comme stabilisateurs de courants et du transport littoral. L'objectif est en gros de ré-équilibrer les processus sédimentaires en reconstituant les plages, les hauts de plage, et en protégeant la micro-terrasse et par conséquent, les talus. L'approche vise aussi à éviter les conséquences de l'érosion par rapport au bâti, et accessoirement d'améliorer l'accessibilité du littoral à toute la communauté. La technologie étant expérimentale dans notre climat, l'option aurait valeur de projet pilote tel que suggéré par le Comité de citoyens.

9.4.2 Caractéristiques générales de l'option

Les paramètres de dimensionnement préliminaires sont ceux indiqués dans la lettre de M. Holmberg qu'on extrapole sur l'ensemble de la côte (Voir le Figure 51, page 123; Zones D+E+F : adresses 178 à 392) non encore protégée. Ces valeurs sont bien sûr indicatives. Typiquement, le système proposé comprend des épis (boudins remplis de sable ou béton) de 80 m perpendiculaires à la rive, espacés aux 150 m, et entrecoupés de structures analogues ancrées en rive aux pieds des talus. Dans ce scénario, aucune mesure de retrait n'est prévue, incluant le segment de la rue Labrie le plus menacé actuellement entre le 294 Labrie et le 342. Une recharge initiale de 90 m^3/m est prévue. Comme pour tout scénario bloquant la majeure partie de la recharge naturelle en sable, une recharge périodique visant à maintenir un apport sédimentaire à 20 000 m^3/an est prévue pour éviter à terme un déficit sédimentaire important dans l'estuaire de la rivière aux Outardes et sur la batture adjacente (bancs coquilliers). La recharge annuelle sert également à compenser les pertes entre les épis lors des tempêtes. Comme pour P1, la recharge initiale est escomptée en nature à 50% par les propriétés riveraines (déblai des chemins d'accès, re-profilage des talus), l'autre 50% étant couvert par la communauté et le programme d'atténuation des risques. La zone d'application est la même que le scénario P1. Le coût d'installation est évalué à 4 M$/km et les coûts d'entretien sont estimés à 1%/an du coût de l'ouvrage ce qui est sans doute un strict minimum.

9.4.3 Traitements spécifiques

Une recharge initiale est requise afin de positionner le système le plus près possible d'un équilibre morpho-sédimentaire dès le départ. Le scénario anticipe qu'une recharge périodique deviendra tôt au tard nécessaire étant donné que toutes les sources d'apport en sable (zones en érosion) sont pratiquement taries à cause justement de la présence des épis, à moins que les échanges avec la batture ne favorisent les processus constructeurs de la plage, ce qui est difficile à prévoir. Il est donc requis d'alimenter le système avec un apport externe, apport qui est sans doute loin d'être aussi important que celui requis par les empierrements mais qui demeure

néanmoins très significatif. De là l'assimilation du scénario à une intervention en empierrements pour la question de la recharge.

9.4.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité et les avantages – Risque résiduel

Les conséquences sur le risque résiduel et le bilan des avantages sont considérées égales à celles de l'option P1.

9.4.5 Bilan des coûts et avantages

Ce scénario est estimé à 18,3 M$, valeur qui tient compte de la plus-value inévitable obtenue pour les valeurs des propriétés protégées (Tableau 28) et des avantages obtenus (1,05M$). Ce scénario coûte cher à la fois pour la construction (13,4M$) et la recharge périodique (6,9 M$) qui, dans ce cas, compense la carence d'apports naturels procurés par l'érosion de segments de côte non protégés. De ce point de vue, le scénario est équivalent à l'empierrement complet bien que la capacité de rétention du sable par les épis soit significative et requiert moins d'apports périodiques (20 000 m^3/an). Le scénario escompte une contribution en nature (sable) de la part des riverains au moment de la réalisation.

L'entretien moyen annuel représente aussi un item lourd bien qu'il ne soit escompté qu'à 1%/an du coût initial (boudins remplis de béton). Si les boudins étaient remplis de sable, le coût d'entretien pourrait augmenter considérablement à cause des impacts de la glace en hiver. La recharge périodique qui est requise de même que l'entretien des ouvrages sont à la charge de la communauté. Une plus-value des bâtiments de 15% est escomptée dès le départ, valeur qui devrait, en toute équité, se traduire par des rentrées fiscales additionnelles pour les pouvoirs locaux. Ce gain pour les riverains demeure toutefois marginal dans le bilan d'ensemble. En revanche, la contribution en nature (50% de la recharge initiale) est très significative mais ne permet pas de satisfaire des paramètres d'équité équilibrés. En première approximation, aucun coût direct de la mesure n'est pris en charge par les riverains, sauf la recharge initiale fournie en nature.

9.4.6 Contraintes et limitations

La principale limitation d'un tel scénario est l'obligation pour la Municipalité d'assumer possiblement des coûts d'entretien minimums (1% du coût initial escompté), mais malgré tout importants et de procéder à une recharge compensatoire annuelle (20 000 m^3/an), afin de compenser l'interception des apports actuellement fournis par l'érosion. Les coûts récurrents importants de telles obligations paraissent exorbitants au vu des enjeux à protéger. En un mot, le scénario fait plus ou moins fi du principe de développement durable en acceptant des interventions coûteuses et récurrentes pour maintenir les conditions d'occupation actuelles de la côte. De plus, la quantité annuelle moyenne requise pour la recharge périodique et les coûts d'entretien demeurent des valeurs plus ou moins spéculatives du scénario (et imprévisibles dû au caractère aléatoire des grosses tempêtes) qui laissent planer une incertitude importante sur l'engagement financier qu'il sous-tend.

Tableau 28 : Coût en M$ du scénario P2 – Épis Holmberg généralisé.
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain

MESURES ►	Total		Détail Épis		Recharge	
Longueur visée			3,86	Km	3,86	km
COÛTS ACTUALISÉS	Valeur présente nette		Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	18,32	100%	11,82		6,94	11,82
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	-1,55	-8,4%	-1,55		0,00	-1,55
ÉQUITÉ	0,00	%		%		
Coût pour le gouvernement	9,32	50,9%	8,02	86%	1,30	8,02
Coût pour la communauté	9,08	49,6%	5,19	57%	3,89	5,19
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	1,90	10,3%	0,16	8%	1,74	0,16
Coût direct – Riverains						
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,43	-2,3%				
Coût pour les autres intervenants						

9.4.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes

Le bilan des avantages et inconvénients est similaire à l'option précédente (P1).

9.4.8 Équité – Répartition des coûts et des avantages

On a vu précédemment que les paramètres d'équité demeurent loin d'un patron équilibré, les riverains, malgré une contribution importante en nature et fiscale, d'autant plus que ces contributions sont « diluées » par le coût de construction très élevé. Dans ce scénario, la solution vient d'« en haut » presque exclusivement (communauté et gouvernement). La communauté dans son ensemble bénéficie cependant d'accès multiples à la côte en plus d'une plage réhabilitée.

9.4.9 Variantes possibles

Différentes variantes sont possibles en modulant la portée de la mesure dans l'espace. D'autres options traitées plus loin considèrent ces possibilités (Holmberg Équilibré, option P5)

9.5 Scénario de référence P3 ou $P_{réf}$: Empierrement linéaire généralisé

De plus en plus considérée comme une protection « ultime » aux conséquences difficilement réversibles, quoi qu'on en pense, c'est ce scénario qui a été appliqué traditionnellement, même dans un passé très récent, à l'ouest du Chemin principal le long de la rue Labrie, de même que ponctuellement en face de certaines propriétés. On en retrouve aussi partout autour de la péninsule Manicouagan (ex : Pointe-Lebel). Cette technique est aussi recommandée pour le littoral de Ragueneau (Génivar, 2007). On en connaît maintenant beaucoup mieux les limitations et les inconvénients majeurs : réparations récurrentes, disparition de la plage, effets de bout. Il est tout de même apparu intéressant (pédagogique) d'extrapoler cette forme de protection sur l'ensemble du littoral non protégé de Pointe-aux-Outardes afin d'en mesurer la portée réelle.

9.5.1 Objectifs recherchés

L'objectif est classiquement de blinder la côte afin de mettre à l'abri les éléments vulnérables établis derrière l'ouvrage : infrastructures routières, domaine bâti, etc. La protection joue cependant en sens inverse pour la plage, et le paysage de la côte. L'habitat des myes peut aussi en souffrir en lien avec le régime sédimentaire ainsi perturbé. Ces conséquences non recherchées font nécessairement partie du tableau et doivent être escomptées, soit comme une perte, soit *via* les mesures compensatoires permettant de les éviter.

9.5.2 Caractéristiques générales de l'option

Pour les fins de la démonstration, l'option empierrement a été figurée pour l'ensemble de la côte encore à protéger soit près de 4 km (3,9), soit la même distance que le scénario P1 (Voir le Figure 51, page 123; Zones D+E+F : adresses 178 à 392). Les paramètres de dimensionnement n'ont pas été explorés mais le coût a été établi à une valeur moyenne représentative tel qu'exposé au chapitre précédent. Étant donné que la mesure est très vraisemblablement associée à la perte de la plage, une recharge compensatoire annuelle équivalente à l'érosion actuelle (calculée d'après les taux de recul et les hauteurs de talus moyens) est prévue, sans qu'on soit assuré que ce volume suffirait à maintenir un couloir de plage. Étant donné que toute la cellule morpho-sédimentaire est

soustraite à l'érosion, aucun apport local ne permet de compenser naturellement, même très partiellement, les pertes subies. De plus, ce type d'ouvrage pouvant exiger des réparations relativement lourdes, des coûts récurrents de 3%/an du coût initial sont prévus.

Toute économie sur ce scénario obtenue par des paramètres de dimensionnement inférieurs, le report des opérations d'entretien ou le sacrifice de la plage doit être escomptée autrement, soit par des réparations majeures obligatoires dans la durée de vie de l'ouvrage, une valeur nulle à la fin, ou la perte de la plage pour la communauté. Toute approche ayant pour effet de soustraire un de ces termes équivaut à masquer la réalité et axer la protection sur le court terme.

9.5.3 Risque résiduel

Dan l'hypothèse où l'ouvrage est régulièrement entretenu et qu'une recharge compensatoire est assurée pour compenser la perte de la plage, le risque résiduel de dommages directs au bâti est considéré nul. Autrement, le risque résiduel est représenté par les réparations majeures qui seraient requises tôt ou tard durant la période de référence. La valeur résiduelle à la fin est aussi un levier pour escompter le défaut d'appliquer un programme d'entretien adéquat. En escomptant les coûts inhérents de ce scénario sous la forme de réparations récurrentes, de mesures de compensation (recharge), le risque résiduel de ce type se trouve annulé et le coût de l'ouvrage actualisé en 2038 est déduit du scénario. En revanche, le coût de la recharge périodique qui vise à maintenir les plages est considérable par rapport à la valeur économique de la fréquentation de la plage (voir la section 6.5.6, page 81). Bien que monétarisé pour les fins du calcul, cet avantage demeure avant tout un élément intangible auquel aucun revenu n'est associé, ce qui rend douteux le programme d'entretien des plages escompté ici. De même, nous assumons que l'impact très important des empierrements (avec ou sans recharge périodique) sur l'équilibre sédimentaire de la côte (sans doute la pire des options) est de nature à perturber les habitats coquillers de la batture, et donc compromettre la récolte à terme. Cet enjeu est très significatif monétairement puisqu'il représente des revenus annuels directs de 150 000$ pour la communauté de cueilleurs. Dans le présent scénario, la ressource est réputée perdue, ou non exploitable commercialement au terme de la période de référence. Le déclin est posé linéaire en fonction du temps. Ces deux enjeux sont estimés à 7,59M$ en valeur actualisée.

9.5.4 Bilan des coûts et avantages

Il est bien difficile de trouver quelque avantage à ce scénario étant donné son coût global (25,07M$) et l'ampleur du risque résiduel, du moins les mesures de compensation requises pour en assurer les effets sans conséquences récurrentes et le plus souvent irréversibles. Malgré tout, 7,59M$ de coûts relatifs aux intangibles ou aux coûts indirects sont escomptés. Le seul avantage qu'on peut lui concéder est sa facilité de mise en œuvre à cause de l'expérience technique disponible et d'une procédure environnementale possiblement allégée si le projet n'est pas perçu comme réalisé en milieu hydrique (la berge seulement).

Tableau 29 : Coût en M$ du scénario de protection de référence P3 ou Préf – Empierrement conventionnel généralisé avec recharge compensatoire annuelle
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain

MESURES ►	Total		Détail ►	Empier-rements		Recharge	
Longueur visée				3,86	Km	3,86	km
COÛTS ACTUALISÉS	Valeur présente nette	%		Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	25,07	100%		15,08		10,42	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	7,59	30,3%		7,59			
ÉQUITÉ		%			%		%
Coût pour le gouvernement	3,21	12,8%		3,21	100%	0,00	0%
Coût pour la communauté	14,54	58,0%		4,12	28%	10,42	72%
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	0,16	0,6%		0,16	100%	3,86	km
Coût direct – Riverains	-	0%		-	-	-	-
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,43	-1,7%		-	-	-	-

Nous avons suffisamment fait état des inconvénients pour devoir y revenir ici. Notons seulement que ce scénario ne laisse en transit littoral que la quantité érodée du segment non protégé, à l'extrémité est de la cellule hydro-sédimentaire, soit environ 3500 m^3/an, une valeur très éloignée du minimum transitoire de 20 000 m^3/an proposé précédemment.

9.5.5 Variantes possibles

Compte tenu des impacts, inconvénients et des coûts récurrents considérables imputables à la communauté associés à ce type d'option, aucune variante n'a été considérée.

9.6 Option P4 : Champ d'épis conventionnels (12) – Équilibré – Retrait partiel de la rue Labrie Est

9.6.1 Objectifs recherchés

On vise simultanément à procurer une protection pratiquement aussi efficace que le scénario P1 (Épis conventionnel partout) sauf pour deux segments de côte en érosion qui contribueraient à maintenir l'équilibre sédimentaire du système par des apports récurrents de sable au bilan. L'objectif est de réduire les coûts de recharge initiale (distance réduite) et périodique trop importants dans le scénario P1. Un autre objectif consiste à évaluer la possibilité de compenser les effets de l'empierrement linéaire à l'ouest du quai, plus précisément au voisinage du Parc Nature.

9.6.2 Caractéristiques générales de l'option

Ce scénario ne prévoit pas d'épis vis-à-vis du segment de la rue Labrie jouxtant la côte entre le 294 Labrie Est et le 328 (Voir le Figure 51, page 123; Zone E). Une longueur de 0,87 km de la rue Labrie Est devrait donc être déplacée à terme. Il n'y en aurait pas non plus à l'extrémité Est de la rue Labrie à partir du 360 (extrémité de F) étant donné que l'intervention proposée a des chances de porter fruit au-delà de la protection minimale escomptée. L'apport sédimentaire moyen annuel obtenu de ces deux segments en érosion active satisfait au plancher de 20 000 m^3/an fixé temporairement pour maintenir l'équilibre des apports au niveau de 1998. Par contre, le déplacement de la rue Labrie Est (Zone E), dont le segment non protégé est menacé à court ou moyen terme, est escompté en 2012 pour les fins présentes. On peut aussi espérer que la protection déployée allonge ce délai, mais cette hypothèse n'a pas été prise en compte. Enfin, la mise en place d'épis à l'ouest du quai municipal (Extrémité ouest de la Zone A vers la Parc Nature) mérite qu'on l'analyse méticuleusement afin d'en maximiser les effets sans occasionner d'impacts négatifs sur le bilan sédimentaire plus loin en aval. Une mise en place le plus à l'ouest possible, à l'extrémité de l'empierrement linéaire ou plus loin encore, paraît indiquée.

9.6.3 Traitements spécifiques

Les épis expérimentaux prévus à l'ouest du quai municipal doivent faire l'objet d'une analyse de positionnement et d'un suivi technique. La recharge initiale est établie à 90 m^3/m de côte tel que déjà spécifié. La recharge périodique n'est pas escomptée étant donné l'apport sédimentaire résiduel suffisant (supérieur à 20 000 m^3/an), obtenu par les segments avec peu ou pas de vulnérabilité résidentielle qu'on laisse en érosion. Il est à noter que le volume de sable requis peut avantageusement être réduit si le sable de recharge est préalablement tamisé afin d'en éliminer les particules fines facilement emportées au large lors de tempêtes.

9.6.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel

L'effet de protection attendu a une portée réduite face aux scénarios « mur à mur » présentés précédemment dans la mesure où l'on accepte de devoir déplacer la rue Labrie sur 0,87 km plutôt que de protéger la côte à cet endroit, en plus de laisser d'autres segments de côte (majoritairement des terrains vacants) à l'érosion. Du point de vue du bâti, aucune menace de déplacement n'est prévue à moyen et long termes, les bâtiments situés au-delà du 360 étant en général localisés assez loin de la côte en recul (marges de recul). Il est également possible, mais non escompté ici, que la protection installée répercute ses effets au-delà de la zone ciblée (360 et plus). Concernant les avantages tels que la fréquentation des plages et le paysage côtier, l'option vise justement à les protéger en restaurant un équilibre sédimentaire acceptable. Nous convenons que le paysage côtier peut être impacté par la présence d'épis; en revanche, nous escomptons que le maintien des plages et un aménagement adéquat des talus (re-végétalisation) sont de nature à compenser cet impact. Il en est de même de l'habitat des myes dont la disponibilité est vraisemblablement liée aux perturbations du milieu qu'on cherche à limiter avec cette option. C'est pourquoi l'option P4 est assortie d'avantages importants à ces différents niveaux.

9.6.5 Bilan des coûts et avantages

Les coûts estimés de ce scénario (Tableau 30) dépendent des items considérés notamment, l'impact sur la valeur marchande, et la contribution « en nature » attendue du secteur riverain, significative dans ce scénario et les avantages escomptés au niveau des plages. Le bilan des coûts et avantages du scénario est de 2,4M$.

9.6.6 Contraintes et limitations

Parmi les contraintes sur ce scénario, notons le besoin de recharge initiale déjà mentionné, la nécessité de conduire un suivi géomorphologique et sédimentaire pour valider les hypothèses de conception (ré-équilibrage) ainsi que le suivi environnemental (écologique) relatif aux habitats (zostère marine, bancs coquilliers). Cette remarque vaut d'ailleurs pour tous les scénarios de ce type. Une contrainte minimale de 20 000 m^3/an proposée pour l'apport sédimentaire résiduel est appliquée ce qui implique le maintien d'un minimum de zones en érosion.

9.6.7 Avantages et/ou inconvénients

En plus des objectifs recherchés, d'autres avantages sont inhérents au scénario : la possibilité d'établir un meilleur équilibre entre les contributions fournies et les avantages obtenus. La possibilité d'obtenir 50% de la recharge initiale à même la côte (chemins d'accès, reprofilage des talus) contribue à établir de bons paramètres d'équité. Le maintien d'un apport sédimentaire minimum supérieur à 20 000 m^3/an (20 000 à 24 500; voir la Figure 52) à partir de segments peu vulnérables et non protégés favorise l'équilibre sédimentaire de la côte et des zones situées en aval de la cellule ou sur la batture adjacente. Le scénario a aussi le potentiel de minimiser les tensions sociales puisqu'il tente de répondre à l'attente exprimée de plusieurs citoyens engagés, que l'accessibilité à la côte est favorisée pour la communauté et qu'on travaille à réhabiliter voire améliorer les plages. Enfin, la restauration de l'équilibre sédimentaire (recherchée par l'option)

est de nature à maintenir à son niveau actuel la disponibilité de l'habitat des myes, donc à préserver cet avantage tangible et récurrent pour les nombreux cueilleurs commerciaux.

9.6.8 Équité – Répartition des coûts et avantages entre les parties prenantes

Bien que l'équité des coûts et des avantages semble attribuer au gouvernement l'essentiel des coûts (89,7%), ce diagnostic est trompeur dans la mesure où les avantages intangibles (monétarisés) sont très importants dans le bilan et réduisent la base de comparaison (bilan des coûts et avantages). En pratique, une contribution très significative (en nature) est attendue des riverains et de la communauté afin de réduire les coûts directs. En fin de compte, l'option présente un tableau d'équité très favorable une fois pris en compte l'ensemble des items du bilan.

9.6.9 Variantes possibles (P4.1, P4.2)

Une variante plus économique consisterait à reprendre l'option P4 mais *en soustrayant la recharge initiale du/des épis considérés à l'extrémité ouest de l'empierrement linéaire* (P4.1). En effet, nous escomptons que le transit littoral se stabilise assez rapidement autour des valeurs d'équilibre proposées. Toutefois, dans la phase transitoire suivant l'implantation d'épis à l'est du quai et la recharge initiale correspondante, on s'attend aussi à ce que le transit littoral s'accroisse le temps que le remaniement des matériaux placés entre les épis s'accomplisse. Cet excès de sable qui devrait quitter le champ d'épis vers l'ouest pourrait être partiellement capté à court terme sans nuire à long terme au transit littoral vers les zones situées en aval de la cellule (estuaire aux Outardes et batture adjacente). Une telle option retirerait près de 200 m de côtes à recharger initialement, réduisant ainsi le bilan des coûts et avantages de près de 0,18K$ et le portant à **2,22 M$** (toutes autres considérations demeurant égales). Par contre, il est possible d'escompter des avantages tangibles pour le Parc Nature, items qui n'ont pas pu être comptabilisés monétairement.

Dans le même ordre d'idée, une autre variante de P4 (P4.2) consisterait à ajouter un épi à P4 (donc 2 épis à l'ouest du quai, soit contigus à l'ouest de l'empierrement existant, ou distancés aux extrémités de celui-ci) et en éliminant de nouveau la recharge initiale correspondante (400 m). Une protection additionnelle de 200 m serait ainsi obtenue pour un coût inférieur de 0,04K$ par rapport à P4 en plus d'améliorer la rétention du transit. Il faut cependant faire attention au risque de déficit sédimentaire en aval des derniers épis qui pourrait transitoirement induire des impacts sur l'équilibre de l'estuaire aux Outardes et de la batture adjacente. Une approche graduelle accompagnée d'un suivi technique rigoureux pourrait être indiquée.

D'autres variantes de ce scénario consisteraient à substituer les épis conventionnels par des épis Holmberg, toutes choses étant égales par ailleurs. Cette possibilité fait l'objet de l'option P5 ci-après. D'autres possibilités ont trait à la portée spatiale de l'aménagement qui peut être moins étendue (P6 – Épis Réduit), voire laisser place au retrait de bâtiments (MX1). Ces variantes sont aussi analysées plus loin.

Tableau 30 : Coût du scénario en M$ – Champ d'épis Équilibré avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P4.
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain

MESURES ►	**Total**		**Détail ►**	**Déplacement Rue Labrie**		**Champ d'épis**		**Recharge compensatoire**	
Longueur visée				0,87	Km	2,40	km	2,40	km
COÛTS ACTUALISÉS	Valeur présente nette	%		Valeur présente nette		Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	2,40	100%		0,63		-0,09		2,16	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	-1,55	-64,3%		-		-1,55		-	
ÉQUITÉ		%			%		%		%
Coût pour le gouvernement	2,16	89,7%		0,47	22%	0,87	40%	0,81	38%
Coût pour la communauté	0,90	37,5%		0,16	17%	0,47	53%	0,27	30%
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	1,19	49,5%		-		0,11	9%	1,08	91%
Coût direct – Riverains	-	0%		-	-	-	-	-	-
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,30	-12,4%		-	-	-	-	-	-

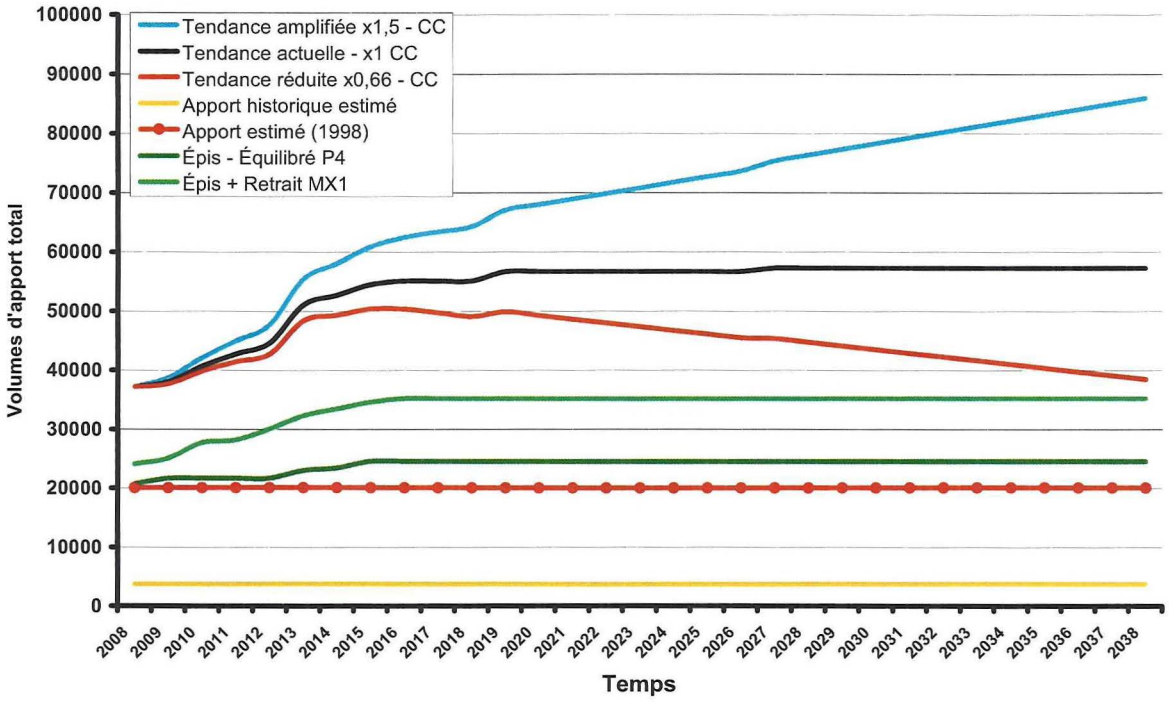


Figure 52: Prévision de l'évolution des apports sédimentaires nets selon le scénario

9.7 Option P5 : Champ d'épis Holmberg (12) – Équilibré

9.7.1 Objectifs recherchés

Les objectifs sont les mêmes que pour les épis conventionnels (Scénario P4) en plus de faire l'objet d'un projet pilote visant à tester cette approche dans notre climat.

9.7.2 Caractéristiques générales de l'option

Ce sont les mêmes que le scénario P4 sauf pour le choix du type d'épis. Des épis sont installés sur 2,4 km en des segments non vulnérables (pour le bâti résidentiel), incluant près du parc Nature (Voir le Figure 51, page 123; Partie de la zone A, zone D et partie de F). La rue Labrie est déplacée sur près de 0,87 km (Zone E). Une recharge initiale de 90 m^3/m est prévue dans les segments protégés par les épis.

9.7.3 Traitements spécifiques

On s'assure de maintenir un transit sédimentaire suffisant, c'est-à-dire supérieur à 20 000 m^3/an (La courbe Épis Équilibré - P4 sur la Figure 52). Faute d'indication contraire dans les documents

disponibles, nous n'avons pas de raison de croire que ce type d'épis pourrait mieux retenir le transit sédimentaire que les épis conventionnels. Les résultats escomptés sont donc les mêmes.

9.7.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel

Ce scénario ne diffère pas en principe de celui des épis conventionnels.

9.7.5 Bilan des coûts et avantages

Le bilan actualisé de l'option ressemble au scénario P4 (Tableau 31); seul le coût unitaire au kilomètre change. Le bilan de l'option se monte à 9,26 M$, montant comportant une bonification des plages et la préservation de la ressource myes. Ce coût net est bien sûr très inférieur au scénario P2 (Holmberg partout) dû au fait que sa portée est réduite et que le maintien de segments actuellement en érosion évite de devoir recharger annuellement le champ d'épis. Le prix à payer pour ce faire est le déplacement en 2012 de la rue Labrie sur 0,87 km (Zone E) qui deviendrait menacée à moyen terme (escomptée en 2012). Il est également possible que les coûts d'entretien (1% du coût initial annuellement) puissent différer à la hausse par rapport aux épis conventionnels dû au fait qu'ils sont protégés par un brevet et l'exclusivité du droit d'installation par une firme spécialisée. Encore là, les conséquences sur les coûts d'entretien ne sont pas connues et les valeurs sont fournies à titre indicatif.

9.7.6 Contraintes et limitations

Ce sont les mêmes que le scénario P4 auxquelles s'ajoutent des précautions additionnelles concernant le suivi de l'ouvrage.

9.7.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes

Mis à part les coûts totaux qui semblent hors de proportion par rapport aux enjeux économiques réels, le scénario comporte l'avantage de répondre à une demande de certains milieux pour expérimenter ce type d'approche. Autrement, les avantages et inconvénients sont typiquement les mêmes que pour le scénario P4 (Épis conventionnels Équilibré).

Tableau 31 : Coût en M$ du scénario de protection – Champ d'épis Holmberg (Option Équilibrée) avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P5.
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain

MESURES ►	**Total**		**Détail ►**	**Déplacement de la rue Labrie**		**Champ d'épis**		**Recharge compensatoire**	
Longueur visée				0,87	km	2,40	km	2,40	km
COÛTS ACTUALISÉS	Valeur présente nette	%		Valeur présente nette		Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	9,26	100%		0,63		6,77		2,16	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	-1,55	-16,7%				-1,55		0,00	
ÉQUITÉ		%			%		%		%
Coût pour le gouvernement	6,27	67,7%		0,47	8%	4,99	80%	0,81	13%
Coût pour la communauté	3,64	39,3%		0,16	4%	3,22	88%	0,27	7%
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	1,19	12,9%				0,11	9%	1,08	91%
Coût direct – Riverains	0,00	0,0%							
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,30	-3,2%							
Coût pour les autres intervenants	0,00	0,0%							

9.7.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes

Bien que la contribution escomptée du secteur riverain demeure la même que le scénario P4 (recharge initiale et fiscalité), le coût nettement supérieur de cette solution par rapport à d'autres implique une équité beaucoup moins avantageuse pour les autres intervenants qui verraient leur contribution augmenter considérablement en comparaison.

9.7.9 Variantes possibles

Considérant les coûts inhérents de l'option, même réduite en portée, aucune autre variante de champ d'épis de type Holmberg n'a été considérée.

9.8 Option P6 : Champ d'épis conventionnels (11) – Réduit – Retrait partiel de la rue Labrie Est

9.8.1 Objectifs recherchés

Bien que l'option P4 demeure sans doute la plus intéressante, voire la plus appropriée à l'égard de l'équilibre sédimentaire, l'objectif du présent scénario est de réduire les coûts d'installation des épis en raccourcissant la distance couverte par la mesure. Dans l'option P5, c'est l'ouvrage à l'ouest du quai municipal qui est retiré de l'option P4. De ce fait, l'autre objectif de P4, soit d'expérimenter la compensation des effets de l'empierrement linéaire à l'ouest du quai, n'est pas retenu ici.

9.8.2 Caractéristiques générales de l'option et traitements spécifiques

Ce sont essentiellement les mêmes que l'option P4 de laquelle on soustrait les épis (1 en l'occurrence) placés à l'ouest du quai, possiblement vers le Parc Nature, à l'extrémité ouest de l'empierrement linéaire de la rue Labrie (Voir le Figure 51, page 123; Zone A). La recharge initiale est établie à 90 m^3/m de côte tel que déjà spécifié. Aucune recharge périodique n'est escomptée étant donné l'apport sédimentaire résiduel suffisant (plus de 20 000 m^3/an), obtenu par les segments non protégés ne comportant pas de bâti vulnérable et actuellement en érosion.

9.8.3 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel

Les effets positifs attendus de cette option sont essentiellement les mêmes que P4 et P5. Bien sûr, la soustraction des épis à l'ouest du quai ne permet pas de tester la possibilité de remédier aux impacts négatifs de l'empierrement linéaire, ni d'essayer de retenir le transit sédimentaire avant sa sortie du système côtier. Par contre, la protection déjà procurée par l'empierrement, malgré des ses inconvénients, limite les gains possibles par l'ajout d'épis. Par contre, des épis pourraient contribuer à prolonger la vie utile des empierrements et en réduire les coûts d'entretien. Cet aspect n'a pas été escompté dans les calculs.

9.8.4 Bilan des coûts et avantages

Les coûts estimés de ce scénario (Tableau 32) dépendent des items considérés, notamment l'impact sur la valeur marchande, et la contribution « en nature » attendue du secteur riverain, significative dans ce scénario et bien sûr, les avantages escomptés au niveau des éléments intangibles (fréquentation des plages qui est bonifiée par une accessibilité accrue, protection de l'habitat des myes). Le coût total du scénario incluant la contribution en nature est de 2,85M$. La différence défavorable par rapport à P4 (Épis Équilibré) tient au fait que les avantages liés à la réhabilitation de la plage couvrent une distance inférieure dans P6. De même, si l'on considère les variantes de P4 (P4.1 ou P4.2) qui n'incluraient pas de recharge initiale pour le (ou les) épis à l'ouest du quai, le bilan comparatif de ces variantes paraît encore plus avantageux par rapport à P6.

9.8.5 Contraintes et limitations

Ce sont les mêmes que P4 mis à part le caractère expérimental des épis à l'ouest du quai qui nécessiterait un suivi technique afin d'en évaluer l'efficacité.

9.8.6 Avantages et/ou inconvénients

En plus des avantages et inconvénients déjà identifiés, le principal avantage de cette option est la réduction du coût direct de construction par rapport à l'option P4 dont elle constitue en quelque sorte une réduction. Par contre, on pourrait perdre l'avantage de chercher à remédier aux effets pervers et au coût d'entretien des empierrements linéaires, notamment au voisinage du Parc Nature. Cet avantage ne serait perdu que dans la mesure où l'effet anticipé d'épis à l'ouest du quai se serait avéré.

9.8.7 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes

L'équité des coûts et des avantages ne change pas vraiment par rapport à P4. Le secteur riverain participerait encore à hauteur significative (fiscale et en nature) à la solution.

Tableau 32 : Coût en M$ du scénario de protection – Champ d'épis Réduit avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P6.
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain

MESURES ►	**Total**		**Détail ►**	**Déplacement de la rue Labrie**		**Champ d'épis**		**Recharge compensatoire**	
Longueur visée				0,87	km	2,19	km	2,19	km
COÛTS ACTUALISÉS	Valeur présente nette	%		Valeur présente nette		Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	2,85	100%		0,63	17%	0,51		1,97	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	-0,82	-28,7%			16%	-0,82		-	
ÉQUITÉ	0,00	%			%		%		%
Coût pour le gouvernement	2,01	70,3%		0,47	24%	0,79	40%	0,74	37%
Coût pour la communauté	0,84	29,5%		0,16	19%	0,44	52%	0,25	29%
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	1,08	37,8%		-		0,09	9%	0,98	91%
Coût direct – Riverains	0,00	0,0%							
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,25	-8,9%							
Coût pour les autres intervenants	0,00	0,0%							

9.9 Option de référence - Retrait généralisé graduel avec assistance financière du PGMS – Scénario R1 ou $R_{réf}$

Nous entrons ici dans une nouvelle catégorie de mesures consistant à répondre à la problématique d'érosion en retirant de la côte les éléments les plus vulnérables et en n'utilisant pas de mesures de protection additionnelle. Le principal cas de figure est constitué de mesures de retrait assistées financièrement (les paramètres du Programme général pré-établi d'Assistance financière – Mouvements de sols ou PGMS). Cette option constitue un des scénarios de référence. En effet, avec l'approche gouvernementale ayant eu cours à ce jour, les pouvoirs publics ont toujours l'option de renoncer à contrer les forces de la nature et de protéger les riverains et le bâti par des mesures de retrait. Les principales mesures de retrait sont l'allocation de départ, le déplacement du bâtiment et la relocalisation des infrastructures de voirie et de service (voir la section 7.1, page 84).

9.9.1 Objectifs recherchés

L'objectif recherché ici est d'abord de sauver les bâtiments qui peuvent l'être à temps en les déplaçant en un lieu sûr. Un objectif ultime est de protéger les personnes lorsque les talus se rapprochent des bâtiments (marge de recul) et que la perte de ceux-ci devient imminente. Un objectif secondaire est de maintenir les infrastructures publiques essentielles aux populations résidentes à l'est de la rue Labrie. Ces mesures sont souvent considérées comme des gestes ultimes en matière de gestion des risques. Dans la mesure du possible, les relocalisations doivent se faire dans des lieux qui préservent ou restaurent, au bénéfice des riverains déplacés, une qualité de vie acceptable et, si possible, comparable à la situation antérieure. Évidemment, plus le retrait s'effectue hors des zones menacées à long terme, plus ce genre de mesure comporte d'avantages durables.

9.9.2 Caractéristiques générales de l'option

La question qui se pause est surtout liée à la séquence de mise en œuvre de ces mesures et leur portée spatiale. Si la séquence est plus ou moins dictée par l'imminence de mouvements de sol et par l'exposition des infrastructures et des bâtiments (marges de recul), la portée de l'application des mesures peut dépendre si l'on opère à la pièce (à la limite de l'imminence pour chacun des cas) ou si l'on table sur une économie d'échelle en procédant collectivement. Ici, les mesures sont escomptées une à la fois.

Voici la configuration de l'option R_1 ou $R_{réf}$:

1. Déplacement parallèle d'un segment 0,87 km de 60 m vers le nord de la rue Labrie Est: le segment le plus menacé actuellement entre le 294 et le 328 (Secteur E; voir la Figure 51, page 123) en 2012
2. Déplacement parallèle d'un segment de 0,7 km de la rue Labrie Est à l'est du Chemin principal dans 15 ans environ (partie du Secteur D)

3. À court terme, allocation de départ (PGMS) pour quelques résidences dont la marge de recul n'en permet plus le déplacement sécuritaire (4 unités)
4. À moyen et à long terme, déplacement des bâtiments au fur et à mesure que leur marge de recul commande un tel déplacement (31 au total), sinon c'est l'allocation de départ qui prévaut. Dans certains cas, le déplacement peut être effectué sur le même terrain, lorsque l'espace disponible le permet
5. Les résidences menacées pourraient être relocalisées le long d'un des deux segments déplacés de la rue Labrie Est, du côté nord de celle-ci.

9.9.3 Traitements spécifiques

La question primordiale qui s'est posée (parmi plusieurs) est la portée de cette stratégie. Devait-on considérer les résidences situées du côté nord de la rue Labrie comme candidates à ces mesures durant la période de référence (30 ans)? La réponse a été négative car il n'est pas prévu que ce déplacement soit requis dans l'horizon mentionné. Les calculs ont donc été réalisés en ne considérant que le retrait des bâtiments du côté sud. Toutefois, cette stratégie de retrait comporte la relocalisation de 0,7 km de la rue Labrie Est à partir du Chemin principal (186) jusqu'au 236. Ce faisant, les propriétés actuellement placées du côté nord de la rue se retrouveraient du côté sud, avec pour effets de transformer les cours arrière en devantures, d'inverser les entrées de garage le cas échéant, et de devoir reconnecter tous les services publics par l'arrière des bâtiments. De surcroît, cette opération risque de n'être que temporaire puisque, tôt ou tard, il faudra envisager de déplacer aussi ces bâtiments de l'autre côté de la nouvelle rue Labrie, occasionnant une double dépense eu égard aux services publics. Bien qu'il eût semblé préférable de figurer l'option dans sa vraie portée temporelle, supérieure à 30 ans à cause du risque résiduel mentionné, l'occurrence de ces conséquences ultimes ne peut être escomptée à l'intérieur de l'horizon de 30 ans.

Bien sûr, ce scénario pause plusieurs difficultés comme l'acquisition de terrains disponibles et sécuritaires, hors de la zone réglementée (Règlement de Contrôle intérimaire ou RCI), l'allocation équitable de ces terrains, les coûts directs importants et le traumatisme psychologique imposés à la communauté des riverains et le peu de compensations offertes à l'ensemble de la communauté qui devrait continuer de vivre les difficiles tensions sociales que cette option génère ainsi que les impacts environnementaux relatifs à la situation actuelle de l'érosion. Ainsi, nous escomptons que le déséquilibre sédimentaire actuel qui va continuer de s'aggraver est de nature à impacter de plus en plus les habitats coquilliers et d'en réduire les rendements de ceuillete sans toutefois éliminer la ressource (hypothèse de -50% à la fin de la période de référence). Concernant les plages, l'accroissement des apports dus à l'érosion contribuerait à les maintenir en place naturellement. Il s'agit donc d'un avantage préservé.

9.9.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel

En réduisant l'exposition des bâtiments à l'érosion au fur et à mesure du besoin, cette option annihile pratiquement le risque de dommages directs au bâti sur l'horizon de l'étude. Par contre, le risque à court terme demeure pour les unités vulnérables tant qu'une mesure de retrait ou

l'autre n'est pas appliquée, ce qui pourrait laisser l'impression que le problème n'est pas réglé et qu'il perdure. De plus, concernant l'équilibre sédimentaire de la côte dont nous avons dit qu'il subissait déjà une forte hémorragie de sédiment, l'augmentation prévue de la longueur de côte en activité va continuer d'aggraver la situation et possiblement précipiter les conséquences évoquées. On doit aussi escompter un impact sur la cueillette des myes.

9.9.5 Coûts estimés de réalisation

Le coût de réalisation se monte à 3,62M$ (Tableau 33) et comporte une légère plus-value pour les propriétés riveraines déplacées (140 K$). Cette majoration qui donne lieu à des revenus fiscaux additionnels s'explique par la nouvelle sécurité ainsi obtenue en plus des rénovations majeures importantes des propriétés visées (nouvelles fondations, fosses septiques, entrées électriques possiblement, etc,). Par contre, la perte d'avantages reliée à la vue directe sur les paysages marins et aux habitats coquillers sont très significatifs (1,08M$). L'option Retrait entraîne aussi des dépenses directes importantes pour les riverains (les items non admissibles) dont la proportion peut atteindre (hypothèse) 30% de la valeur au rôle. De plus, le scénario escompte une perte de valeur d'utilité pour les riverains devant accepter une allocation de départ (perte du bâtiment). Bien que les frais d'administration de la Municipalité ne soient pas escomptés ici, on peut facilement imaginer tous les tracas et ressources supplémentaires récurrentes qui seraient requises sur le long terme pour appliquer cette option.

Dans ce scénario, le coût pour la communauté est surtout entraîné par le déplacement de la rue Labrie Est et le coût (non escompté) des ressources humaines requises pour gérer le déplacement de plus de 30 unités de logement. Autrement, l'essentiel des coûts est assumé par le PGMS et par les propriétaires concernés. Pour tous les intervenants, les coûts semblent hors de proportion. On notera que, si la communauté serait largement sollicitée pour la mise en œuvre de l'option tant sur le plan financier que psychosocial, on compte très peu de mesures de compensation qui pourraient faciliter l'acceptation du scénario.

9.9.6 Contraintes et limitations

Les contraintes sont liées à la disponibilité de terrains sécuritaires et économiques à proximité des zones à relocaliser en vue de minimiser les coûts de déplacement. On peut difficilement envisager le déplacement économique de bâtiments sur des distances trop longues du point de départ à cause des fils à déplacer et des perturbations transitoires à la libre circulation des véhicules. Une action groupée est donc de loin préférable au travail à la pièce à cause des économies d'échelle.

Une limitation est aussi formée par le besoin de restaurer un milieu de vie équivalent à l'ancien dans la nouvelle situation. Cet aspect représente, à notre avis, une condition *sine qua non* de la faisabilité de cette option.

9.9.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes

Le scénario semble comporter plus d'inconvénients que d'avantages, notamment :

- Le maintien (l'entretien) d'une situation difficile à vivre pour les individus et à gérer pour les autorités, ce sur toute la période de référence de l'étude (30 ans), voire plus encore

- Les coûts importants (probablement excessifs pour plusieurs) pour tous les groupes d'intervenants
- La non résolution des impacts environnementaux cumulatifs subis par la côte dû au déséquilibre sédimentaire qui continue de s'aggraver.

Du côté avantages, on compte :

- Le contrôle complet du risque de dommages directs à long terme (durabilité)
- L'absence de programme d'entretien d'infrastructures de protection (sauf les structures actuelles)

Tableau 33 : Coûts du scénario de référence– Retrait généralisé avec assistance financière du PGMS – Scénario R_1 ou $R_{réf.}$
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur entre parenthèse indique un gain

MESURES	**Total**		**Détail**	**Allocation de départ**		**Déplacement de bâtiments**		**Déplacement de la rue Labrie**	
Longueur ou unités visées				5	[ ]	31	[ ]	1,56	km
COÛTS ACTUALISÉS	Valeur présente nette	%		Valeur présente nette		Valeur présente nette		Valeur présente nette	
Coût total du scénario pour les intervenants	3,62	100%		0,46		2,35		0,96	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	1,08	29,7%		0,05		1,03			
ÉQUITÉ		%			%		%		%
Coût pour le gouvernement	1,94	53,4%		0,19	10%	1,03	53%	0,72	37%
Coût pour la communauté	0,26	7,3%		0,06	23%	-0,04	-14%	0,24	91%
Impact fiscal et contribution en nature – Riverains	0,04	1,0%		0,00	0%	0,04	0%		0%
Coût direct – Riverains	0,45	12,5%		0,16	35%	0,29	65%		0%
Perte ou gain net de valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,14	-3,9%							
Coût pour les autres intervenants									

9.9.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes

Par l'effort financier attendu des propriétaires visés (coûts directs, fiscalité), le scénario atteint un degré intéressant d'équité. Par contre, la contribution attendue se traduisant par des items monétaires (par rapport à « en nature »), on peut douter de la faisabilité financière de ce scénario pour plusieurs individus. La conséquence pourrait être un effort financier accrue exigé de la communauté qui ferait alors preuve d'une solidarité additionnelle. Est-ce-réaliste et équitable? La question reste posée.

9.9.9 Variantes possibles

Les seules variantes possibles pour ce scénario pourraient consister à hausser certains paramètres du programme PGMS, notamment le plafond d'assistance limité actuellement au minimum de la valeur au rôle ou 100 000$. Par contre, même en haussant ce paramètre à 125 000$ par exemple, le bilan de l'option changerait très peu puisque la valeur au rôle des propriétés dépasse rarement 100 000$ à Pointe-aux-Outardes à cause de divers facteurs dont nous avons discuté ailleurs dans le rapport. Par contre, les propriétaires se voyant offrir une allocation de départ pourraient voir celle-ci majorée à une *valeur de parité*, par exemple à mi-chemin entre la valeur au rôle et le plafond du programme. Cette mesure demeurerait toutefois marginale dans le coût total de l'option puisque seulement 5 unités de logement sont concernées par l'allocation de départ. Cette option peut aisément être calculée mais nous ne l'avons pas considérée ici.

En revanche, dans un milieu bénéficiant d'une meilleure évaluation (ex : quartiers récents), une telle possibilité pourrait avoir des conséquences financières plus significatives.

9.10 Option mixte MX1 – Protection minimale par un champ d'épis (7)-Retrait partiel de la rue Labrie et de résidences exposées

Nous entrons ici dans une nouvelle catégorie de mesures consistant à répondre à la problématique d'érosion en combinant des mesures de retrait (bâtiments et portions d'infrastructure) avec des mesures de protection axées sur les épis et la recharge de plage. L'estimation des mesures de retrait est conforme aux paramètres du PGMS tandis que les mesures de protection relèvent de l'atténuation des risques.

9.10.1 Objectifs recherchés

Les objectifs recherchés ici sont ceux des mesures correspondantes :

1. d'abord tendre vers un ré-équilibrage du bilan des apports sédimentaires à un niveau supérieur à 20 000 m^3/an par la mise en place de protections douces
2. protéger les personnes lorsque les marges de recul des bâtiments mettent leur sécurité en péril (imminence de mouvement de sol),
3. sauver les bâtiments qui peuvent l'être à temps en les déplaçant en un lieu sûr.

4. sécuriser en les déplaçant les infrastructures publiques nécessaires aux résidences qui subsistent.

Dans la mesure du possible, les relocalisations doivent se faire dans des lieux qui préservent ou restaurent, au bénéfice des riverains déplacés une qualité de vie acceptable, et si possible comparable à la situation antérieure.

9.10.2 Caractéristiques générales de l'option

Comme le scénario précédent (Retrait généralisé), la question qui se pause est surtout liée à la séquence de mise en œuvre de ses mesures et leur portée spatiale. La séquence d'application des mesures de retrait est plus ou moins dictée par l'imminence de mouvements de sol, tant pour les infrastructures que pour les bâtiments. Pour nos calculs, l'année d'application de la mesure correspond à une valeur de marge de recul minimale des bâtiments de 7 m qui, si elle était dépassée, entraînerait un changement de mesure (allocation de départ plutôt que déplacement de bâtiment). En revanche, on peut espérer des économies d'échelle si les déplacements sont groupés dans le temps et l'espace.

Voici la configuration de l'option MX1 :

1. Champ d'épis de 1,5 km (8 ouvrages) aux 200 m entre le quai municipal et le 294 (Secteur D; voir la Figure 51, page 123); aucun à l'ouest du quai (Zone A) ou à l'est du 294 Labrie est (Zones E, F et G)
2. Déplacement parallèle de 60 m vers le nord de 1,38 km de la rue Labrie Est, le segment le plus menacé actuellement étant situé entre le 294 et le 328 (Secteur E; date fixée en 2012)
3. À court terme, allocation de départ (PGMS) pour quelques résidences dont la marge de recul ne permet plus le déplacement sécuritaire (3 unités)
4. À moyen et à long terme, déplacement de certains bâtiments (Zone F) au fur et à mesure que leur marge de recul commande un tel déplacement (12 au total), sinon c'est l'allocation de départ qui prévaudrait quelques années plus tard. Dans certains cas, le déplacement peut être effectué sur le même terrain, lorsque l'espace disponible le permet.
5. Les résidences seraient déplacées au nord du nouveau segment de la rue Labrie

9.10.3 Traitements spécifiques

Ce scénario implique :

1. l'acquisition de terrains disponibles et sécuritaires au nord de la rue Labrie, vis-à-vis du déplacement envisagé, hors de la zone réglementée (Règlement de Contrôle intérimaire ou RCI)
2. l'allocation équitable de ces terrains aux propriétaires déplacés
3. des coûts directs importants pour ces personnes (frais non admissibles, perte de valeur d'utilité)

4. pour le calcul, les mesures sont appliquées à la date probable selon l'évolution de la marge de recul

9.10.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel

Le risque résiduel est maîtrisé dans tous les cas puisque l'on assure une protection des biens par des mesures de protection ou en les déplaçant. L'érosion est rabattue à une valeur d'environ 25 000 m^3/an à cour terme; par contre, des sections de côte non protégées à l'est de la rue Labrie Est s'activeraient tôt ou tard pour porter l'apport sédimentaire à environ 35 000 m^3/an, une valeur assez voisine de l'apport moyen actuel. Dans ce scénario, 3 résidences ne sont plus déplaçables forçant leur propriétaire à accepter une allocation de départ. 12 résidences devraient être déplacées dont 7 le seraient sur le terrain d'origine.

9.10.5 Bilan des coûts et avantages

Le bilan actualisé de cette option (Tableau 34) se monte à 3,53M$. Une bonification des avantages est escomptée au niveau de la fréquentation de la plage à cause d'une accessibilité accrue pour la communauté et de la protection obtenue de cet attribut. Dans ce scénario, le coût pour la communauté est surtout entraîné par les mesures d'atténuation du risque (épis, déplacement de la rue Labrie, recharge). Autrement, l'essentiel des coûts est assumé par un Protocole d'Application de Solution (PAS), le programme d'assistance financière pour le retrait n'étant sollicité que marginalement.

9.10.6 Contraintes et limitations

La relocalisation des bâtiments doit s'effectuer à courte distance autant que possible afin de minimiser les difficultés du déménagement, et dans un lieu offrant certains avantages par rapport à la distance à la côte (assez près) sans représenter un risque à long terme. Une possibilité serait de déménager les bâtiments au nord de l'emprise de la rue Labrie déplacée de 60 m, ce qui signifie à environ 80 m du trait de côte. L'usage actuel est agricole ou forestier. Comme pour toute solution de retrait, restaurer un milieu de vie équivalent à l'ancien est toujours préférable.

Tableau 34 : Coûts en M$ du scénario de référence MX1– Combinaison de champ d'épis et de mesures de retrait avec assistance financière du PGMS.
Les montants indiqués sont en *valeur présente nette* (VPN). Une valeur en parenthèse indique un gain.

MESURES ►	Total		Détail	Allocation de départ		Déplacement de bâtiments		Rue Labrie déplacée		Épis		Recharge	
Longueur ou nombre visés				3	[ ]	13	[ ]	1,38	km	1,50	km	1,50	km
BILAN ACTUALISÉ	VPN	%		VPN		VPN		VPN		VPN		VPN	
Coût total du scénario pour les intervenants	3,53	100%		0,21		0,93		1,00		0,29		1,35	
Autres valeurs (plages, paysage, myes)	-0,28	-7,9%		0,03		0,31				-0,62			
ÉQUITÉ	0,00	%			%		%		%		%		%
Coût pour le gouvernement	2,37	67,2%		0,09	4%	0,48	20%	0,75	32%	0,55	23%	0,51	21%
Coût pour la communauté	0,72	20,4%		0,03	4%	-0,02	-3%	0,25	35%	0,29	41%	0,17	23%
Impact fiscal et en nature – Riverains	0,76	21,7%				0,02	0%			0,07	9%	0,68	88%
Coût direct – Riverains	0,21	5,9%		0,07	34%	0,14	66%						
Valeur marchande ou d'utilité - Riverains	-0,26	-7,3%											
Coût direct – Autres	0,00	0,0%											

9.10.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes

Le scénario comporte la plupart des avantages de l'option champ d'épis Équilibré (P4) mais il comprend également des inconvénients inhérents à toute solution de retrait. Parmi les avantages, on compte notamment :

- Un contrôle quasi-complet du risque à long terme
- Des plages mieux protégées

Par contre, les inconvénients suivants demeurent :

- La gestion des déplacements qui s'étale sur le long terme
- Des coûts directs importants pour les riverains déplacés (probablement excessifs pour certains) et des investissements majeurs pour la communauté
- La non résolution des impacts environnementaux cumulatifs subis sur la côte et la batture dû au déséquilibre sédimentaire principalement d'origine anthropique subi par la côte. La Figure 13 (page 35) montre que les apports sédimentaires par l'érosion seraient rabattus à court terme à environ 24 000 m^3/an pour ensuite reprendre une courbe ascendante jusqu'à 35 000 m^3/an en 2015, une valeur similaire à la situation actuelle de déséquilibre

9.10.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes

En termes d'équité, ce scénario semble relativement équitable sans être le meilleur de ce point de vue, d'autant plus que dans le groupe Riverains, certains vont bénéficier d'une protection qui leur permet de demeurer des riverains sans devoir contribuer aux coûts directs de réalisation (contribution en nature attendue) tandis que d'autres perdraient cet avantage particulier en plus de devoir assumer des coûts directs importants (frais non admissibles).

9.10.9 Variantes possibles

Aucune variante n'a été considérée.

9.11 Résumé

Traitement des scénarios. Certains scénarios présentant différentes possibilités pour remédier au risque d'érosion sont introduits et brièvement décrits:

- L'option du *retrait complet* assisté financièrement par les programmes réguliers, ou pas (Options R)
- Plusieurs options et variantes de protection allant des approches dures (Empierrements linéaires) à d'autres approches plus douces visant le rétablissement de l'équilibre sédimentaire de la côte et la réhabilitation écologique de la batture (Options P)
- Les options mixtes comprenant à la fois des mesures de retrait et de protection (Options MX)

Parmi ces options, certaines constituent des scénarios de référence décrivant des réponses courantes à ce genre de problème (Retrait assisté, empierrements linéaires surtout). L'examen d'autres possibilités peut ainsi être relativisé par rapport aux approches actuelles.

Différents aspects de ces scénarios sont détaillés et permettent d'en jauger la pertinence, notamment :

1. Le coût global cumulatif (actualisé) sur la période de référence (2008-2038)
2. L'efficacité et la durabilité
3. La répartition des coûts (équité) par rapport aux avantages
4. Les avantages et inconvénients, les contraintes et limitations
5. L'impact environnemental anticipé et l'interaction avec l'équilibre sédimentaire

Une contrainte de base : le bilan sédimentaire. Au-delà du coût et des différentes dimensions de la gestion du problème, l'analyse du *régime sédimentaire* de la cellule hydro-sédimentaire de la batture ouest de Pointe-au-Outardes révèle que l'apport en sédiments est en constante progression depuis de nombreuses années, voire décennies, évoluant d'une valeur historique de base estimée à 5000 m^3/an en moyenne à environ 20 000 m^3/an (estimé) vers 1998. Aujourd'hui, le volume de sédiments érodés des talus et des basses terrasses atteint 40 000 m^3/an en moyenne dont 90% participe au transit littoral. La grande majorité des talus étant en érosion (1,2 m/an en moyenne) ou en voie de l'être dans les prochaines années porteront le bilan des apports à près de 60 000 m^3/an d'ici 10 ans, cette valeur pouvant même être de plus de 80 000 m^3/an dans l'horizon de l'étude si l'hypothèse pessimiste des changements climatiques s'avère. Le recul des côtes étant un processus très variable selon les années, les taux de recul réels d'une année particulière peuvent être beaucoup plus importants que la valeur moyenne indiquée.

En tant qu'aide à la décision, la présente analyse ne prétend pas avoir fait le tour des possibilités, notamment par rapport à l'incertitude de certains paramètres (ex : changements climatiques, coût des matériaux, dimensionnement des protections). L'utilisation des modules de calcul implantés sur Microsoft Excel offrira en temps et lieu la possibilité d'explorer en détail les options les plus avantageuses.

10 Synthèse de l'analyse – Comparaison des options

Ce chapitre regroupe les résultats essentiels des différentes options présentées précédemment dans le but de les comparer et d'identifier les plus prometteuses à long terme. Une synthèse des estimés des coûts et avantages sera d'abord effectuée, suivie d'une analyse de sensibilité au taux d'actualisation afin de vérifier la robustesse des estimés sur le plan économique. Nous incluons ensuite les résultats de l'analyse comparative multi-critères faisant appel aux critères d'évaluation retenus par le Comité de Concertation. L'ordonnancement des options résultant de ces différentes perspectives permet d'identifier les options les plus avantageuses pour la société.

10.1 Analyse comparative des bilans des options

Dans ce qui suit, seuls sont examinés les bilans des coûts et avantages pour la société en général. La ventilation des coûts selon les items considérés a déjà été introduite au chapitre précédent. Nous rappelons ici que les coûts présentés s'inscrivent dans une perspective économique et non pas financière, cette dernière recoupant la mobilisation des fonds (contribution des programmes, emprunts publics, fiscalité municipale, commandites éventuelles) et des ressources non monétaires (en nature, par exemple).

Le Tableau 35 (voir la Figure 51 ci-après pour localiser les mesures applicables) résume les estimés économiques des coûts et avantages des options étudiées en valeur présente nette actualisée au taux de 4%/an. En considérant les bilans, on peut constater que les options P4 (Épis conventionnels Équilibré) et P6 (Épis conventionnels Réduit)se démarquent des autres au niveau de l'ordonnancement avec des bilans actualisés respectifs de 2,4 M$ et 2,85 M$. Viennent ensuite les options comportant un retrait partiel ou généralisé mais avec des bilans de près de 50% supérieurs aux précédents en valeur présente nette. Il est à noter que l'option P4, déjà la plus avantageuse, peut aisément être optimisée en soustrayant la recharge initiale pour le dernier épi à l'ouest du dispositif, vers la Parc nature.

En termes d'avantages, les options P4 et P6 sont aussi celles qui comportent le plus d'avantages avec respectivement 1,55 M$ et 0,82 M$. Ces avantages préservés ou bonifiés ont trait au rétablissement de l'équilibre sédimentaire qui entraînerait une réhabilitation des plages, l'absence de mesures de retrait du bâti, et la conservation des habitats coquillers sur la batture.

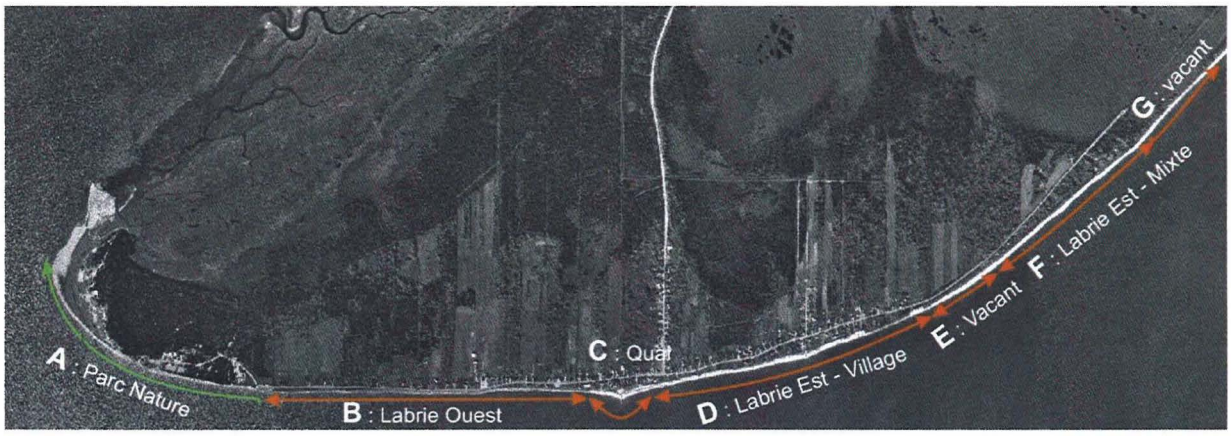


Figure 53 : Segmentation du territoire d'étude pour les tableaux suivants

10.2 Sensibilité des options au taux d'actualisation

Dans toute ACA, il est d'usage de vérifier la sensibilité des résultats obtenus par rapport à la l'incertitude de la valeur des paramètres. Toutefois, une multitude de calculs sont requis pour conduire cette tâche exhaustivement à cause de l'explosion combinatoire reliée au nombre d'options considérées ainsi qu'au nombre de paramètres pouvant influer sur les résultats. Nous avons plutôt opté pour vérifier au minimum la sensibilité des coûts par rapport au *taux d'actualisation* en majorant ou minorant de 2% la valeur de référence de 4%/an (6%/an et 2%/an). Les scénarios testés sont les mêmes que ceux présentés dans ce chapitre. Le Tableau 36 présente les résultats de ces calculs ainsi que l'ordonnancement des options selon le taux utilisé.

On peut constater que le taux d'actualisation a une influence marginale sur l'ordonnancement des options. Ainsi, les deux options les plus avantageuses demeurent les mêmes, soit P4 (Épis Équilibré) ett P6 (Épis Réduit) tandis que Rréf (Retrait progressif assisté) et MX1 (Mixte) se classent 3^{ième} ou 4^{ième} selon le taux utilisé.

Note. Quand on examine ce tableau, des valeurs peuvent sembler paradoxales par rapport à l'influence du taux d'actualisation qui joue dans un sens ou l'autre au niveau des coûts selon l'option. Tout s'explique par le fait que certaines dépenses doivent être engagées au début d'un projet (pas d'influence du taux d'actualisation ni des changements climatiques) tandis que d'autres sont réparties sur la période de référence (coûts d'entretien, recharge périodique de plage, retrait progressif, utilisation des plages, cueillette des myes) et sont donc influencées par le taux d'actualisation qui joue son rôle au fil du temps. En outre, les calculs économiques allouent une valeur résiduelle aux ouvrages à la fin de la période de référence, dans la mesure où un entretien adéquat a été assuré au fil des années. Le coût global est donc fortement conditionné par l'équilibre relatif des types de dépense à réaliser.

Tableau 35 : Bilan en valeur actualisée de l'ACA et des mesures applicables (1 de 2)
Les valeurs entre parenthèses sont des gains

Symbole	Nom	Descriptif	Protections Zones	Bilan de l'ACA en M$	Autres avantages en M$	Mesures					
						Allocation de départ	Retrait bâtiment	Retrait route	Épis	Recharge	Empierrement
						Unités M$	Unités M$	km M$	km M$	m^3/m – km M$	km M$
R1 ou Rréf	Retrait généralisé assisté	Mesures de retrait seulement incluant 1,56 km de rue Labrie Est	**D+E+F**	**3,62**	1,08	5 0,41	31 1,32	1,56 0,96	Aucun	Aucun	Aucun
P1	Épis conventionnels partout	20 épis sur 3,9 km- Recharges initiale et périodique (20 Km^3/an)- Contribution riveraine à 50%	**D+E+F**	**7,3**	(1,55)	Aucun	Aucun	Aucun	3,9 2,34	90 m^3/m 3,9 6,94	Aucun
P2	Épis Holmberg partout	20 épis Holmberg sur 3,9 km - Recharge initiale et périodique (20 Km^3/an)– Contribution riveraine à 50%	**D+E+F**	**18,3**	(1,55)	Aucun	Aucun	Aucun	3,9 2,34	3,9 6,94	Aucun
P3 ou Préf	Empierrements partout	Empierrement conventionnel sur 3,9 km - Aucun retrait - Recharge initiale et périodique	**D+E+F**	**25,1**	7,6	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	15,6$m^3/m/an$ 3,9 10,4	3,9 7,5

Tableau 35 (suite): Bilan en valeur présente nette de l'ACA et des mesures applicables (2 de 2) –
Les valeurs entre parenthèses sont des gains

Symbole	Nom	Descriptif	Protections Zones	Bilan de l'ACA en M$	Autres avantages en M$	Mesures					
						Allocation de départ	Retrait bâtiment	Retrait route	Épis	Recharge	Empierrement
						Unités M$	Unités M$	km M$	Km M$	Type – km M$	km M$
P4	Épis conventionnels Équilibré	12 épis conventionnels dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue 0,9 km	**A+D+F**	**2,4**	(1,55)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,4 1,65	90 m^3/m 2,4 2,16	Aucun
P5	Épis Holmberg Équilibré	12 épis dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	**A+D+F**	**9,26**	(1,55)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,4 8,3	90 m^3/m 2,4 2,16	Aucun
P6	Épis conventionnels Réduit	11 épis (sauf celui avant le Parc Nature) - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	**D+F**	**2,85**	(0,82)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,2 1,33	90 m^3/m 2,2 1,97	Aucun
MX1	Épis conventionnels + Retrait	8 épis – Recharge initiale - Contribution riveraine à 50%- Retrait rue Labrie sur 1,4 km - Retrait partiel des résidences	**D**	**3,53**	(0,28)	3 0,18	13 0,61	1,4 1,17	1,5 0,91	90 m^3/m 1,5 1,35	Aucun

Tableau 36 : Analyse de sensibilité du coût des options (en M$) et de leur ordonnancement par rapport au taux d'actualisation (*TA*) - Δ% est l'écart en % par rapport à la base de comparaison

Descripteur de l'option	Option		Influence du taux d'actualisation *TA*			Ordonnancement selon le taux *TA* utilisé		
			4%	6%	2%	4%	6%	2%
Épis partout	**P1**	VPN	**7,30**	**7,16**	**7,37**	**5**	5	6
		Δ%		**-2%**	**1%**			
Holmberg partout	**P2**	VPN	**18,32**	**19,44**	**15,93**	**7**	7	7
		Δ%		**6%**	**-13%**			
Empierrements partout	**P3**	VPN	**25,1**	**21,6**	**29,8**	**8**	8	8
		Δ%		**-14%**	**19%**			
Épis Équilibré	**P4**	VPN	**2,40**	**2,82**	**1,70**	**1**	1	1
		Δ%		**17%**	**-29%**			
Holmberg Équilibré	**P5**	VPN	**9,26**	**10,47**	**7,03**	**6**	6	5
		Δ%		**13%**	**-24%**			
Épis Réduit	**P6**	VPN	**2,85**	**3,10**	**2,40**	**2**	2	2
		Δ%		**9%**	**-16%**			
Mixte	**MX1**	VPN	**3,53**	**3,51**	**3,48**	**3**	3	4
		Δ%		**-0,01**	**-0,01**			
Retrait assisté	**R1**	VPN	**3,62**	**4,32**	**3,11**	**4**	4	3
		Δ%		**19%**	**-14%**			

10.3 Analyse multi-critères

La prise en compte d'autres facteurs que les coûts directs est importante et l'analyse coûts avantages permet d'en tenir compte par la monétarisation de composantes normalement considérées intangibles. Une approche alternative à la monétarisation consiste à pondérer les différentes composantes en fonction de critères pré-établis qui traduisent la perception des divers intervenants tels qu'exprimés en Comité de concertation. L'analyse multi-critères sous-tend le poids relatif des avantages et inconvénients, des impacts favorables et adverses, et l'équilibre global des options. La définition des critères et la valeur de paramètres correspondants sont données à la section 8.12 (page 107). Le Tableau 37 résume donc les résultats de cette analyse avec les critères et paramètres proposés.

Remarque. La valeur allouée aux critères de base et aux pondérations des critères correspond au jugement des auteurs qui reconnaissent qu'elles pourraient être interprétées différemment par d'autres intervenants. Malgré son aspect quantitatif, elles n'ont pas les qualités d'une démarche scientifique pleine et entière. Les valeurs obtenues sont donc sujettes à interprétation et ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif seulement comme outil d'aide à la décision.

Les résultats obtenus avec cette approche sont assez consistants avec ceux livrés par l'analyse coûts avantages ce qui est normal étant donné que les prémices sont les mêmes, bien que quantifiées différemment. De plus, le poids important alloué à l'item coûts directs dans cette analyse conduit nécessairement à valoriser les solutions présentant le meilleur bilan à cet égard. Toutefois, les options P6 (Épis Réduit) et P4 (Épis Équilibré) ressortent dans cet ordre, plutôt que l'inverse avec l'approche économique comme les plus avantageuses avec des scores respectifs de 76% et 74%. Cet ordonnancement est donc assez similaire à celui obtenu avec l'approche purement monétaire bien que l'approche multicritères actuelle tienne aussi compte de valeurs particulières comme l'équité (équilibre du financement possible), des possibilités de mise en valeur des aménagements dans des projets récréo-touristiques qui ne sont pas mis sur la table au moment présent, ainsi que de l'impact social.

Tableau 37 : Résultats de l'analyse multi-critères des options – Les colonnes en gris représentent les deux options les plus avantageuses

SCÉNARIOS ▶ CRITÈRES ▼	R1 ou Rréf	P1	P2	P3 ou Préf	P4	P5	P6	MX1
Critères de base								
#1 Coût d'ensemble	100%	0%	0%	0%	81%	0%	87%	84%
#2 Durabilité	100%	80%	70%	20%	80%	80%	70%	85%
#3 Risque résiduel	100%	70%	70%	40%	80%	75%	80%	80%
#4 Équité	85%	80%	40%	0%	100%	40%	100%	100%
#5 Environnement - Bilan sédimentaire	50%	50%	50%	10%	90%	90%	80%	90%
#6 Synergie - Mise en valeur	50%	80%	80%	30%	90%	90%	80%	80%
#7 Impact social	20%	100%	100%	50%	100%	100%	90%	40%
Critères globaux								
#1 Poids décisif sur le coût	68%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#2 Poids majoritaire sur le coût	93%	20%	18%	6%	83%	21%	85%	85%
#3 Moyenne géométrique pondérée	56%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#4 Moyenne arithmétique pondérée	48%	0%	0%	0%	66%	0%	73%	58%
MOYENNE - CRITÈRES GLOBAUX	**66%**	**5%**	**4%**	**1%**	**74%**	**5%**	**76%**	**69%**

10.4 En résumé

Éliminer les approches à l'évidence trop coûteuses. L'analyse comparative de différentes options de remédiation au risque d'érosion allant du retrait complet assisté financièrement à la protection complète, dure ou douce, en passant par des approches mixtes révèle qu'en dépit de leur aptitude à résoudre le problème, *certaines mesures s'avéreraient soient beaucoup trop impactantes et/ou trop coûteuses considérant les enjeux qu'elles visent à protéger (P1, P2, P3, P5)*. Est-il nécessaire d'appliquer tout ce processus d'analyse pour tirer cette conclusion? Sans doute pas, mais il nous semblait requis de le faire, bien que sommairement, afin de rendre justice aux efforts méritoires des intervenants qui sont encore tentés d'en faire la promotion.

Priorité aux approches douces. Il ressort donc que les techniques dites douces, faisant appel aux capacités locales de réalisation (épis conventionnels), assorties parfois de mesures de retrait (ex : voirie), à condition qu'elles soient appliquées avec précaution à l'égard des composantes environnementales, et en maximisant les facteurs d'équité et les possibilités de concertation, semblent préférables aux approches classiques telles que le retrait généralisé ou l'empierrement linéaire « mur à mur » considérées comme ultimes.

Les champs d'épis conventionnels: les plus avantageux parmi les protections douces. En considérant le bilan des coûts et avantages et la démarche multi-critères, les options douces P4 et P6 se démarquent de toutes les autres mais ne distinguent pas nettement l'une de l'autre bien que les objectifs poursuivis diffèrent sensiblement. Il est de nouveau à noter que l'approche P4 comporte des variantes (P4.1, P4.2) par rapport à la protection du segment ouest (A) de la rue Labrie (1 ou 2 épis sans recharge initiale à cet endroit) qui permettent de bonifier le scénario et de le démarquer par rapport à P6. Étant donné qu'aucun avantage explicite (trop d'incertitude) n'a été pris en compte vis-à-vis des enjeux du Parc Nature qui dépend pourtant de l'équilibre sédimentaire et des impacts environnementaux pour assumer sa mission, nous croyons que cet item pourrait ajouter à l'avantage comparatif de P4 s'il était effectivement pris en compte.

Analyse de sensibilité au taux d'actualisation. Une analyse de sensibilité des coûts et avantages (monétarisés) des différentes options a été conduite afin de mesurer l'influence de paramètres sur l'ordonnancement économique des options du point de vue de la société dans son ensemble, sans égard à l'équité (financement). Seuls les résultats par rapport au taux d'actualisation sont rapportés ici. Le taux d'actualisation de base (4%/an) a été majoré ou minoré de 2%/an ainsi qu'il est indiqué de procéder dans une ACA. Il en est ressorti une influence assez grande de ce facteur pour les options *a priori* les plus avantageuses. L'ordonnancement des options n'en est toutefois pas modifié, du moins pour les options les plus avantageuses, soit P4 (Épis Équilibré) et P6 (Épis Réduit) dans cet ordre.

Démonstration de l'opportunité des ACA. La méthodologie de l'analyse coûts-avantages (ACA) dynamique assortie d'une composante d'évaluation multi-critères démontre aussi sa capacité à faire ressortir les alternatives les plus avantageuses et les plus équitables pour tous les intervenants, et à les démarquer d'autres mesures traditionnelles parfois considérées comme ultimes, telles que le retrait progressif généralisé ou l'empierrement systématique des côtes. L'approche représente une bonne méthode d'analyse dans un contexte de développement durable.

11 Conclusions et recommandations

11.1 Sur la pré-sélection des options les plus avantageuses

La « liste courte» des options privilégiées. La présente étude arrive à la conclusion que deux options douces (possiblement certaines variantes aussi) retiennent l'attention suite à une analyse économique coûts-avantages doublée d'analyse multi-critères qui tiennent compte, en plus des coûts directs, de la balance des avantages et inconvénients des options pour les parties prenantes:

1. *L'option P4 (Épi Équilibré) principalement axée sur la mise en place de champs d'épis (3 dont 1 à l'amont du Parc Nature) de portée variable et le retrait partiel de la rue Labrie (segment non habité de 0,87 km)*
2. *L'option P6 (Épis Réduit) aussi axée sur l'utilisation d'épis (2 champs) et le retrait partiel de la rue Labrie Est (0,87 km)*

Implications relatives à l'équité. *L'application de l'une ou l'autre des approches de protection dites « douces » implique un effort financier ou en nature important et concerté de la part des intervenants locaux (Municipalité et/ou secteur riverain). La concertation sous-tend* une *approche participative et concrète et un véritable esprit communautaire*. Ainsi, il est attendu de la communauté et du secteur riverain une contribution significative, sur le plan fiscal et/ou en nature (50% du volume de sable requis pour la recharge initiale, apports sédimentaires résiduels), qui nécessitera une véritable mobilisation du village. Le défaut d'inclure des contributions en nature significatives dans le scénario proposé aurait pour effet de transférer les coûts correspondants sur d'autres intervenants, réduisant ainsi les valeurs d'équité et de faisabilité des options retenues.

Recommandation : Si une option douce était finalement retenue, n*ous recommandons la mise en place d'un schéma participatif et concerté de réalisation basé dans la mesure du possible sur l'équité des contributions et avantages pour les parties.*

Recommandation corollaire: Nous croyons qu'il est possible de réduire la portée financière de cet effort collectif et concerté de la communauté en élargissant la base de concertation à d'autres intervenants régionaux (privés ou parapublics) afin de les faire participer à un projet communautaire qui dépasserait l'objectif de protection et inclurait une perspective de mise en valeur. *Il est donc recommandé d'élargir le Comité de concertation à d'autres partenaires régionaux et d'établir les paramètres d'équité sur une base élargie de contributeurs volontaires (commanditaires).*

11.2 Sur le portrait de la situation

Évolution du bilan sédimentaire. L'analyse des données disponibles relatives aux apports sédimentaires à partir du recul des talus a permis de démontrer que ceux sont passés d'une valeur

historique possible de 5000 m^3/an à 20 000 m^3/an à la fin des années 90' pour atteindre aujourd'hui tout près de 40 000 m^3/an. Si la tendance se poursuit, plusieurs centaines de mètres de côtes actuellement protégée par une étroite terrasse inférieure (micro-terrasse) s'activeront progressivement au cours des prochaines années pour porter ce total à près de 60 000 m^3/an et possiblement beaucoup plus (80 000 m^3/an) si l'hypothèse pessimiste, mais probable, de changements climatiques s'avérait fondée, soit une augmentation de la fréquence et de la sévérité des événements de tempête érosive. On ne peut que conclure que la côte de Pointe-aux-Outardes subit actuellement une ponction significative de sédiments sableux, et que si rien n'est fait pour contrôler le phénomène, c'est l'existence même du quartier littoral du village de Pointe-aux-Outardes qui peut être menacée. De surcroît, une incertitude plane sur la valeur des habitats coquilliers qui pourrait à terme subir les effets de l'érosion qui, s'ils étaient négatifs, priveraient par le fait même une population de cueilleurs de myes d'un revenu d'appoint significatif.

Recommandation **:** *nous recommandons d'éviter toute mesure structurelle (approches lourdes réflectives) susceptible de causer des effets adverses sur l'équilibre morpho-sédimentaire de la côte.*

Recommandation: *si une protection douce était finalement retenue, nous recommandons une stratégie d'implantation prioritaire visant à prévenir l'activation de l'érosion sur des talus encore végétalisés, à renverser le processus où les enjeux le justifient, et de favoriser naturellement le rétablissement d'un profil d'équilibre dynamique mais stable dans chacune des cellules mises en place (ex : entre 2 épis).*

Recommandation corollaire: le cas échéant, nous recommandons de limiter transitoirement le contrôle de l'apport sédimentaire moyen net par l'érosion à un minimum de 20 000 m^3/an, soit le niveau estimé en 1998.

Recommandation corollaire: nous recommandons aussi de prévoir une recharge initiale en sable dans l'ensemble du dispositif d'épis qui serait retenu afin d'éviter qu'une rétention initiale trop radicale et prolongée du transit littoral n'induise des effets négatifs en aval (le transit net s'effectue d'est en ouest) et ce, tant que l'équilibre morpho-sédimentaire recherché ne se sera pas stabilisé au niveau souhaité.

11.3 Constats relatifs à l'hydrodynamique et à la réponse sédimentaire

Ci-après, nous introduisons les principaux constats physiques obtenus de l'étude afin d'alimenter le travail de conception des protections douces si l'une ou l'autre de ces options devait être retenue.

Constat #1 : Le marnage (différence entre la haute et la basse mers) d'une marée moyenne à Baie-Comeau est de 2,9 m et il est de 4,2 m pour les grandes marées. Un tel marnage tend à disqualifier certaines méthodes de protection des côtes comme les brise-lames d'avant-côte (*offshore*) qui, d'après l'expérience, ne sont valables que pour des marnages inférieurs au mètre.

Constat #2 : Les niveaux haut et bas atteints par la marée sont respectivement de +1,5 m et -1,3 m pour la marée moyenne et de +2,3 m et -1,8 m pour une grande marée.

Constat #3 : L'analyse des surcotes indique une surélévation du plan d'eau pouvant atteindre 0,7 m. Ajoutée à la cote de +2,3 m associée aux grandes marées, ceci signifie que le niveau d'eau peut atteindre la cote 3 m en conditions extrêmes. Toute protection de berge devrait être réalisée en considérant cette cote de 3,0 m. La probabilité qu'il y ait simultanéité de ces deux événements est toutefois faible.

Constat #4 : D'après l'analyse statistique des extrêmes annuels de niveau d'eau, la période de retour associée à un tel événement serait de 50 ans. Comme les statistiques sont réalisées sur un ensemble de données présentant une composante déterministe, les résultats de ces analyses doivent être considérés comme indicatifs.

Constat #5 : La largeur de plage située entre le pied du talus et la cote géodésique 0 varie entre 20 et 50 m. Il apparaît souhaitable que cette largeur soit d'au moins 30 m (par inspection des conditions d'engraissement de plage créées localement par la présence du quai).

Constat #6 : La largeur des micro-terrasses qui subsistent aujourd'hui varie entre 5 et 15 m. Pour une recharge de plage éventuelle, une valeur minimale de 15 m devrait donc être considérée.

Constat #7 : L'ensemble de données disponibles d'enregistrements de vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent est extraordinairement pauvre et il faut se rabattre sur un modèle de transformation du vent en vagues pour obtenir une série de données de vagues horaires qui permettent l'utilisation subséquente de formules d'analyse et de dimensionnement.

Constat #8 : Le régime des vagues généré en eau profonde, au large de l'estran de Pointe-aux-Outardes et en un point qui maximise les hauteurs de vagues provenant du sud-ouest et de l'est, indique que l'intensité de la vague (Hauteur de vague significative) pour un non-dépassement de 99,9% (12 heures par an) varie entre 3 et 4 m. La vague la plus forte était de 5,4 m. Compte tenu qu'il s'agit de vagues générées, ces valeurs sont représentatives des conditions locales.

Constat #9 : L'analyse des mesures de vagues réalisées par l'ISMER en 2001 sur l'estran tend à démontrer que l'atténuation des vagues générées au large en eau profonde est très significative avant d'atteindre le site du capteur (35 à 60%) situé à 230 m de la rive. La vague de dimensionnement, pour le calcul d'enrochements (pour les épis conventionnels, par exemple) doit donc être évaluée en considérant cet aspect.

Constat #10 : Au plan hydrodynamique, l'interprétation de l'image satellitaire et l'analyse des données LIDAR permettent de déduire qu'au baissant la vidange est oriente NO-SE près de l'estuaire de la rivière aux Outardes et que cette zone est surélevée par rapport à l'estran situé plus à l'est. La vidange est orientée NE-SO tout juste à l'ouest du quai. Il y a variation graduelle de l'orientation des chenaux de vidange entre ces deux points. L'orientation N-S, approximativement normale à la côte, se situe environ 1 km à l'ouest du quai.

Constat #11 : Idéalement, un modèle hydrodynamique devrait être utilisé pour mieux décrire le patron d'écoulement durant certains cycles de marées et pour différentes valeurs de débit de la rivière aux Outardes.

Constat #12 : L'identification visuelle de la zone active pour le transport des sédiments, basée sur la recherche d'une différence observable dans la bathymétrie de l'estan, a donné une distance de l'ordre de 130 m à partir du pied de talus pour la zone située à l'est du quai. Cet ordre de grandeur de la zone active semble corroboré par des calculs théoriques qui font l'objet de l'annexe I.

Constat #13 : Il ne faut pas confondre cette zone de transport actif avec celle de 25 m, établie par Génivar dans son étude pour le compte d'Hydro-Québec, et qui identifie la haute plage impactée par les vagues de tempêtes.

Constat #14 : L'influence du quai municipal sur la topographie locale s'avère très instructive, en indiquant que le transit sédimentaire dominant procède d'est en ouest. Il nous enseigne également sur la largeur de plage (distance entre le pied de talus et la cote 0.0 m) qui serait souhaitable. Finalement, la zone d'engraissement s'établit sur deux fois sa longueur effective (longueur calculée à partir de la largeur de plage souhaitable. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, on considère souhaitable que les épis soient distants de 3 fois leur longueur. Cette séparation s'inscrit à l'intérieur des limites théoriques qui sont entre 2 et 4 fois la longueur.

11.4 Sur la conception préliminaire des ouvrages

Nous reprenons ci-après les principaux constats qui permettraient de concevoir et dimensionner adéquatement les ouvrages de protection formés d'épis conventionnels, si une telle option était retenue. Autrement, ces recommandations seraient nulles et non-avenues.

Les stratégies de protection envisagées s'appuient sur la littérature récente en matière de génie côtier. Les références principales sont le « *Coastal Engineering Manual* » du *U.S Army Corps of Engineers* et le « *Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering* » publié par le *Construction Industry Research and Information Association* (CIRIA) et le *Centre for Civil Engineering Research and Codes* (CUR). À ces volumineux ouvrages se greffent des rapports spécialisés comme le "Guide du dimensionnement du *riprap* produit par la Société d'Énergie de la Baie James » qui abordent des types particuliers de protection.

La détermination des conditions maritimes à Pointe-aux-Outardes (voir les constats ci-haut) a permis d'identifier les solutions qui s'avèrent les plus intéressantes, basées sur les constats suivants :

Constat #1 : Que le quai municipal a répondu à la façon d'un épi en captant le sable et en réorientant la plage pour répondre aux sollicitations d'importance;

Constat #2 : Que le quai s'avère un prototype à l'échelle naturelle de ce qui peut être obtenu en implantant des épis;

Constat #3 : Qu'il existe des dépôts de sable à proximité qui permettent une recharge de plage;

Constat #4 : Que les fortes marées font en sorte que l'utilisation de brise-lames offshore n'est pas recommandée. En effet, dans la littérature on indique que ces ouvrages doivent être considérés lorsque la marée ne dépasse pas un mètre. La photographie satellite illustrant ce type d'ouvrage construit à Pointe-Lebel n'apparaît pas concluant, car il semble y avoir également de l'enrochement en rive. Il s'agirait ici, d'un système mixte;

Constat #5 : Que les ouvrages en enrochement de grande portée ou construits à la pièce pour protéger le talus ont créé des érosions importantes aux extrémités (effets de bout) et la perte de la plage située en face.

Constat #6 : Que si une approche de stabilisation de berges est finalement préconisée, cette protection doit être réalisée en tenant des processus côtiers à l'échelle de l'ensemble de la cellule, du moins jusqu'au quai existant.

Recommandation : En conséquence de quoi, notre proposition de champ d'épis (P4 ou MX1) pour stabiliser les berges représente une solution économiquement intéressante et potentiellement efficace dans la mesure où les constats énumérés et les paramètres de dimensionnement qui en découlent seraient pris en compte. L'approche comporte l'implantation d'épis pour contrôler le transport littoral et favoriser la rétention locale de sédiments et une recharge de plage initiale afin d'éviter l'interruption brutale des apports sédimentaire en aval de la cellule et sur la batture adjacente.

1. Largeur de la plage sèche de 15 m
2. Recharge de la plage qui respecte les principes d'un profil d'équilibre tel que décrit dans l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges
3. Implantation d'épis d'une longueur totale maximale de 90 m, incluant la plage sèche, qui laisse une bande d'environ 40 m au large pour le transport littoral longitudinal
4. Distance entre les épis d'environ 200 m, correspondant à un peu plus de trois fois la longueur effective de l'ouvrage (60 m), soit une zone d'influence comparable à celle du quai.

Les volumes de sable requis pour la recharge de plage dépendent grandement de la granulométrie des matériaux disponibles. La valeur escomptée pour l'étude est établie à partir de la taille moyenne des matériaux bruts disponibles en rive ou dans les sablières locales. L'emploi de matériaux sableux plus grossiers (bruts ou tamisés) peut jouer considérablement sur les volumes de recharge et donc sur le coût de l'option. Une analyse économique complémentaire est donc tout à fait indiquée en vue d'optimiser le coût de cette composante majeure de l'option.

Remarque : Il convient aussi de mentionner qu'il s'agit d'une approche mixte de protection, concept décrit depuis peu dans la littérature et que nous sommes dans une zone bien particulière caractérisée par un fort marnage (écarts des niveaux minimum et maximum) de la marée. Les caractéristiques suggérées s'appuient sur une démarche logique et cohérente, et qui est expliquée à l'annexe H du rapport. La complexité des phénomènes fait toutefois en sorte qu'on ne peut garantir le résultat. D'ailleurs, l'occurrence d'une tempête exceptionnelle, dépassant les limites retenues pour réaliser un dimensionnement économique, peut tout chambarder. Gardons à l'esprit que la nature reste maître, et tout au plus, pouvons-nous améliorer nos chances de nous prémunir contre les effets dommageables de certains événements extrêmes.

11.5 Sur l'approche d'analyse coût-avantages

La réalisation de la présente analyse coûts-avantages constituant dans sa forme particulière (à cause des compléments techniques et de la mise à l'essai de l'approche multicritères) une primeur, du moins au Québec, en matière d'évaluation dynamique d'options très diversifiées pour résoudre une problématique de risque naturel, il nous a semblé normal d'en tirer quelques leçons pour le futur.

Monétarisation et analyse multi-critères. Dans un premier temps, nous croyons que l'approche ACA convient assez bien à ce genre d'étude bien que la monétarisation d'éléments intangibles ou enjeux majeurs du dossier comporte des marges d'incertitude plus grande que les coûts directs. Le risque est d'affaiblir les composantes de l'étude qui comportent le moins d'incertitude avec des estimés trop subjectifs pour certains éléments *a priori* intangibles (la valeur d'une plage, d'un paysage, la paix et la cohésion sociales, la qualité de vie, la présence d'un écosystème, etc.). Il est donc important de prendre en compte ces éléments avec une approche conservatrice du point de vue décisionnel. L'application d'une approche multicritères peut apporter un éclairage additionnel bien que ses paramètres, issus de jugements de valeur de la part des auteurs (validé sommairement par le Comité de Concertation), comporte aussi sa part d'incertitude. Quelle que soit l'approche retenue, sa paramétrisation se doit d'être clairement explicite quant aux choix effectués.

L'actualisation. L'adoption d'une perspective économique à long terme semble également tout à fait indiquée pour élargir la perspective et incarner la notion de durabilité et ce, malgré les incertitudes que les projections dans le futur comportent (ex : changements climatiques, paramètres économiques, coût des matériaux). Par contre, l'actualisation des coûts en *valeur présente nette*, si elle est tout à fait défendable sur le plan de la science économique, doit rapidement être traduite en termes financiers afin de mesurer effectivement la faisabilité des solutions sur ce plan. Cette dimension n'a pas été abordée dans l'étude, sauf pour rechercher les meilleurs paramètres d'équité économique possibles entre les parties.

L'aide à la décision. En tant qu'outils d'aide à la décision, les instruments de calcul d'ACA mis au point dans ce projet (Sur Microsoft Excel^{MD}) permettent de générer très rapidement une grande multitude de variantes aux options de base présentées ici, et ainsi d'optimiser les choix proposés. Il est aussi possible de mesurer la sensibilité de ces choix à des facteurs externes très variés allant des paramètres des programmes gouvernementaux au coût des matériaux et de l'entretien périodique, en passant par l'impact des changements climatiques, la portée spatiale des mesures et les paramètres économiques. Dans ce genre d'étude, seuls quelques scénarios balisant l'ensemble des possibilités peuvent réalistement être présentés.

L'ACA n'est pas une étude financière. Quoique les implications financières ne soient pas présentées comme tel (sauf pour estimer l'équité des options), la plupart des données pour ce faire sont disponibles dans les tableurs développés.

L'ACA n'est pas une étude d'impact environnemental : Les auteurs se sont interrogés sur l'importance à donner au volet environnemental dans cette étude. Puisque le rapport examine un vaste registre d'options, et qu'il vient en appui à une décision complexe dont il ne peut présumer du résultat, le volet environnemental est forcément réduit. L'ACA se contente donc d'identifier les enjeux environnementaux majeurs et d'estimer sommairement l'influence des options sur eux. Nous prenons pour acquis que la sélection d'une option de type structurel, même considérée comme douce, devra éventuellement satisfaire aux exigences de la réglementation environnementale.

Recommandation: Toutefois, la multiplicité des facteurs pris en compte rend pratiquement impossible l'analyse complète de tous les dimensions prises en compte théoriquement dans le modèle, à cause de l'explosion combinatoire qu'elle suppose. En revanche, *nous croyons cependant qu'il est indiqué de procéder à des analyses complémentaires de sensibilité pour une*

ou deux options une fois que le Comité de concertation aura été saisi des conclusions de l'étude et que lesdites options auront rallié une première adhésion des principaux intervenants.

11.6 Sur la gouvernance participative

La mouvance du développement durable. L'approche de concertation et de développement durable préconisée dans cette étude s'inspire des principes de *gouvernance participative* énoncés dans la Politique nationale de l'eau (2004) et de la Politique de Développement durable (2006) les deux adoptées unanimement à l'Assemblée nationale du Québec. Ces politiques ont donné lieu à la mise en place d'un grand nombre de structures légères de *gestion participative* telles que les organisations de bassin versant (OBV) qui œuvrent à la gestion intégrée de l'eau à l'échelle des bassins versants, l'unité de gestion naturelle des cours d'eau. Il en résulte des actions concertées qui permettent souvent aux intervenants d'atteindre leurs objectifs en misant sur des synergies, tout en permettant d'éviter la mise en place de situations conflictuelles. La table de concertation mise en place pour la présente étude émane de cette philosophie.

Un pari audacieux pour une question existentielle. Dans le cas présent de Pointe-aux-Outardes, les auteurs ont donc misé sur la cohésion de la communauté et sur les possibilités de concertation en vue de minimiser les coûts, dispenser les avantages au plus grand nombre d'intervenants possibles et leur offrir des perspectives favorables et durables à long terme, en plus de minimiser les conflits d'intérêt potentiels. L'option recommandée pourra donc nécessiter une mobilisation de toute la communauté autour de ce projet, y compris des entreprises locales et régionales, ainsi que des instances décisionnelles. À défaut de satisfaire à ces conditions minimales de saine gouvernance, les perspectives sont beaucoup moins encourageantes pour la communauté et pourraient forcer celle-ci à se replier vers des solutions beaucoup plus douloureuses à mettre en œuvre.

Bibliographie

Allard, J.D. (1980). Étude des berges en bordure de la rivière aux Outardes et du fleuve Saint-Laurent dans les municipalités de Chute-aux-Outardes, Ragueneau, Pointe-aux-Outardes et Baie Saint-Ludger. Ministère de l'Énergie et des ressources, Service de la Géotechnique. Avis.

ARGUS Inc. (2001). Protection et restauration du littoral de Sept-Îles. – Projets pilotes – Suivi. Rapport présenté à la Ville de Sept-Îles. N/réf. 20963-000. 26 pages.

Association touristique régionale Manicouagan (1984). Potentiel écologique et récréatif de la Pointe-aux-Outardes. Extrait du rapport.

Bernatchez, P. (2000a). L'érosion du littoral de la Côte-Nord de l'estuaire maritime et du golfe Saint-Laurent : bilan des connaissances et lacunes. Rapport présenté au Conseil régional de Développement (CRD) de la Côte-Nord. 80 pages.

Bernatchez, P. (2000b). *Évaluation de l'évolution récente des falaises littorales à Pointe-Lebel : taux et mode de recul.* Rapport présenté au Conseil régional de Développement (CRD) de la Côte-Nord. 14 pages + 1 annexe photographique.

Bernatchez, P. (2003). Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et Manicouagan-Outardes : Synthèse, processus, causes et perspectives. Thèse de doctorat. Département de Géographie, U. Laval. 531 pp.

Bernatchez, P. (2003). Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et Manicouagan-Outardes : Synthèse, processus, causes et perspectives. Thèse de doctorat. Département de Géographie, U. Laval. 531 pp.

Blin, P., M. Leclerc, Y. Secretan et B. Morse (2005) Cartographie du risque unitaire d'endommagement (CRUE) par inondations pour les résidences unifamiliales du Québec. *Revue des Sciences de l'Eau*, 18(5). Décembre.

Bonnifait, L., M. Leclerc (2004). Construction de courbes niveau-dommages pour l'habitat québécois. Pour le compte d'Environnement Canada. Rapport INRS-ETE #R-728. Mars, 15 pages. Février

Canadian Standards Association (CSA) (1991). Risk Analysis requirements and guidelines. CAN/CSA-Q634-91. Rexdale, Ont.

CÉPRO / GENIVAR et Option Aménagement (2006). Étude de faisabilité - Implantation d'un Centre d'éducation sur ladynamique du littoral marin au Parc Nature de Pointe-aux-Outardes. Rapport remis au Parc Nature.

CERC (1984). « Shore Protection Manual » U.S. Army Corps of Engineers. Coastal Engineering Research Center, Fort Belvoir, Virginia. 3 volumes.

CIRIA (1991). « Manual on the use of Rock in coastal and shoreline Engineering ». CIRIA Special Publication 83. CUR report 154. A.A. Balkem, Rotterdam, Brookfield, 1991. 607 p. ISBN-0-86017-326-7

Conseil du trésor du Canada (1995). Guide de l'analyse avantages-coûts pour les programmes de réglementation, Ottawa, 116p.

CSSA Consultants Ltée (1993). Suréquipement des aménagements du complexe Outardes. *Bilan des connaissances des composantes biophysiques de l'estuaire de la rivière aux Outardes.* Rapport présenté à Hydro-Québec la Vice-Présidence Environnement.

Dubois, J.-M. M., Bernatchez, P., Bouchard, J.-D., Daigneault, B., Cayer, D., Dugas, S. (2005) Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période de 1996-2003. Pour la Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, 291 pages, annexes.

Dupuis, P. *et al.* (1996) « Wave Climate of Large Reservoirs and Revised Wave Hindcast Formula », Pierre Dupuis, Jean-Pierre Tournier et Octave Caron 25th International Conference on Coastal Engineering. Orlando, Fl. September 1996.

Dupuis, P., J.P. Tournier, et O. Caron (1996). Wave Climate of Large Reservoirs and Revised Wave Hindcast Formula. Comptes-rendus 25th International Conference on Coastal Engineering, Orlando, Florida. Septembre.

Dupuis, P. (1993). « On the use of van der Meer and Hudson formulae for the riprap design of large dams ». Pierre Dupuis. Discussion soumise et acceptée au International Riprap Workshop 1993. Fort Collins, Colorado.

ÉcoRessources Consultants (2009), Révision de la partie économique et synthèse du rapport Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes, pour le compte du Ministère de la Sécurité publique, 29 pages.

EID Méditerranée et Service Maritime et de Navigation de Languedoc-Roussillon (2005). Bassins Rhône-Méditerranée et Corse – Guide technique No 9 – Connaissance et gestion de l'érosion du littoral. Mars. 52 pp.

Forrester, W.D. (1983). Manuel canadien des marées. Publication de Pêches et Océans Canada

Génivar, Groupe-conseil (2002). Suivi de l'évolution de la topographie à deux sites de la péninsule Manicouagan (volume 1). 39 pages. Juin

Génivar, Groupe-conseil (2004). Enrochement de Pointe-Lebel, péninsule de Manicouagan, Québec – *Résultats intérimaires du suivi topographique de la plage. Année 2003 – 2^{ième} de 5 années.* Rapport B100253. 11 pages + 1 annexe.

Génivar, Groupe-conseil (2005). Enrochement de Pointe-Lebel, péninsule de Manicouagan, Québec – *Résultats intérimaires du suivi topographique de la plage. Année 2004 – 3^{ième} de 5 années.* Rapport B08686. 11 pages + 1 annexe.

Génivar, Groupe-Conseil (2006). Protection linéaire en enrochement des berges de la rivière aux Outardes à Ragueneau. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport présenté à la

Municipalité de Ragueneau et au Ministère des Transports. Rapport B-103034. 341 pages. Avril.

Grant, C et L. Provencher (2007). Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* de la péninsule de Manicouagan (Québec). Rapport technique des Sciences halieutiques et aquatiques No 2772. Ministère des Pêches et Océans Canada. 65 pages.

Karakiewicz, B., Romanczyk et N. Roy (2001). Analyse de l'efficacité de la méthode de protection du littoral : système d'épis Maltais-Savard (SEMS), octobre 2002

Leclerc M., J. Marion, M. Heniche, T. Ouarda et Y. Secretan (1997). Prédiction des dommages résidentiels d'inondation en fonction de l'hydraulicité des rivières Chicoutimi, aux Sables et du lac Kénogami. Rapport scientifique INRS-Eau #R511. 108 p.

Leclerc, M., Y. Secretan, M. Heniche, T.B.M.J. Ouarda et J. Marion (2003). Une méthode prédictive non-biaisée et géoréférencée d'estimation des dommages résidentiels d'inondation. *Revue canadienne de Génie civil*. **30**(5) : 914-922.

Mansard, E. *et al.* (1996). « Model Study of Reservoir Riprap Stability». E. Mansard, M.H. Davis and O. Caron. 5th International Conference on Coastal Engineering, Orlando, Fl.

Ministère de la Sécurité publique (2006). Vers un schéma directeur d'interventions sur le littoral – Municipalité de Pointe-aux-Outardes - Étude préliminaire des différents scénarios d'interventions avantages / impacts /coûts. Présentation Microsoft Powerpoint.

Ministère de la Sécurité publique du Québec (2007a). Approche et principes en sécurité civile au Québec. 55 pages.

Ministère de la Sécurité publique du Québec (2007b). Cadre de référence pour la gestion des risques de sinistre. 33 pages.

Ministère des Transports et Ministère de la Sécurité publique (1992). Projet de stabilisation des berges de la péninsule de Manicouagan et de la région de Ragueneau. Document d'appui à la demande de soustraction à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. 27 pages + 3 annexes.

MRC de Manicouagan (1991). Biennale Côte-Nord 1991 – Enrochement des berges – MRC de Manicouagan. Document de présentation à la Biennale de Baie-Comeau, les 25-26 novembre.

MRC Manicouagan et Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire (1999). Vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin. Actes du Colloque régional sur l'érosion des berges, 19-21 février 1999, Baie-Comeau. 198 pages + 3 annexes.

Naturam Environnement (1999). Caractérisation biophysique, socio-économique et détermination des enjeux dans un secteur potentiel pour l'identification d'une zone de protection marine pilote : portion ouest de la MRC Manicouagan. Baie-Comeau. 311 pages.

Ouellette, P., D. Leblanc, N. El-Jabi et J. Rousselle (1985). Cost-benefit analysis of flood plain zoning. *J. Wat. Res. Plan. & Man (ASCE)*. **114**(3), 326-334, paper # 22468, May.

Ouranos (2007). L'évaluation des avantages et des coûts de l'adaptation aux changements climatiques. Rapport de recherche (Version préliminaire).

ROCHE Ltée Groupe-conseil (1997). Baie-Saint-Ludger – Protection du littoral – Faisabilité technique et environnementale de la mise en place d'épis. Rapport présenté au Ministère des Transports du Québec. N/réf. 18308-303. 135 pages + 7 annexes. Janvier

Roy, N., M Heppell et A. Gariepy (2003). Guide de construction des systèmes d'épis Maltais-Savard. – Protection des berges par la restauration de plage contre l'érosion littorale. Présenté au Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire. 19 pages. www.zipnord.qc.ca

Savard, J.P. (1997). Stabilisation des berges de la Côte Nord du Saint-Laurent à l'aval de Tadoussac. Document de réflexion InteRives Ltée présenté au Député de Saguenay G.Y. Gagnon. 15 pages. Novembre

SEBJ (1996). « Guide pratique. Dimensionnement du riprap » Société d'Énergie de la Baie James. Décembre 1996. 73 p.

Thompson, R.E. (1984). Océanographie des côtes de la Colombie britannique. Publication de Pêches et Océans Canada.

Tournier *et al.* (1996). « An Improved Design Method for the Riprap of Earthfill Dams of Large Reservoirs ». J.P. Tournier, Pierre Dupuis et Raymond Arès. 5th International Conference on Coastal Engineering, Orlando, Fl.

United Nation International Strategy for Disaster Reduction (2006). URL : www.unisdr.org

USACE 2003. Coastal Engineering Manual. 5 volumes. United States Army Corps of Engineers. Engineering Manual EM 1110-2-1100.

Annexe A : Glossaire du risque

Le contenu de cette annexe est disponible sur CD-Rom et sur le site Internet de l'INRS-ETE

Annexe B : Calculs relatifs à l'érosion et à l'exposition des éléments vulnérables

Le contenu de cette annexe est disponible sur CD-Rom et sur le site Internet de l'INRS-ETE

Annexe C : Estran de la Pointe-aux-Outardes – Imagerie LIDAR

Les résultats de cette annexe sont produits sur le CD-ROM qui accompagne ce rapport

Annexe D : Analyses du signal de marée

Les résultats de cette annexe sont produits sur le CD-ROM qui accompagne ce rapport

Annexe E : Génération des vagues avec une série de vents horaires

Annexe F : Épisodes de tempêtes – Vagues supérieures à 3 m - Amplitude de la marée à Baie-Comeau et Rimouski

Les résultats de cette annexe sont produits sur le CD-ROM qui accompagne ce rapport

Annexe G : Distribution des vagues générées au large de Pointe-aux-Outardes

Les résultats de cette annexe sont produits sur le CD-ROM qui accompagne ce rapport

Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges

Les résultats de cette annexe sont produits sur le CD-ROM qui accompagne ce rapport

Annexe I : Calcul des volumes théoriques requis pour la recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes

Les résultats de cette annexe sont produits sur le CD-ROM qui accompagne ce rapport


WWW.INRS.CA

ANNEXE 5

RAPPORT FINAL - RÉVISION DE LA PARTIE ÉCONOMIQUE ET SYNTHÈSE DU RAPPORT ANALYSE COÛTSAVANTAGES DE SOLUTIONS À LA PROBLÉMATIQUE D'ÉROSION LITTORALE À POINTE-AUX-OUTARDES

ÉCO RESSOURCES CONSULTANTS



RÉVISION DE LA PARTIE ÉCONOMIQUE ET SYNTHÈSE DU RAPPORT ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DE SOLUTIONS À LA PROBLÉMATIQUE D'ÉROSION LITTORALE À POINTE-AUX-OUTARDES

Rapport final

Ministère de la Sécurité publique
Gouvernement du Québec

26 janvier 2009

Experts en économie de l'environnement et des ressources naturelles

825, rue Raoul-Jobin, Québec (Québec) Canada G1N 1S6
201-1097, rue St-Alexandre, Montréal (Québec) Canada H2Z 1P8
www.ecoressources.com · info@ecoressources.com

Personnel impliqué et collaboration

Rédaction	Dany Lemieux, Directeur développement des affaires, Énergie, ÉcoRessources Consultants
Collaborateurs	Claude Sauvé, Économiste senior, consultant externe
	Jean Nolet, Président, ÉcoRessources Consultants

Table des matières

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF 1
2. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE 2
2.1. Historique récent de l'approche québécoise pour contrer l'érosion des berges 2
2.2. État de la situation dans le dossier Pointe-aux-Outardes 3
2.2.1. Démarche suivie par l'auteur 4
2.2.2. Différences entre une ACA classique et l'analyse de l'auteur 5
2.2.3. Erreurs méthodologiques de l'étude et traitement fait par ÉcoRessources 7
2.2.4. Démarche de ÉcoRessources pour obtenir l'ACA approximative 9
2.2.5. Impact de la réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO 10
2.3. Solutions possibles 11
2.4. Hypothèses pour chiffrer les avantages et les coûts de chaque option 14
2.5. Avantages et coûts de chaque option 16
2.6. Implication économique 19
2.7. Conclusions 24
BIBLIOGRAPHIE 25

Liste des tableaux

TABLEAU 1 – BILAN DES DIFFÉRENTES OPTIONS DU POINT DE VUE DE LA SOCIÉTÉ (ACA APPROXIMATIVE) 21
TABLEAU 2 - SYNTHÈSE - RÉSULTATS ÉCONOMIQUES DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES DIFFÉRENTES OPTIONS 22
TABLEAU 3 - RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES OPTIONS 23

Liste des figures

FIGURE 1 : PHOTO AÉRIENNE DE LA ZONE PROBLÉMATIQUE DE POINTE-AUX-OUTARDES 4
FIGURE 2 : EFFET DE TYPE ÉPI PROCURÉ PAR LE QUAI MUNICIPAL DE POINTE-AUX-OUTARDES 12
FIGURE 3 : SCHÉMA EXPLICATIF DE LA TECHNIQUE HOLMBERG 12
FIGURE 4 : TECHNIQUE GEOTUBE 13

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF

État de la situation

La municipalité de Pointe-aux-Outardes a mandaté le Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS-ETE) pour conduire une *analyse coûts/avantages* (ACA) portant sur différents types de solutions pouvant pallier à la problématique d'érosion des berges qui menace l'existence de plusieurs résidences et infrastructures exposées à cet aléa. Le mandat visait aussi à expérimenter l'approche ACA, pour le compte du ministère de la Sécurité Publique du gouvernement du Québec (MSP), dans une perspective de prévention et de réponse durable aux risques naturels. Étant donné l'ampleur et la complexité de ce mandat, ÉcoRessources Consultants (ÉcoRessources) a été choisie par le ministère de la Sécurité publique pour réviser la partie économique et synthétiser ce rapport. Il est important de spécifier que ÉcoRessources ne refait pas l'ACA dans son intégralité. Les objectifs sont donc d'expliquer la méthode d'analyse utilisée par l'auteur ainsi que leurs liens avec le but poursuivi par le MSP, de présenter les corrections apportées aux données économiques (lorsque cela était possible), de présenter les résultats d'une ACA approximative et d'aborder la signification stratégique des résultat tout en soulevant des considérations sur les critères décisionnels pour les autorités du MSP.

Éléments à considérer quant à la méthodologie de l'étude

ÉcoRessources est en mesure de témoigner de l'effort important déployé par l'auteur de l'étude, même si ce dernier n'a pas fait une ACA dans les règles de l'art. Une ACA classique est une technique d'analyse visant à vérifier les options les plus rentables (actualiser les avantages VS les coûts) du point de vue de la société. Les conclusions de l'auteur reposent plutôt sur une analyse de type multicritères qui comportent quelques lacunes méthodologiques au niveau économique (identifiées plus loin). Toutefois, les calculs de l'auteur ont permis de dégager certains avantages et coûts actualisés qui ont à être intégrés dans le cadre d'une ACA classique. ÉcoRessources a donc extrait les données pertinentes du point de vue de la société afin de présenter des résultats se rapprochant le plus près d'une ACA classique, auxquels ont été ajoutés certains calculs omis au départ. Ces considérations soulevées, ÉcoRessources croit que les résultats obtenus, la plupart des erreurs méthodologiques étant corrigées, ne diffèrent pas significativement de ceux qui auraient été obtenus si l'ACA avait été faite dans les règles de l'art. Avec les données dont elle disposait, ÉcoRessources a réalisé un exercice d'évaluation qui se rapproche le plus possible d'une ACA classique et les résultats doivent donc être interprétés avec cette limite.

Conclusion

La solution R1 est la moins négative des options pour l'ACA approximative et la solution P6 est la meilleure selon l'analyse multicritères (voir les tableaux de résultats à la section 2.6.)

2. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

2.1. Historique récent de l'approche québécoise pour contrer l'érosion des berges

Depuis plusieurs années, le gouvernement du Québec rencontre divers problèmes dans son approche pour la recherche de solutions concernant l'érosion des berges, approche qui se résumait jusqu'à tout récemment à une aide de dernier recours. Ces problèmes peuvent se résumer comme suit :

- Prévenir et répondre à long terme aux problèmes d'érosion des berges des municipalités touchées;
- Assurer la sécurité des citoyens, des résidences et des infrastructures;
- Minimiser les coûts ainsi que les impacts environnementaux et sociaux de la solution choisie;
- Choisir une solution équitable pour les parties concernées (gouvernement, municipalité et riverains).

Dans sa volonté d'avoir une approche plus préventive que réactive, le gouvernement du Québec s'est doté en novembre 2006 d'un Cadre de prévention des principaux risques naturels basé sur la prévention des risques naturels. Trois étapes sont prévues par ce cadre :

- L'analyse et la communication des risques, qui sont entièrement assumées par le gouvernement du Québec;
- L'analyse, l'identification et le choix de solutions, pour lesquelles la responsabilité financière est partagée entre le gouvernement et les autorités municipales ou régionales;
- La mise en œuvre des solutions retenues, encore une fois à frais partagés entre le gouvernement et les autorités municipales ou régionales ainsi que les riverains.

Afin d'être en mesure d'analyser, d'identifier et de choisir des solutions qui permettraient de résoudre les problèmes énumérés plus haut, le ministère de la Sécurité publique a décidé de soumettre les solutions possibles à une analyse coûts/avantages (ACA), laquelle est déterminante pour une planification intégrée des interventions. Une ACA est un cadre d'analyse qui permet d'intégrer l'ensemble de l'information technique et économique concernant un projet pour comparer, du point de vue de la société, les coûts et les avantages sur une base commune (en $2008) pour toutes les parties touchées. En adoptant cet outil, l'objectif est d'assurer la meilleure utilisation possible de fonds publics pour répondre aux besoins dans un souci d'efficacité[1]. De plus, cet outil permet d'inclure les coûts et les avantages sociaux qui n'ont pas de valeur marchande. Les municipalités de Sept-Îles et de Pointe-aux-Outardes sont les premières à faire réaliser des ACA pour les aider à déterminer la meilleure option qui s'offre à elles pour faire face à

[1] L'ACA s'intéresse surtout à l'efficacité et on fait l'hypothèse Kaldor-Hicks (Zerbe, (2001)) que le montant que les gagnants sont prêts à payer surpasse le montant que les perdants veulent recevoir. La distribution des coûts et des bénéfices des options est une question cruciale du point de vue de l'acceptabilité sociale et de l'équité.

l'érosion des berges. Ainsi, la municipalité de Pointe-aux-Outardes a mandaté le Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS-ETE) pour conduire la présente ACA. Elle a été appuyée par le ministère de la Sécurité publique (MSP) qui voulait expérimenter cette approche dans une perspective de prévention et de réponse durable aux risques naturels.

2.2. État de la situation dans le dossier Pointe-aux-Outardes

Le secteur côtier de Pointe-aux-Outardes, localisé sur la péninsule de Manicouagan – Haute-Côte-Nord, subit depuis des années des reculs importants de ses rives par l'érosion et les mouvements de sol. Ces phénomènes mettent en péril à terme l'intégrité des propriétés qui y sont implantées, d'abord au niveau des terrains puis des résidences elles-mêmes. Les infrastructures publiques sont également menacées.

La recherche de solutions préventives, qu'elles visent le retrait, la stabilisation de berges (douce ou dure) et/ou une combinaison de ces objectifs, est d'abord basée sur la comparaison des impacts et des coûts actuels et à venir des différentes options. Cette recherche doit être entreprise dans une perspective de développement durable, c'est-à-dire en privilégiant l'efficacité économique à long terme des solutions proposées, leur acceptabilité sur le plan environnemental, ainsi que leur acceptabilité sociale.

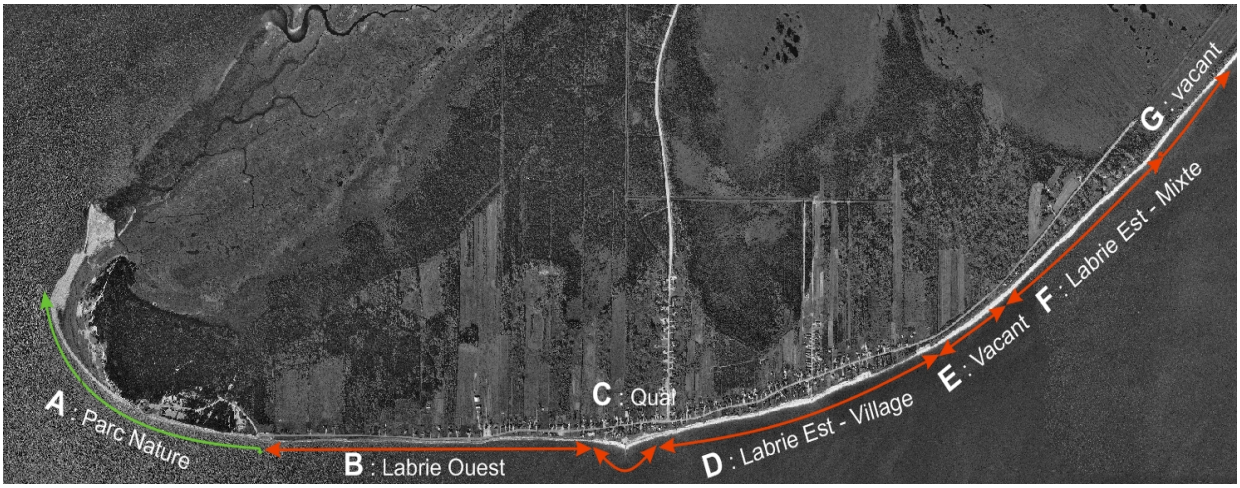
Le cas de Pointe-aux-Outardes ne fait pas exception à la problématique rencontrée depuis plusieurs années par le gouvernement et plusieurs municipalités dans les cas d'érosion des berges. Afin de favoriser l'acceptabilité sur le plan social des solutions envisagées qui seront présentées aux gens du milieu, un comité de concertation a été créé. Il est formé de la Ville, du comité de citoyens et du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes, du gouvernement du Québec (ministères du Transport, de la Sécurité publique ainsi que du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs) et du gouvernement fédéral (ministère des Pêches et Océans). Sept critères ont été retenus par le comité de concertation, reflétant ainsi leur compréhension du dossier et les valeurs qu'ils privilégient (sans ordre d'importance) :

- Les coûts;
- L'efficacité de la solution par rapport au risque résiduel;
- L'équité entre les parties touchées;
- Les impacts environnementaux et l'équilibre sédimentaire de la côte;
- La durabilité de la solution;
- La synergie possible entre les parties touchées pour la mise en valeur de la côte;
- L'impact social.

Ce sont ces critères qui ont été utilisés par l'auteur de l'étude dans son analyse multicritères, dont l'approche est expliquée dans la section suivante. Finalement, de façon à permettre de visualiser les

enjeux liés à l'érosion des berges dans le cas de la municipalité de Pointe-aux-Outardes, la Figure 1 présente une photo aérienne des diverses zones touchées ainsi que les segments de la côte où sont considérées les mesures possibles :

FIGURE 1 : PHOTO AÉRIENNE DE LA ZONE PROBLÉMATIQUE DE POINTE-AUX-OUTARDES



2.2.1. Démarche suivie par l'auteur

À partir de toutes les informations sur le dossier, l'auteur de l'étude a procédé à une analyse multicritères permettant de tenir compte de l'impact de ces critères sur l'évaluation de chaque solution envisagée. L'auteur a d'abord fait la mise en contexte et identifié la portée de l'étude. Par la suite, il a élaboré sa méthodologie et effectué le portrait de l'érosion des berges et des mouvements de l'eau sur les sédiments côtiers ainsi que de la vulnérabilité des résidences et des infrastructures. L'auteur a également répertorié les différentes solutions possibles et leur contexte d'application et a calculé certains coûts et avantages actualisés de celles-ci. Ces coûts et avantages reposent sur des paramètres temporels, économiques, physiques, fiscaux et réglementaires ainsi que sur différents critères (coûts, efficacité de la solution par rapport au risque résiduel, équité entre les parties touchées, impacts environnementaux et l'équilibre sédimentaire de la côte, durabilité de la solution, synergie possible entre les parties touchées pour la mise en valeur de la côte, impact social). Les calculs reposent donc sur la paramétrisation de ces critères dans son modèle d'analyse qu'il qualifie d'avantages/coûts mais, qui en fait, est essentiellement une analyse multicritères comprenant un critère coûts, plutôt qu'une ACA faite dans les règles de l'art. Finalement, une présentation détaillée des scénarios a été effectuée, de même qu'une synthèse des analyses qui a mené à des conclusions et des recommandations.

2.2.2. Différences entre une ACA classique et l'analyse de l'auteur

Il est important de souligner que l'analyse réalisée par l'auteur de l'étude est différente d'une ACA classique. En effet, tel qu'expliqué précédemment, une ACA classique est une technique d'analyse visant à identifier la ou les options les plus rentables (avantages actualisés VS coûts actualisés) du point de vue de la société pour réaliser un projet ou atteindre un objectif. La **première étape dans la réalisation d'une ACA classique** est d'identifier clairement et systématiquement tous les éléments à prendre en considération :

- Les **avantages directs** du choix d'une option, tel la valeur d'utilité de protéger des bâtiments ou des infrastructures;
- Les **coûts directs** du choix d'une option, tels le coût des épis, du retrait ou de l'empierrement;
- Les **répercussions** (**ou effets indirects**) de la mise en œuvre d'une option, que l'on classe en avantages ou en coûts indirects et qui peuvent prendre la forme:
    - d'**effets de nature technique**, tels les effets de bout produits lors de l'empierrement ou encore la détérioration des plages;
    - de **considérations environnementales**, soit les coûts des études d'impacts et de l'audience publique liés au choix d'une option ou encore les répercussions qui sont habituellement soulevées dans les études d'impact, par exemple la valeur de la sauvegarde ou de la perte d'un milieu humide[2];
    - de **conséquences sociales**, telles la perturbation du milieu de vie, la modification des paysages, la perte de vue sur la rive, l'accès et l'utilisation de la plage, l'atteinte au patrimoine culturel, la modification du sentiment de sécurité et les perturbations liées aux travaux;
    - d'**effets d'ordre économique**, tels la perte de terrains, de bâtiments, d'attraits touristiques, d'infrastructures publiques et d'activités commerciales.

Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, il était aussi important de bien classer les éléments en avantages, en transfert entre parties prenantes ou en coûts. Un même item peut en effet être un avantage, un transfert entre parties ou un coût, dépendamment de l'option choisie. À titre illustratif, dans le cas des scénarios de retrait généralisé (R1) et de protection minimale (MX1), les riverains déplacés perdent leur vue privilégiée au profit d'autres riverains qui sont actuellement de l'autre côté de la rue et ce n'est dans ce cas qu'un simple transfert d'utilité entre parties prenantes que l'on ne doit pas comptabiliser dans les avantages ou les coûts.

[2] Le ministère de la Sécurité publique a confirmé par téléphone le 21 janvier 2008 qu'aucun des scénarios n'engendre d'effets négatifs sur le marais salé de Pointe-aux-Outardes.

La **seconde étape** consiste à choisir les méthodes et les modèles appropriés pour calculer les différents impacts techniques des différentes options. Le choix du scénario (option) de référence est donc important et c'est le scénario « Ne rien faire » qui doit être privilégié dans le dossier Pointe-aux-Outardes. Toutes les options possibles doivent donc être calculées par rapport à ce scénario. La **troisième étape** consiste à s'assurer qu'il n'y a pas de double comptage. Un exemple de double comptage peut être de calculer la perte de l'accès et de l'utilisation à une plage (son utilité) et d'ajouter les coûts de sa restauration, soit deux façons de calculer la même chose. La **quatrième étape** requiert de tout mettre dans une base commune comparable, soit en $2008 dans notre cas. La **cinquième étape** consiste à ramener dans un même espace temps tous les montants qui peuvent être impliqués à divers moments dans le temps. C'est notre cas ici puisque les impacts de l'érosion sont analysés jusqu'en 2038. C'est donc la notion d'actualisation des flux monétaires des avantages et des coûts qui entre en ligne de compte ici. La **dernière étape** est de conclure sur le choix de la meilleure option en comparant les différentes options sur une même base.

Il n'est pas toujours possible de quantifier tous les éléments à analyser, particulièrement pour les items intangibles tels la perturbation du milieu de vie, l'atteinte au patrimoine culturel, la modification au sentiment de sécurité, les perturbations liées à la réalisation des travaux ainsi que les dommages causés aux écosystèmes. L'auteur ne l'a pas fait mais la plupart des ACA ne le font pas non plus car bien documenter chacun de ces éléments peut constituer en soi une étude. Par contre, nous pouvons dans certains cas utiliser des méthodes indirectes qui permettent d'obtenir des approximations qui sont valables pour chiffrer certains items intangibles. C'est le cas pour la perte de la vue sur la rive, la modification des paysages ainsi que l'accès et l'utilisation de la plage. C'est aussi le cas pour l'élément tangible que sont les terrains du Parc Nature qui sont affectés par les scénarios P3, P4 et P5. Néanmoins, la démarche de réalisation d'une ACA classique n'a pas été suivie rigoureusement par l'auteur. La plupart des avantages n'ont pas été calculés correctement et les calculs économiques comportaient des erreurs méthodologiques qui sont identifiées ci-dessous. Toutefois, les calculs de l'auteur ont permis de dégager certains avantages et coûts actualisés qui doivent être intégrés dans le cadre d'une ACA classique. ÉcoRessources a donc extrait les données pertinentes du point de vue de la société afin de présenter des résultats se rapprochant le plus près d'une ACA classique, auxquels ont été ajoutés certains calculs omis au départ.

Ces considérations soulevées, ÉcoRessources croit que les résultats obtenus, les erreurs méthodologiques étant corrigées pour la plupart, ne diffèrent pas significativement de ceux qui auraient été obtenus si l'ACA avait été faite dans les règles de l'art. Avec les données dont elle disposait, ÉcoRessources a réalisé un exercice d'évaluation qui se rapproche le plus possible d'une ACA classique et les résultats doivent donc être interprétés avec cette limite.

Compte tenu de son choix de faire une analyse de type multicritères, l'auteur a tenu à préciser qu'il différencie son analyse d'une ACA classique dans la mesure où un volet technique très important vient s'y ajouter, en plus de certaines questions d'ordre financier traitées sous l'angle de l'équité. L'étude a nécessité le développement inédit d'outils spécialisés et modulés de type tableur sur Microsoft Excel[MD]. Ces outils prennent en compte les dossiers individuels des résidents, à partir du rôle d'évaluation municipal, et leurs paramètres d'exposition à l'érosion. Il intègre également l'aspect dynamique de la problématique par la projection des conséquences dans le futur et leur actualisation en valeur présente nette. L'analyse multicritères, axée à la fois sur les valeurs monétaires intangibles et l'évaluation du bilan sédimentaire, y est également implantée. L'auteur ajoute qu'il ne prétend pas développer une nouvelle norme en matière de réalisation d'une ACA, la qualifiant plutôt d'«approche expérimentale»[3].

2.2.3. Erreurs méthodologiques de l'étude et traitement fait par ÉcoRessources

ÉcoRessources a décelé des erreurs méthodologiques lors de l'analyse de l'étude. Ces erreurs méthodologiques sont les suivantes :

- *Prise en compte des « transferts » dans les avantages et les coûts pour certaines options.* Dans une ACA classique, les transferts monétaires entres parties prenantes ne doivent pas être pris en compte dans le calcul des avantages et des coûts, dépendamment du choix de l'option. Par exemple, la perte de la vue directe de l'eau n'est qu'un transfert entre riverains dans le cas du choix des options R1 et MX1 et ne doit donc pas être calculée comme un coût. Les montants ont donc été corrigés dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative et cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.
- *Inclusion des taxes municipales et scolaires dans les avantages et les coûts des options.* Encore une fois, les taxes ne sont qu'un simple transfert entre la municipalité et les riverains et ne doivent pas être incluses dans les calculs. Cependant, les montants ont pu être retirés dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative car les tableaux de coûts dans l'étude étaient assez détaillés pour que ÉcoRessources ait accès aux calculs pour chacune des options. Cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.
- *Ajout de 15 % de valeur aux bâtiments protégés, utilisation d'un ratio de 60 % de la valeur au rôle d'évaluation par rapport à la valeur de remplacement du bâtiment et de 60 % de valeur de remplacement d'un bâtiment pour son déplacement*. Habituellement, on ne retrouve pas une telle appréciation de valeur des bâtiments ni d'un tel ratio ou d'une telle valeur de remplacement dans ce genre d'étude. Le 15% correspond à une évaluation de la plus value des immeubles suite à leur

[3] Leclerc (2008), *Analyse coûts-avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*, page xxi.

protection. Les études qui ont été réalisés sur cette question pour ce qui est de l'érosion du littoral, ne sont pas concluantes, de telle sorte qu'il est préférable de ne pas le considérer dans le cadre de la présente étude. Les hypothèses classiques sont la préservation de la valeur d'un bâtiment au rôle d'évaluation initial avant et après implantation de l'option choisie de même que la conservation de la pleine valeur au rôle par rapport à l'option de remplacement. En effet, la valeur des actifs immobiliers est estimée par le moindre du prix du marché de ces actifs (ici l'évaluation municipale), les coûts de relocalisation ou les coûts de restauration. La valeur de remplacement n'est pas utilisée parce qu'elle comporte une surestimation de la valeur de l'actif en cause. Cependant, les montants n'ont pu être corrigés dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA car ÉcoRessources n'avait pas accès aux calculs détaillés pour chacune des options.

- *Absence de l'estimation du coût d'une étude environnementale et d'une audience publique liée à l'implantation d'une option.* Seule l'option R1 ne nécessite pas une telle étude. Les montants nécessaires ont donc été inclus dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative et cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.
- *Absence de quantification de certains aspects tangibles et intangibles*. Pour les aspects tangibles, l'effet de bout est l'élément qui a été omis des calculs. Or, les effets de bouts (qui sont surtout associés aux empierrements) doivent d'abord être évalués en termes techniques avant d'évaluer économiquement les impacts probables de cette érosion accélérée (perte accélérée de terrain, déménagement plus rapide d'une résidence, etc). Comme cet élément n'a pas été évalué en termes techniques, ÉcoRessources n'a pas pu le traduire en termes économiques et ne s'y est pas attardée davantage. ÉcoRessources a également examiné la valeur de la perte des terrains spécifique au Parc Nature qu'engendrent les scénarios P3, P4 et P5. Les calculs ont été intégrés au tableau 1. Pour les aspects intangibles, l'auteur n'a pas considéré la valeur de préserver l'environnement, la perturbation du milieu de vie, l'atteinte au patrimoine culturel, la modification du sentiment de sécurité et les perturbations liées aux travaux des différentes options. ÉcoRessources n'en a pas tenu compte non plus dans ses conclusions au tableau 1, étant donné la difficulté d'obtenir des données à cet effet et que leur calcul dépasse le cadre de ce mandat. ÉcoRessources a toutefois quantifié la perte de vue sur la rive et la modification des paysages, ce qui n'avait pas été fait par l'auteur.
- *Mauvaise quantification des intangibles paysages et vue.* Ces concepts sont différents mais l'auteur les traite comme si ils étaient les mêmes. De plus, la perte de vue n'est qu'un transfert entre riverains dans le cas de options R1 et MX1 et tel qu'expliqué précédemment, n'avait pas été quantifiée par l'auteur. L'impact sur le paysage n'a pas non plus été quantifié par l'auteur. Les

montants ont donc été corrigés au tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative. Cela n'a donc pas d'impact significatif sur la conclusion de ÉcoRessources.

- *Mauvaise utilisation du concept de scénario de référence.* Le scénario « Ne rien faire » est celui qui aurait dû être utilisé. En effet, dans une ACA, un scénario de référence doit être un scénario à partir duquel on calcule les écarts des avantages et des coûts dus à l'adoption potentielle d'un autre scénario. L'auteur a utilisé deux scénarios de référence dans l'étude, soit R1 et P3. Toutefois, pour l'auteur, un scénario de référence est un scénario qui serait probablement adopté si on n'évaluait pas d'autres options. Dans le cas particulier de Pointe-aux-Outardes, il a adopté deux scénarios de référence, soit les deux historiquement adoptés lors de travaux entourant l'érosion des berges. En aucun temps, il n'a calculé les avantages et les coûts des diverses solutions possibles par rapport à ses deux scénarios de référence. L'auteur a plutôt calculé les avantages et les coûts de chaque solution possible par rapport au scénario « Ne rien faire ». La mauvaise utilisation du concept de scénario de référence n'a cependant pas d'impact négatif, mais ÉcoRessources tient à le souligner.
- *Surestimation de la valeur des revenus tirés de la collecte des myes*. ÉcoRessources a trouvé des sources plus récentes qui reflètent davantage la valeur de cet effet d'ordre économique liée à ce facteur[4]. Les montants ont donc été corrigés et inclus dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative et cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.

2.2.4. Démarche de ÉcoRessources pour obtenir l'ACA approximative

ÉcoRessources a d'abord identifié clairement et systématiquement tous les éléments à prendre en considération. Une fois que la sélection des éléments à extraire de l'étude a été faite, ÉcoRessources les a classés en avantages et en coûts.

Du côté des **avantages** (directs et indirects), nous avons inclus la **valeur des bâtiments et des terrains** que l'on souhaite sauver de même que la **valeur d'utilité des infrastructures routières**. Toujours au niveau des avantages, nous avons pu inclure la **valeur de l'accès et de l'utilisation de la plage**, qui a été calculée par l'auteur sauf pour R1 où l'hypothèse de Tecsult a été utilisée car l'auteur n'avait pas fait le calcul pour ce scénario. Nous avons finalement inclus la **valeur de la vue** ainsi que **la valeur de la modification des paysages**.

Du côté des **coûts**, nous avons inclus le **coût de la solution à implanter** (retrait, épis ou empierrement), le **coût de l'étude environnementale** (nécessaire pour tous les scénarios, sauf le retrait généralisé) **et de l'audience publique** (nécessaire pour tous les scénarios, sauf encore une fois le retrait généralisé), le **coût**

[4] MPO, 2008. Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007. Avis sci. 2007/051, Pêches et Océans Canada.

de la recharge initiale (et **périodique** le cas échéant) et le **coût des pertes d'activités économiques découlant de la cueillette de myes**. Finalement, les **pertes liées à l'accès et à l'utilisation de la plage** ont été incluses de même que la valeur de la **perte des terrains spécifique au Parc Nature** qu'engendrent les scénarios P3, P4 et P5.

En quelques occasions, ÉcoRessources n'a eu qu'à extraire les données qui ont été calculées correctement par l'auteur pour certains avantages ou coûts présents dans l'étude. ÉcoRessources s'est assurée que les calculs avaient été correctement effectués par rapport au scénario de référence « Ne rien faire ». Pour les autres avantages ou coûts, ÉcoRessources a effectué elle-même les calculs lorsque les données de base étaient disponibles. C'est pour cette raison que nous parlons d'une ACA approximative au tableau 1. Le mandat n'était pas de faire l'ACA, mais d'obtenir des données économiques fiables et utilisables pour les autorités ministérielles à partir des documents existants. Pour les éléments non couverts, soit ils n'ont pas été calculés par l'auteur, soit ils n'étaient pas non plus disponibles facilement. Ensuite, ÉcoRessources s'est assurée qu'il n'y ait pas de double comptage ou de mauvaise utilisation des transferts entre parties prenantes. Finalement, les calculs de l'auteur étaient déjà dans une base commune comparable, soit en $2008 dans notre cas, et avaient été ramenés correctement dans un même espace temps (coûts et avantages actualisés). Pour les valeurs manquantes, nous les avons mises dans une base commune comparable, soit en $2008, et les avons ramenées dans un même espace temps.

2.2.5. Impact de la réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO

En dernier lieu, un élément pouvant potentiellement influencer le choix de l'option a été porté à l'attention de ÉcoRessources. En effet, une demande a été formulée à l'hiver 2007 pour que la zone visée par l'étude soit incluse et reconnue comme réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO[5]. La réserve mondiale de Manicouagan-Uapishka a été reconnue par l'UNESCO le 20 septembre 2007[6]. Il est difficile de déterminer quel impact cette reconnaissance aura sur le choix de la solution retenue mais il est clair qu'elle en aura. Toutefois, nous n'en tiendrons pas compte pour les fins de notre mandat, outre pour l'estimation du coût des études d'impact environnementales.

[5] MESSIER, J-P. L. (2007). Formulaire de proposition à l'UNESCO de la Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan - Uapishka (Québec, Canada). Comité de création de la Réserve de la biosphère Manicouagan – Uapishka, Baie-Comeau, 137 pages.
[6] http://www.rmbmu.com/

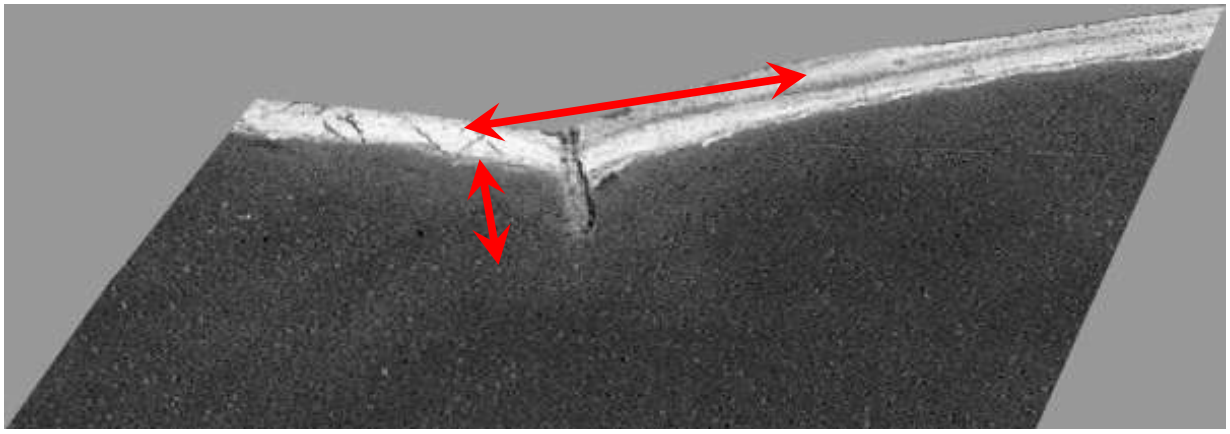
2.3. Solutions possibles

L'auteur de l'étude a identifié **trois types de mesures possibles, qui peuvent comprendre elles-mêmes diverses options** :

- Le **retrait simple** sans intervention visant à atténuer ou contrôler les processus d'érosion, représenté par l'option *Retrait général progressif assisté financièrement* (**R1**), soit des mesures de **retrait de bâtiments et d'infrastructures seulement, incluant 1,56 km de la rue Labrie Est (zones visées D+E+F)**.
- Les **protections dures**, sans égard pour leur impact sur l'environnement, représenté par l'option *Empierrement linéaire généralisé* (P3), soit **l'empierrement conventionnel sur 3,9 km ne nécessitant aucun retrait mais une recharge de sable initiale et périodique (zones visées D+E+F)**.
- Les **stabilisations douces**, qui sont des mesures alternatives qui peuvent aussi comprendre une partie des options de références. Ces mesures interagissent avec les courants littoraux et le régime de vagues à différents stades du cycle de la marée et en fonction des surcotes produites lors des tempêtes. En stabilisant ces processus et en dissipant l'énergie des vagues, les mesures douces retiennent le transit sédimentaire sur les plages aidant ainsi à les reconstruire. Chacune de ces mesures est décrite sommairement ci-dessous afin d'en démontrer le principe de fonctionnement :
    - *Champ d'**épis conventionnels** partout avec recharge initiale et périodique de plage* (option **P1**)

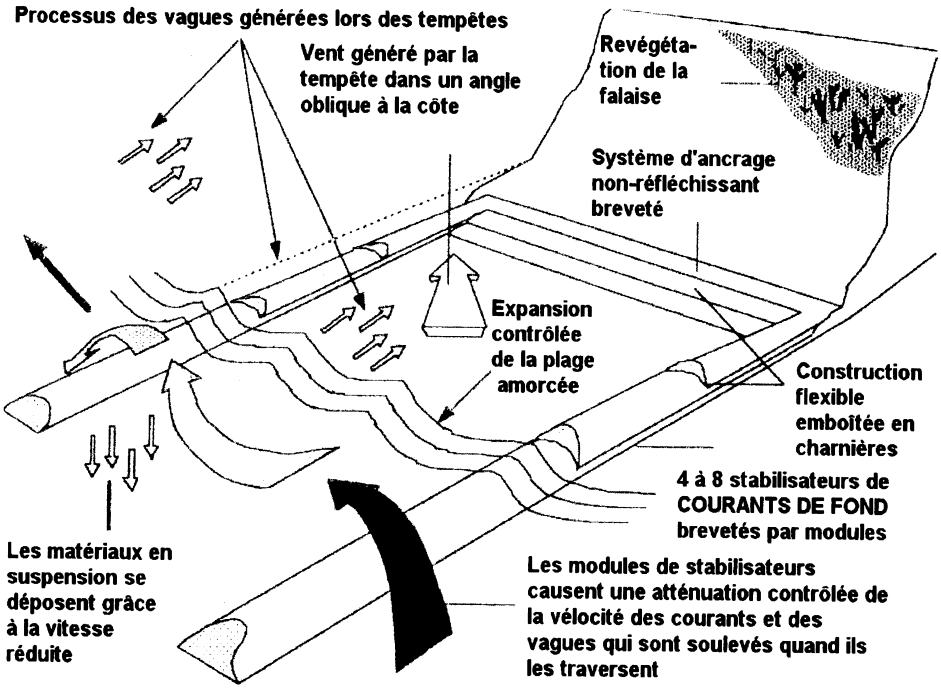
      Cette option consiste en un **enrochement perpendiculaire à la rive (relativement similaire à un quai naturel) que l'on recrée à 20 reprises et en un remplissage initial et périodique de la plage** avec du sable (ou en matériaux plus grossiers). En dissipant une certaine quantité d'énergie des vagues et en ralentissant les courants littoraux par un allongement de leur parcours, les **20 épis, concentrés sur les zones visées D, E et F** (voir Figure 1), retiennent les sédiments en transit et permettent ainsi de régénérer une plage. On peut toutefois mentionner que la longueur de segment de côte protégée par un épi s'établit à 2 à 4 fois sa longueur effective (USACE, 2003). Un exemple de l'action résultante d'un épi est donné par la morphologie autour du quai municipal de Pointe-aux-Outardes (Voir Figure 2 ci-dessous). D'une longueur effective typique de 70 m, l'influence du quai se répercute sur près de 210 m, voire plus (l'effet s'estompe asymptotiquement), soit environ 160 m à l'est (amont du transit) et 50 à l'ouest (aval). Ces paramètres s'inscrivent dans la variation des valeurs suggérées dans la bibliographie concernant les longueurs de protection. **Aucun retrait n'est prévu avec cette option**.

FIGURE 2 : EFFET DE TYPE ÉPI PROCURÉ PAR LE QUAI MUNICIPAL DE POINTE-AUX-OUTARDES



- *Champ d'épis de type **Holmberg** (boudins remplis de sable ou béton) partout avec recharge initiale et périodique de plage (option **P2**).* Cette option est **similaire à P1 mais avec une technologie différente** (voir Figure 3).

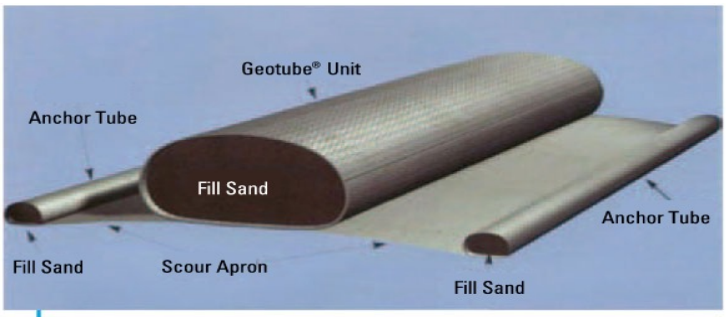
FIGURE 3 : SCHÉMA EXPLICATIF DE LA TECHNIQUE HOLMBERG



(SOURCE : MÉMOIRE DU COMITÉ DE CITOYENS DE POINTE-AUX-OUTARDES 2005)

La Figure 4 montre une variante de la technique Holmberg, appelée Geotube (Source : www.geotube.com), qui est similaire à celle-ci.

FIGURE 4 : TECHNIQUE GEOTUBE



Cross section of a Geotube® beach installation.

- *Champ d'épis conventionnels équilibré avec recharge initiale seulement* (option **P4**)
  Cette option est la **même que P1 mais 12 épis au lieu de 20**, dont un situé avant le Parc Nature (donc **zones visées A, D et F**), **seulement un remplissage initial de la plage** avec du sable (ou en matériaux plus grossiers) **et le retrait d'une portion de 0,9 km de la rue Labrie (au lieu de 1,56 km)**.

- *Champ d'épis de type Holmberg équilibré* (option **P5**)
  Cette option est la **même que P4 mais avec une technologie différente, soit 12 épis Holmberg**.

- *Champ d'épis conventionnels réduit* (option **P6**)
  Cette option est la **même que P4 mais avec 11 épis**, soit un en moins à l'extrémité ouest du segment A (donc **zones visées D et F**), ce qui a pour effet de cesser de retenir le sable en transit avant sa sortie du système et de chercher à compenser les impacts de l'empierrement linéaire sur la rue Labrie Ouest. Le **retrait d'une portion de 0,9 km de la rue Labrie (au lieu de 1,56 km)** fait également partie de cette option.

- *Protection minimale* (option mixte **MX1**)
  Cette option consiste en un champ de **huit épis** à l'est du Chemin principal (**zone visée D**), **seulement un remplissage initial de la plage** avec du sable (ou en matériaux plus grossiers) et le **retrait des bâtiments (mixité d'usages résidentiel et de villégiature) et de la rue Labrie dans les segments E et F.**

2.4. Hypothèses pour chiffrer les avantages et les coûts de chaque option

Dans une ACA classique, il importe de bien faire ressortir les avantages et les coûts du point de vue de la société. ÉcoRessources a donc séparé les avantages et les coûts des simples transferts entre ces parties afin de respecter l'esprit d'une ACA classique et a identifié les éléments quantifiables et non quantifiables.

Éléments non quantifiables

Notons que certains avantages ou coûts ne seront pas quantifiés dans ce rapport. C'est le cas pour les **impacts potentiels sur l'environnement**. C'est le rôle des études d'impact de quantifier cet aspect et cela allait au-delà de notre mandat. ÉcoRessources n'a pas tenu compte de la **perturbation du milieu de vie**, étant donné qu'il est plausible que les gens déplacés seraient relocalisés dans le secteur où ils vivent actuellement et, par conséquent, la valeur économique est établie à zéro. Pour être en mesure d'établir une valeur économique à la **modification du sentiment de sécurité**[7] et **aux perturbations liées aux travaux**[8]**,** on doit notamment réaliser des entrevues et des études sur les préférences révélées. Cela dépasse le cadre de ce mandat et, par conséquent, leur valeur économique n'est pas prise en compte dans le cadre de ce mandat. Finalement, étant donné qu'il n'y a pas d'attrait de type patrimonial dans le secteur visé par l'étude, la valeur économique de l'**atteinte au patrimoine culturel** a aussi été établie à zéro.

Éléments quantifiables

ÉcoRessources a procédé de la façon suivante pour chiffrer les avantages et les coûts :

Avantages

- Valeur de bâtiments et des terrains à sauver : valeur au rôle d'évaluation municipale en 2007 (dernière année d'évaluation disponible) des bâtiments et des terrains qui seraient détruits en l'absence d'intervention. Cette valeur est la même peu importe le scénario choisi;
- Valeur d'utilité des infrastructures routières : estimée par le coût de reconstruction et/ou de déplacement (extrait de la base de données de l'auteur) actualisé pour les scénarios où il n'y a pas de retrait d'une portion de la rue. Pour les autres scénarios, puisque l'on reconstruit ces infrastructures, le coût annule l'avantage;

[7] Le lecteur peut toutefois se référer à l'article *Une analyse de rentabilité du Processus holistique de guérison de la Première nation de Hollow Water* pour être en mesure de constater la technique employée pour évaluer la modification du sentiment de sécurité disponible au http://ww2.ps-sp.gc.ca/publications/abor_corrections/apc2001_f.pdf.

[8] Le lecteur peut se référer au guide développé par le ministère des Transports du Québec intitulé *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport*, où la meilleure évaluation du coût du bruit est celle du coût des mesures mises en place pour en atténuer les effets, par exemple les murs anti-bruits pour réduire le climat sonore le long des autoroutes.

- Valeur de l'accès et de l'utilisation de la plage : correspond à la valeur totale du temps de loisir que les utilisateurs y consacrent (extraite de la base de données de l'auteur), sauf pour R1 où l'hypothèse de Tecsult a été utilisée car l'auteur n'avait pas fait le calcul pour ce scénario;
- Valeur du paysage[9] : estimée par la valeur moyenne des droits d'entrée au Parc Nature multipliée par le nombre de visiteurs payants annuellement;
- Valeur de la vue : estimée à 10 000$ par résidence touchée[10], avec perte de 25 % de cette valeur dans les scénarios avec épis et 75 % dans le scénario d'empierrement et a été comptabilisée l'année prévue de la réalisation des ouvrages[11]. Dans les scénarios avec retrait, la valeur de la vue n'est qu'un transfert entre les riverains déplacés et ceux qui profiteront maintenant de cette vue.

Coûts

- Coûts de la solution à implanter : extraction dans la base de données de l'auteur des coûts des infrastructures liés aux divers scénarios;
- Coût de l'étude environnementale et de l'audience publique : les coûts des études d'impacts et de l'audience publique ont été estimés à 400 000$ et 230 000$ respectivement, basés sur la fourchette supérieure employée par Tecsult pour les études d'impact (étant donné que la zone visée par l'étude est reconnue comme réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO) ainsi que sur le coût de l'audience publique du BAPE sur la Côte-Nord concernant le projet La Romaine d'Hydro-Québec;

[9] On devrait toutefois évaluer le paysage en se référant à des marchés indirects ou à des marchés reconstitués fictivement par le biais d'une enquête et à la notion de consentement à payer dont le montant correspond à un prix (voir Job (2006), *Éléments pour l'évaluation économique du paysage)*. Ces grandeurs sont calculées notamment sur la base de la mise en œuvre de trois méthodes, à savoir la méthode des coûts de déplacement, la méthode des prix hédonistes et la méthode d'évaluation contingente. Les deux premières se réfèrent à des marchés indirects et donc à des usages effectifs, tandis que la troisième s'appuie sur des enquêtes censées reconstituer la transaction marchande et vise à tenir compte non seulement des valeurs d'usage mais aussi des valeurs de non-usage et d'existence. Les études d'impact environnementales adressent habituellement ce genre de questions. Une approximation grossière pourrait être le calcul de l'ensemble des dépenses liées à la fréquentation du site par les visiteurs (nuitées, restaurant, souvenirs, frais de déplacement, etc.) et ajouter les droits d'entrée. Ce serait une borne inférieure et c'est ce que ÉcoRessources a fait avec les seuls droits d'entrée au Parc Nature. Toutefois, la façon rigoureuse de procéder serait de connaître les préférences des consommateurs et d'établir leur courbe de demande. La surface sous la courbe de demande au dessus du prix d'entrée au Parc Nature représenterait le surplus du consommateur. C'est le bénéfice « intangible » du site. Il faudrait par la suite voir comment chacune des options affecterait l'offre du site, ce qui devrait déplacer la courbe de demande vers la gauche, réduire les revenus globaux ainsi que le surplus du consommateur. C'est cette différence entre les deux surplus du consommateur qui représenterait le coût intangible associé à l'option. Puisque nous n'avons pas sondé les visiteurs pour savoir pourquoi ils s'y rendent et leurs dépenses pour s'y rendre (leurs préférences, qui permettraient de faire la courbe), par conséquent, ÉcoRessources a choisi d'établir la valeur économique du paysage sur les seuls droits d'entrée au Parc Nature.
[10] Leclerc (2008), *Analyse coûts-avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*, page 88.
[11] Valeurs tirées du rapport de Tecsult inc, *Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles.*

- Coût de la recharge initiale (et des recharges périodiques, le cas échéant) : extraction dans la base de données de l'auteur des derniers calculs de coûts liés aux divers scénarios;
- Coût des pertes économiques découlant de la cueillette de myes : calculé en fonction de données les plus récentes de Pêches et Océans Canada[12];
- Coût de la perte des terrains spécifiques au Parc Nature qu'engendrent les scénarios P3, P4 et P5 : multiplication de la superficie perdue par la valeur foncière moyenne de 2007 des terrains touchés par les différents scénarios sur la rue Labrie;
- Coût des pertes d'accès et d'utilisation des plages : valeur totale du temps de loisir que les utilisateurs ne peuvent plus consacrer à la fréquentation des plages des secteurs touchés (valeur extraite de la base de données de l'auteur).

2.5. Avantages et coûts de chaque option[13]

Certains avantages et coûts sont chiffrés et actualisés (représentés en M$), d'autres non, mais ils figurent quand même pour le bénéfice du lecteur étant donné les enjeux autres qui n'ont pu être pris en compte par l'ACA dans ce dossier.

*2.5.1. Mesure de type retrait simple, représenté par l'option Retrait général progressif assisté financièrement (**R1**)*

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (0,31 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Délais plus courts car le Programme général d'indemnisation – Mouvement des sols (PGMS) est déjà existant;
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées.
- Coûts
  - Coût total (rue + autres coûts) du retrait (2,69 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,40 M$);
  - Perturbations du milieu de vie pour les citoyens déplacés.

*2.5.2. Mesure de type protections dures, représenté par l'option Empierrement linéaire généralisé (**P3**)*

- Avantages
  - Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Préservation de la vue sur la rive (0,07 M$);

[12] MPO, 2008. Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007. Avis sci. 2007/051, Pêches et Océans Canada.
[13] Non présentée par ordre d'importance.

- Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
- Solution connue et déjà appliquée ailleurs.

o Coûts

- Coût de l'empierrement (7,49 M$);
- Accès et utilisation des plages restreints (6,18 M$);
- Effet de bout;
- Perte de cueillette de myes (0,81 M$);
- Perturbations liées aux travaux;
- Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
- Coût des terrains perdus au Parc Nature (0,15M$);
- Recharge initiale et périodique (10,42 M$);
- Impact sur le paysage côtier naturel.

2.5.3. Mesures de type stabilisations douces, représenté par les options suivantes :

2.5.3.1. Champ d'épis conventionnels partout avec recharge initiale et périodique de plage (option P1)

o Avantages

- Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
- Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
- Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
- Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
- Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).

o Coûts

- Coût de 20 épis conventionnels (2,34 M$);
- Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
- Recharge initiale et périodique (7,32 M$);
- Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
- Perturbations liées aux travaux;
- Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.2. Champ d'épis de type Holmberg (boudins remplis de sable ou béton) partout avec recharge initiale et périodique de plage (option P2)

o Avantages

- Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
- Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
- Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
- Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
- Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).

- Coûts
  - Coût de 20 épis Holmberg (13,37 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale et périodique (7,32 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.3. Champ d'épis conventionnels équilibré avec recharge initiale seulement (option P4)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,63 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 12 épis conventionnels (1,45 M$);
  - Coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Coût des terrains perdus au Parc Nature (0,15M$);
  - Recharge initiale (2,61 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Impact sur le paysage côtier naturel;
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.4. Champ d'épis de type Holmberg équilibré (option P5)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,63 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 12 épis Holmberg (8,32 M$);
  - Coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Coût des terrains perdus au Parc Nature (0,15M$);
  - Recharge initiale (2,37 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Impact sur le paysage côtier naturel;
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.5. Champ d'épis conventionnels réduit (option P6)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (0,93 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,63 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 11 épis conventionnels (1,33 M$);
  - Coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale (2,38 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.6. Protection minimale (option mixte MX1)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (0,62 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (1,00 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$).
- Coûts
  - Coût de 8 épis conventionnels (0,91 M$);
  - Coût total (rue + autres coûts) du retrait (1,79 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale (1,63 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,08 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Gestion des déplacements sur une longue période;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.6. Implication économique

Cette section présente, pour chacune des solutions possibles, l'implication économique du point de vue de la société (ACA approximative) et du point de vue de l'auteur (analyse multicritères).

Selon l'ACA approximative (tableau 1), toutes les options présentent une valeur actualisée nette (VAN) négative. Ces résultats signifient que les avantages ne sont pas suffisants pour justifier les coûts de l'une ou l'autre des interventions et qu'une intervention publique n'est pas appropriée dans ce contexte. Toutefois, il peut toutefois y avoir des considérations autres qu'économiques dans ce type de dossier et

l'ACA constitue alors un outil d'aide à la décision. Il se peut que les autorités gouvernementales aient de toute façon décidé d'intervenir et ÉcoRessources suggère alors de choisir celle qui est relativement la moins négative du point de vue de la société. Dans ce contexte, **nous recommandons le scénario R1**, soit celui du retrait généralisé assisté, puisqu'il se classe bon premier autant au niveau de la VAN (-0,71 M$) que du ratio avantages/coûts (0,77) comme on peut le constater au tableau 1 qui suit cette section.

Quant à eux, les résultats de l'analyse multicritères sont basés sur les sept critères identifiés par le comité de concertation, pour lesquels l'auteur spécifie, sous forme de remarque, à la section 10.3 (page 172) du rapport :

> « La valeur allouée aux critères de base et aux pondérations des critères correspond au jugement des auteurs qui reconnaissent qu'elles pourraient être interprétées différemment par d'autres intervenants. Malgré son aspect quantitatif, elles n'ont pas les qualités d'une démarche scientifique pleine et entière. Les valeurs obtenues sont donc sujettes à interprétation et ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif seulement comme outil d'aide à la décision. »

Pour cette raison, **les résultats de l'analyse multicritères, tels qu'utilisés dans l'étude, devraient être utilisés avec précaution par les autorités au moment de décider de mettre en œuvre l'une des options plutôt qu'une autre car elle ne permet pas de déterminer laquelle des options est la plus avantageuse d'un point de vue économique**. L'analyse multicritères prend plutôt en compte le poids relatif des avantages et des coûts, des impacts favorables et adverses, et l'équilibre global des options.

Nous renvoyons le lecteur au début de la section 2.4 pour les explications concernant la façon dont ÉcoRessources est parvenue à chiffrer approximativement les avantages et les coûts actualisés pour chaque option dans le tableau 1 (les tableaux 1, 2 et 3 suivent la présente section). Pour arriver aux résultats du tableau 2, l'exercice réalisé par l'auteur de l'étude a été de chiffrer les coûts des options, auxquels le seul avantage de conserver l'accès et l'utilisation des plages a été considéré. Il a également ventilé ces valeurs selon l'imputation de ces coûts et leurs contributions respectives. Finalement, le tableau 3 présente les résultats de l'analyse multicritères, qui prend en compte des aspects économiques et d'équité pour laquelle la valeur allouée aux critères de base et à leurs pondérations correspond au jugement de l'auteur. Le tableau 3 classe ainsi les options selon ces pondérations. Ainsi, **selon l'analyse multicritères, le scénario P6 est celui qui a les moins grandes implications économiques** au niveau des coûts avec une VAN de -3,26 M$.

TABLEAU 1 – BILAN DES DIFFÉRENTES OPTIONS DU POINT DE VUE DE LA SOCIÉTÉ (ACA APPROXIMATIVE)

NOM DE LA MESURE ET ZONES VISÉES	DESCRIPTION SOMMAIRE	AVANTAGES (+) ET COÛTS (-) ACTUALISÉS EN TERMES MONÉTAIRES (M$) N.B. Seuls les avantages et les coûts actualisés et évalués en termes monétaires sont présents dans ce tableau résumé. Pour la liste complète des avantages et des coûts, voir section 2.4	(i) AVANTAGES en M$	(ii) COÛTS en M$	(i – ii) VAN en M$	RATIO AVANTAGES /COÛTS	Rang p/r à VAN	Rang p/r au ratio
R1, Retrait généralisé assisté, zones D+E+F	Mesures de retrait seulement incluant 1,56 km de rue Labrie Est	(+) : Accès et utilisation des plages (0,31); protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût du retrait rue Labrie sur 1,56 km (0,96); autres coûts du retrait (1,73); perte cueillette myes (0,40).	2,38	3,09	**-0,71**	0,77	1	1
P1, Épis conventionnels partout, zones D+E+F	12 épis sur 3,9 km - Recharges initiale et périodique -	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22); sauvegarde des paysages (0,02 M$). (-) : Coût 20 épis (2,34); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale et périodique (7,32); perte cueillette myes (0,16).	3,84	10,47	**-6,63**	0,37	5	5
P2, Épis Holmberg partout, zones D+E+F	Épis Holmberg sur 3,9 km - Recharge initiale et périodique	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût 20 épis Holmberg (13,37); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale et périodique (7,32); perte cueillette myes (0,16).	3,84	21,5	**-17,66**	0,18	7	7
P3, Empierrements partout, zones D+E+F	Empierrement conventionnel sur 3,9 km - Aucun retrait - Recharge initiale et périodique	(+) : Protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09) ; vue (0,07). (-) : Coût empierrement (7,49), accès et utilisation des plages restreints (6,18); perte cueillette myes (0,81); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale et périodique (10,42); terrains perdus Parc Nature (0,15).	2,12	25,86	**-23,74**	0,08	8	8
P4, Épis conventionnels Équilibré, zones A+D+F	12 épis conventionnels dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Retrait rue 0,9 km	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,63), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22). (-) : Coût 12 épis (1,45); coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (2,61); perte cueillette myes (0,16); terrains perdus Parc Nature (0,15).	3,49	5,65	**-2,16**	0,62	2	2
P5, Épis Holmberg Équilibré, zones A+D+F	Épis dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,63), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22). (-) : Coût 12 épis Holmberg (8,32); coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63) étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (2,37); perte cueillette myes (0,16); terrains perdus Parc Nature (0,15).	3,49	12,28	**-8,79**	0,28	6	6
P6, Épis conventionnels réduit, zones D+F	11 épis (sauf celui avant le Parc Nature) - Recharge initiale - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	(+) : Accès et utilisation des plages (0,93); protection des infrastructures routières (0,63), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût 11 épis (1,33); coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (2,38); perte cueillette myes (0,16).	2,89	5,15	**-2,26**	0,56	3	3
MX1, Épis conventionnels + retrait, zone D	8 épis - Recharge initiale - Retrait rue Labrie sur 1,4 km - Retrait partiel des résidences	(+) : Accès et utilisation des plages (0,62); protection des infrastructures routières (1,00), municipales et des résidences (1,09); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût 8 épis (0,91); coût retrait rue Labrie sur 1,4 km (1,00); autres coûts du retrait (0,79); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (1,63); perte cueillette myes (0,08).	2,73	5,22	**-2,49**	0,52	4	4

TABLEAU 2 - SYNTHÈSE - RÉSULTATS ÉCONOMIQUES DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES DIFFÉRENTES OPTIONS

OPTIONS ►	**R1 ou Rréf**		**P1**		**P2**		**P3 ou Préf**		**P4**		**P5**		**P6**		**MX1**	
DESCRIPTION GÉNÉRALE	**Retrait progressif assisté**		**Épis partout**		**Épis Holmberg partout**		**Empierrements partout**		**Épis Équilibré**		**Holmberg Équilibré**		**Épis Réduit**		**Épis + Retrait partiel**	
COÛTS	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%
Coût global	**3,62**	100	**7,69**	100	**18,71**	100	**25,07**	100	**2,85**	100	**9,47**	100	**3,26**	100	**3,81**	100
Autres valeurs	1,08	30	-1,55	-21	-1,55	-8	7,59	30	-1,55	-64	-1,55	-17	-0,82	-29	-0,28	-8
ÉQUITÉ▼		%		%		%		%		%		%		%		%
Coût pour le gouvernement	1,94	53	2,85	37	9,47	51	3,21	13	2,25	90	6,27	68	2,09	70	2,43	67
Coût pour la communauté	0,26	7	4,72	64	9,13	50	14,54	58	1,14	38	3,85	39	1,06	30	0,87	20
Riverains (Taxes et en nature)	0,04	1	2,09	26	2,09	10	0,16	1	1,31	49	1,19	13	1,19	38	0,84	22
Riverains (Sud)-Coûts directs	0,45	13		0		0		0		0		0		0	0,21	6
Perte ou gain net de valeur	(0,14)	-4	-0,43	-6	-0,43	-2	-0,43	-2	-0,30	-12	-0,30	-3	-0,25	-9	-0,26	-7

Note : VPN (valeur présente nette actualisée au taux de 4 %/an) et les % indiquent la répartition de l'équité.

TABLEAU 3 - RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES OPTIONS

OPTIONS ► CRITÈRES ▼	R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	MX1
Critères de base								
#1 Coût d'ensemble	100 %	0 %	0 %	0 %	72 %	0 %	78 %	78 %
#2 Durabilité	100 %	80 %	70 %	20 %	80 %	80 %	70 %	85 %
#3 Risque résiduel	100 %	70 %	70 %	40 %	80 %	75 %	80 %	80 %
#4 Équité	85 %	80 %	40 %	0 %	100 %	40 %	100 %	100 %
#5 Environnement - Bilan sédimentaire	50 %	50 %	50 %	10 %	90 %	90 %	80 %	90 %
#6 Synergie - Mise en valeur	50 %	80 %	80 %	30 %	90 %	90 %	80 %	80 %
#7 Impact social	20 %	100 %	100 %	50 %	100 %	100 %	90 %	40 %
Critères globaux								
#1 Poids décisif sur le coût	68 %	0 %	0 %	0 %	65 %	0 %	65 %	62 %
#2 Poids majoritaire sur le coût	93 %	20 %	18 %	6 %	77 %	21 %	79 %	81 %
#3 Moyenne géométrique pondérée	56 %	0 %	0 %	0 %	65 %	0 %	65 %	62 %
#4 Moyenne arithmétique pondérée	48 %	0 %	0 %	0 %	59 %	0 %	66 %	54 %
MOYENNE - CRITÈRES GLOBAUX	**66 %**	**5 %**	**4 %**	**1 %**	**66 %**	**5 %**	**69 %**	**65 %**

Note : Les pourcentages attribués aux critères dépendent dans la mesure du possible de variables explicites. Autrement un justificatif est fourni dans le rapport. Une valeur de 100% signifie une parfaite concordance avec le critère.

2.7. Conclusions

Tel qu'exprimé précédemment, certaines erreurs méthodologiques ont été décelées dans le rapport. Certaines d'entre elles ont pu être corrigées pour se rapprocher davantage d'une ACA classique. Quant à lui, l'auteur a effectué une analyse de type multicritères et non une ACA. Toutefois, les calculs de l'auteur ont permis de dégager certains avantages et coûts actualisés qui ont à être intégrés dans le cadre d'une ACA classique. ÉcoRessources a donc extrait les données pertinentes du point de vue de la société afin de présenter des résultats se rapprochant le plus près d'une ACA classique, auxquels ont été ajoutés certains calculs omis au départ. Ces considérations soulevées, ÉcoRessources croit que les résultats obtenus, la plupart des erreurs méthodologiques étant corrigées, ne diffèrent pas significativement de ceux qui auraient été obtenus si l'ACA avait été faite dans les règles de l'art. Avec les données dont elle disposait, ÉcoRessources a fait une ACA approximative et les résultats doivent, en conséquence, être considérés avec précautions.

L'analyse d'ÉcoRessources permet de dégager les conclusions suivantes, prenant en considération les éléments qui n'ont pu être évalués :

1. La presque totalité des impacts qui n'ont pu être évalués se situent au niveau des avantages.
2. Les impacts non évalués du coté des avantages se retrouvent dans chaque option, quoique leur intensité peut différer d'une option à l'autre. Ils sont en général moindres que le coût des travaux.
3. C'est au niveau des avantages que chacune des options est sous estimée.
4. Sur les huit (8) options, quatre (4) présentent des niveaux de coûts clairement incommensurables avec le niveau des avantages.
5. Considérant la valeur des actifs en cause (entre 2,05 M$ et 2,09 M$), la sous-estimation de la valeur des avantages et le fait que la VAN est négative, il est clair que la solution la plus intéressante au plan public est la R1.

La solution R1 est la moins négative des options pour l'ACA approximative et la solution P6 est la meilleure selon l'analyse multicritères.

Selon ÉcoRessources, les chiffriers développés par l'auteur sont très intéressants et pourraient être réutilisables pour d'autres analyses de cas d'érosion des berges. Toutefois, auparavant, certaines erreurs méthodologiques identifiées dans ce résumé doivent être corrigées. Les chiffriers pourraient également être simplifiés afin d'être plus conviviaux dans leur présentation, leur compréhension et leur utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS-ETE) et Aquapraxis (2008). *Analyse coûts-avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes,* Québec, 184 pages (sans les annexes).

Couture, J., T. Parker, R. Couture et P. Laboucane (2001). *Une analyse de rentabilité du processus holistique de guérison de la Première nation de Hollow Water*, Ottawa, Solliciteur général Canada, Collection sur les Autochtones,179 pages.

Ferland, Anne-Marie (2006). *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport – Partie 1 : Précis méthodologique,*ministère des Transports du Québec, 72 pages.

Job, Louis (2006), *Éléments pour l'évaluation économique du paysage,* Université de Versailles-Saint Quentin-en-Yvelines, 4 pages.

Messier, J-P. L. (2007). *Formulaire de proposition à l'UNESCO de la Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan - Uapishka (Québec, Canada)*. Comité de création de la Réserve de la biosphère Manicouagan – Uapishka, Baie-Comeau, 137 pages.

MPO, (2008). *Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007*. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2007/051, Pêches et Océans Canada, 13 pages.

Tecsult Inc. (2008). *Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles*, 70 pages (sans les annexes).

Zerbe, R.O.(2001). *A Place to Stand For Environmental Law and Economic Analysis?* http://www.cserge.ucl.ac.uk/Zerbe.pdf

FQM | INGÉNIERIE ET INFRASTRUCTURES

ANNEXE 6

RAPPORT PRINCIPAL - ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DÉPOSÉE AU MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS

CIMA + - DÉCEMBRE 2011

MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DÉPOSÉE AU MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS

RAPPORT PRINCIPAL

STABILISATION LE LONG DES BERGES DU FLEUVE ST-LAURENT SUR LE TERRITOIRE MUNICIPAL DE POINTE-AUX-OUTARDES

Préparé par : _____
Danielle Cloutier, Ph.D. Océanographe

Vérifié par : _____
Christian Gagnon, B.Sc. Biologiste, chargé de projet

PROJET N° QR0010A
Décembre 2011

2030, boul. de la Rive-Sud, bureau 201
Saint-Romuald (Lévis) QC G6W 2S6
CANADA

Tél.: 418 834-2273
Fax: 418 834-3356
www.cima.ca

TABLE DES MATIÈRES

Page

LISTE DES FIGURES IV

LISTE DES TABLEAUX V

LISTE DES ANNEXES VII

ÉQUIPE DE RÉALISATION VII

1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DU PROJET 1

1.1 PRÉSENTATION DE L'INITIATEUR DU PROJET 1

1.2 JUSTIFICATION DU PROJET 2
1.2.1 Contexte et raisons d'être du projet 2
1.2.2 Historique 5
1.2.3 État actuel du milieu côtier – situation critique dans plusieurs secteurs 6

1.3 ENJEUX LIÉS À LA SÉCURITÉ DES RÉSIDENTS 8
1.3.1 Risques à court terme pour les résidents 8

1.4 ENJEUX ÉCONOMIQUES POUR TOUTE UNE POPULATION 8
1.4.1 Risques d'érosion élevés pour les infrastructures publiques 8
1.4.2 Premier enjeu économique - disparition des activités de cueillette des myes 9
1.4.3 Deuxième enjeu économique – précarité des infrastructures récréotouristiques 9

1.5 UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL MAJEUR 10
1.5.1 Objectifs du projet 10

1.6 DÉMARCHE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 11

2. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR 13

2.1 ZONE D'ÉTUDE 13

2.2 MILIEU PHYSIQUE 13

2.2.1 Le climat 17
2.2.2 Période de glace et englacement 20
2.2.3 Géologie et géomorphologie 21
2.2.3.1 Morphologie et topographie du littoral de Pointe-aux-Outardes 22
2.2.4 Infrastructures et éléments artificiels de la rive 27
2.2.5 Dynamique sédimentaire 28
2.2.6 Évolution du trait de côte 29
2.2.6.1 Dynamique d'érosion 29
2.2.7 Bilan sédimentaire 30
2.2.8 Marées et niveaux d'eau 31
2.2.8.1 Surcotes et décotes 31
2.2.8.2 Le régime des vagues 32
2.2.8.3 Qualité des eaux côtières 33
2.2.8.4 Nature et qualité des sols et des sédiments 34

2.3 MILIEU BIOLOGIQUE 37
2.3.1 Flore 37
2.3.2 Faune benthique 37
2.3.3 Faune ichtyenne 38
2.3.4 Herpétofaune 40
2.3.5 Faune avienne 41
2.3.6 Mammifères terrestres 43
2.3.7 Mammifères marins 43
2.3.8 Espèces à statut particulier 44

2.4 MILIEU HUMAIN 45
2.4.1 Cadre administratif 45
2.4.2 Zonage et affectation du territoire 46
2.4.3 Tenure des terres 48
2.4.4 Utilisation du sol 48
2.4.5 Activités et infrastructures récréotouristiques 51
2.4.6 Activité de chasse et pêche 52
2.4.7 Cueillette de mollusques 52
2.4.8 Caractéristiques visuelles du paysage 54
2.4.9 Profil socio-économique 54
2.4.10 Éléments patrimoniaux du cadre bâti et archéologie 54
2.4.11 Présence autochtone 55
2.4.12 Préoccupations et perceptions de la population 55

3. DESCRIPTION DES OPTIONS ET DES SCÉNARIOS DE STABILISATION 59

3.1 MESURES DE PROTECTION EXISTANTES 59
3.1.1 Différentes mesures de stabilisation 59
3.1.1.1 Retrait simple 59

3.1.1.2 Protections dures 59
3.1.1.3 Stabilisations douces 60

3.2 SCÉNARIOS DE STABILISATION 60
3.2.1 Description des scénarios de stabilisation 60
3.2.1.1 Scénarios ou options références 61
3.2.1.2 Options de stabilisation considérées pour Pointe-aux-Outardes 61

3.3 ANALYSE COMPARATIVE 62
3.3.1 Approche de présélection 62

3.4 SÉLECTION DU MEILLEUR SCÉNARIO 65
3.4.1 Élimination des options trop coûteuses 65
3.4.2 Priorité aux mesures de stabilisation douces 65

3.5 SCÉNARIO RETENU POUR POINTE-AUX-OUTARDES 66
3.5.1 Caractéristiques de l'option retenue 68
3.5.1.1 Schéma de protection des berges pour Pointe-aux-Outardes 68
3.5.1.2 Conception des épis en enrochement 68
3.5.2 Volumes de recharge de plage 70
3.5.3 Protection additionnelle 72

4. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PROJET 73

4.1 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET PRINCIPALES ACTIVITÉS À RÉALISER 73
4.1.1 Procédure de réalisation des travaux 73
4.1.1.1 Aménagement d'un chemin pour la circulation de la machinerie 73
4.1.1.2 Mise en place des épis 73
4.1.1.3 La recharge de plage 74
4.1.2 Autres activités et travaux liés à la réalisation du projet 74
4.1.2.1 Aménagement d'une aire de travail 74
4.1.2.2 Gestion des matières dangereuses 74
4.1.2.3 Équipements et machinerie utilisés 75
4.1.2.4 Transport et circulation de la machinerie 75

4.2 CALENDRIER DES TRAVAUX 75

5. EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET 79

5.1 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION 79
5.1.1 Détermination de l'importance d'un effet environnemental 80
5.1.1.1 Intensité de l'effet 80
5.1.1.2 Valeur environnementale 80
5.1.1.3 Degré de perturbation 81

5.1.1.4 Intensité 81
5.1.1.5 Indice durée / intensité 81
5.1.1.6 Durée de l'effet 82
5.1.1.7 Indice durée / intensité 82
5.1.1.8 Importance de l'effet 82
5.1.1.9 Étendue de l'effet 82
5.1.2 Mesures d'atténuation et effets environnementaux résiduels 84

5.2 ÉVALUATION DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX 85
5.2.1 Identification des sources d'impact 85
5.2.1.1 Phase de stabilisation 85
5.2.2 Phase post-stabilisation 86
5.2.3 Valeur environnementale des composantes du milieu 86
5.2.4 Interrelations entre les composantes 92
5.2.5 Évaluation des effets appréhendés du projet 95
5.2.6 Effets environnementaux et mesures d'atténuation 95
5.2.7 Phase construction 95
5.2.7.1 Aménagement des aires de travail et d'entretien 95
5.2.7.2 Transport du matériel (circulation lourde) 101
5.2.7.3 Stabilisation de la berge 104
5.2.7.4 Achat de biens et services 105
5.2.7.5 Présence des infrastructures 105
5.2.7.6 Recharge de plage 108
5.2.7.7 Transport du matériel 110

5.3 SOMMAIRE DES EFFETS RÉSIDUELS 112

6. PROGRAMMES DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI 113

6.1 SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE 113

6.2 SUIVI ENVIRONNEMENTAL 114

7. RÉFÉRENCES 117

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1: Localisation de la zone d'étude et du segment de berge à stabiliser 3
Figure 1-2 : État du milieu côtier en 2008 7
Figure 2-1 : Composantes des milieux physique et biologique 15
Figure 2-2 : Rose des vents, région de Baie-Comeau 19
Figure 2-3 : Historique de la couverture de glace dans le golfe Saint-Laurent (1968 à 2008) 21

Figure 2-4 : Carte marine de la région de la Péninsule de Manicouagan 22
Figure 2-5 : Topographie LIDAR de l'ensemble du secteur à l'étude, Pointe-aux-Outardes..... 23
Figure 2-6 : Profil type de la plage du secteur à l'étude..... 24
Figure 2-7 : Vue générale de la topographie de l'estran de Pointe-aux-Outardes comprise entre 0 et – 2 m 25
Figure 2-8 : Particularités morphologiques propres à l'estran de Pointe-aux-Outardes; z..... 26
Figure 2-9 : Vue panoramique, barre sableuse au large, apparente à marée basse 27
Figure 2-10 : Présence d'un enrochement (A) et de quelques épis de bois (B) à l'ouest du quai municipal..... 27
Figure 2-11 : Présence de quelques épis en enrochement (A) - Côte partiellement enrochée par endroits (B) 28
Figure 2-12 : Péninsule de Manicouagan – Présence des cellules sédimentaires et direction des courants..... 28
Figure 2-13 : Sources de pollution des eaux coquillères sur le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes 34
Figure 2-14 : Granulométrie en milieu de plage à Pointe-aux-Outardes..... 35
Figure 2-15 : Granulométrie en haut de plage à Pointe-aux-Outardes 35
Figure 2-16 : Éléments du milieu humain de Pointe-aux-Outardes..... 49
Figure 2-17 : Vieux quai servant de rampe de mise à l'eau à l'ouest du site des travaux..... 51
Figure 2-18 : Secteurs coquillers de la MRC de Manicouagan 53
Figure 3-1 : Segments de la côte de Pointe-aux-Outardes - Mesures de stabilisation des berges 61
Figure 3-2 : Effet de type épi au quai municipal de Pointe-aux-Outardes..... 66
Figure 3-3 : Angle de 6o suggéré par le CEM pour la transition en fin de série d'épis (échelle transversale amplifiée) 67
Figure 3-4 : Section transversale d'un épi construit sur la côte atlantique, en Caroline du Nord, USA 69
Figure 3-5 : Localisation des sections transversales pour l'évaluation des volumes de recharge 71
Figure 3-6 : Variation du volume requis par mètre linéaire de plage..... 71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Normales climatiques (température et précipitation) enregistrées à la station météorologique de Baie-Comeau de 1971 à 2000 18
Tableau 2-2 : Statistiques des taux de recul moyen des bornes du littoral de Pointe-aux-Outardes 29
Tableau 2-3 : Description des marées pour la localité de Baie-Comeau (station #2840) 32
Tableau 2-4 : Espèces de poissons présentes dans le secteur à l'étude 39
Tableau 2-5 : Espèces d'amphibiens et de reptiles susceptibles d'être observées sur la Péninsule de Manicouagan 41
Tableau 2-6 : Inventaire de l'aire de concentration d'oiseaux aquatiques 15-28-01.... 42

Tableau 2-7 : Résultats des inventaires des sites de nidification des hirondelles de rivages sur le littoral de Pointe-aux-Outardes, août 2011 42
Tableau 2-8 : Espèces de mammifères marins présentes dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent 44
Tableau 2-9 : Synthèse des espèces fauniques à statut particulier, susceptibles d'être présentes dans le secteur à l'étude 45
Tableau 3-1 : Résultats de l'analyse multicritères des options 64
Tableau 5-1 : Grille d'évaluation de l'intensité d'un effet 81
Tableau 5-2 : Grille d'évaluation de l'indice durée / intensité 82
Tableau 5-3 : Grille d'évaluation de l'importance de l'effet 84
Tableau 5-4 : Valeur environnementale des composantes des milieux physique, biologique et humain 87
Tableau 5-5 : Interrelations entre les composantes du projet et les composantes environnementales 93
Tableau 5-6 : Synthèse des effets appréhendés 97

LISTE DES ANNEXES

Annexe A	Parcelle d'inventaire des zones de concentration d'oiseaux aquatiques 15 -28 -01 du MRNF
Annexe B	Inventaire de l'hirondelle des rivages
Annexe C	Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) - Correspondance
Annexe D	Zonage et affectation
Annexe E	Cartes du zonage du risque
Annexe F	Règlement 2010-05 modifiant le règlement de remplacement du règlement de contrôle intérimaire 2006-08 relatif à l'érosion des berges du fleuve St-Laurent
Annexe G	Étude de potentiel archéologique
Annexe H	Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes - Résumé du rapport
Annexe I	Analyse Coûts Avantages - ÉcoRessources Consultants 2009

ÉQUIPE DE RÉALISATION

CIMA+

Christian Gagnon	biologiste, chargé de projet
Danielle Cloutier	océanographe
Goulwen Dy	biologiste
Evelyne Arsenault	géographe
Andy Guyaz	ingénieur hydrogéologue
Carole Côté	adjointe administrative
Frédérick Willeme	technicien en protection de l'environnement

Sous-traitants

Josée Villeneuve	Patrimoine expert, Consultants en Patrimoine et Archéologie

Référence à citer:
CIMA+, 2011. Stabilisation le long des berges du fleuve Saint-Laurent sur le territoire municipal de Pointe-aux-Outardes. Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Rapport préparé pour la Municipalité de Pointe-aux-Outardes, 145 p. + annexes.

1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DU PROJET

1.1 PRÉSENTATION DE L'INITIATEUR DU PROJET

Ce document comprend l'étude d'impact environnemental pour la réalisation de travaux de stabilisation le long des berges du fleuve Saint-Laurent, sur le territoire municipal de Pointe-aux-Outardes. Ce projet découle d'une entente spécifique entre la Municipalité de Pointe-aux-Outardes et le ministère de la Sécurité publique (MSP). Dans le cadre de ce projet, le promoteur est :

Municipalité de Pointe-aux-Outardes
471, chemin Principal,
Pointe-aux-Outardes (Québec)
G0H 1M0
Téléphone : (418) 567-2203
Télécopieur : (418) 567-4409
Responsable du projet :
Monsieur Maxime Whissell
Québec (Québec) G1S 4Z1

Courriel : maxime.w@pointe-aux-outardes.ca

Dans le cadre de ce projet, la firme CIMA+ a été mandatée pour réaliser l'étude d'impact sur l'environnement. La personne ressource chez CIMA+ est :

Monsieur Christian Gagnon, Directeur environnement
CIMA+
2030, boulevard de la Rive-Sud, bureau 201
Saint-Romuald (Lévis), Québec G6W 2S6
Canada
Téléphone : 418 834-2273
Télécopieur : 418 834-3356

Courriel : christian.gagnon@cima.ca

1.2 JUSTIFICATION DU PROJET

1.2.1 Contexte et raisons d'être du projet

Le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes, et en particulier le côté sud de la pointe aux Outardes (côté du fleuve), subit depuis plusieurs années des reculs importants de ses rives par l'érosion et les mouvements de sols (figure 1-1). Il a été estimé que le volume actuel de sédiments érodés et transportés vers l'estuaire de la rivière aux Outardes et la batture au large des côtes s'établit aujourd'hui à environ 37 000 m^3/an en moyenne, par rapport à une valeur estimée à 20 000 m^3/an au début des années 1990, une progression obtenue à même l'expansion vers l'est des segments de côte en érosion.

Les taux de recul des berges à Pointe-aux-Outardes sont de 1,2 m/an. À ce rythme, la ligne de rivage recule rapidement et menace certaines infrastructures publiques, des résidences ainsi que des milieux naturels d'intérêt, dont les dunes de la pointe du Bout, le marais situé derrière ces dunes, de même que les bâtiments d'accueil et sanitaires du Parc Nature, la ligne de distribution de l'électricité, la rue Labrie, les maisons, etc.

Si la tendance actuelle se maintient, le volume de sédiments érodés et transportés hors du système côtier de Pointe-aux-Outardes, pourrait atteindre et plafonner à près de 60 000 m^3/an d'ici une décennie, lorsque l'ensemble de la côte visée sera soumise à l'érosion active (Leclerc et Dupuis, 2008). Dans l'hypothèse pessimiste, mais réaliste des changements climatiques anticipés, le recul des côtes pourrait s'accélérer et l'érosion pourrait atteindre un volume de 80 000 m^3/an, soit plus du double du volume actuel de sédiments érodés et transportés vers l'estuaire de la rivière aux Outardes et la batture.

Les causes directes de l'érosion s'avèrent multiples et complexes. Elles comprennent les surcotes reliées aux épisodes de tempêtes, les marées de syzygie (marées de vives-eaux), l'action des vagues de tempête sur le littoral, l'équilibre précaire du bilan sédimentaire ainsi que l'évolution, à long terme, du niveau moyen des mers. Par ailleurs, les changements climatiques appréhendés changeront fort probablement la magnitude et la fréquence d'occurrence de ces phénomènes. Selon les spécialistes d'Ouranos (Ouranos, 2007), le taux de recul actuel des berges reflète, depuis près d'une décennie, une période particulièrement active en ce qui a trait à la fréquence des tempêtes, à la disparition graduelle de la banquise côtière et au relèvement graduel du niveau des mers.



N

0 250 500 750 1 000
m

Figure 1-1
Localisation du segment de berge à stabiliser

Segment à stabiliser

Municipalité de Pointe-aux-Outardes

Stabilisation des berges
le long du fleuve Saint-Laurent
Pointe aux Outardes
Étude d'impact sur l'environnement

CIMA Partenaire de génie

Sources: © Le ministère des Ressources naturelles Canada et Registre des aires protégées du Québec © Gouvernement du Québec

Fichier : QR0010A_ENV_001-01
Réalisée par Evelyne Arsenault
Vérifiée par Christian Gagnon

Date: Septembre 2011
Projection: NAD 1983, MTM 6

Parmi les causes probables de l'érosion, on note que plusieurs facteurs de nature anthropique ont aussi pu contribuer à l'accélération de ce phénomène :

- le harnachement des rivières qui a pu modifier le régime hydrologique saisonnier des estuaires, et donc leur régime sédimentaire;
- les protections dures linéaires implantées à la pièce, sans considération pour l'équilibre morpho-sédimentaire des plages;
- un mode d'occupation du territoire qui ne tient pas compte de contraintes liées à l'infiltration d'eau dans des sols indurés et sa résurgence dans les talus,
- des usages invasifs et dommageables de la plage (circulation motorisée).

Les divers événements qui ont présidé aux premières interventions en stabilisation de berges dans la Péninsule de Manicouagan sont relatés dans la section suivante.

1.2.2 Historique

Dès 1980, Allard (1980) du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles rédigeait un avis technique signalant que des secteurs du littoral du Saint-Laurent, bordant les municipalités de Pointe-aux-Outardes et de Baie-Saint-Ludger, sont soumis à de l'érosion importante. Les processus d'érosion sont très actifs dans la Péninsule de Manicouagan et vont tôt ou tard entraîner des interventions soit de type structurel (empierrement) ou administratif (relocalisation). Des perturbations de l'écosystème de la batture par la dynamique côtière sont signalées par l'Association touristique régionale Manicouagan (1984) et un lien est établi avec certaines actions humaines.

En octobre 1988, après la tenue du Sommet socio-économique de la Côte-Nord, un programme de protection des berges a été proposé pour la région de la Côte-Nord. Celui-ci était administré par l'entremise d'un protocole d'accord entre le ministère de la Sécurité publique et le ministère des Transports du Québec. Ce programme était supporté par un engagement du gouvernement à y verser un montant pouvant atteindre 6 M$. Un groupe de travail interministériel a été formé et était chargé de définir les critères d'intervention, de dresser l'inventaire des zones d'érosion, de dégager les priorités, d'établir la planification des interventions nécessaires et de formuler des recommandations sur les zones d'intervention prioritaires.

En 1991, lors de la Biennale de la Côte-Nord, la MRC de Manicouagan procède à un rappel des engagements gouvernementaux pris depuis 1988 en vue de solutionner la problématique de l'érosion dans le territoire et insiste sur l'urgence d'agir. Le document rappelle aussi les engagements du milieu par rapport à ce problème, y compris les aménagements en enrochement, l'approche courante à cette époque, réalisés par les

particuliers, et les mesures préventives (schéma d'aménagement) adoptées par les autorités locales. À Pointe-aux-Outardes, des travaux de stabilisation de la berge, dont des travaux d'enrochement sont entrepris au cours de l'exercice 1992, mais sans succès réel (Naturam Environnement 1997; 1999). Par la suite, un comité formé de citoyens de Pointe-aux-Outardes a pris l'initiative de mettre sur pied des corvées pour la construction d'épis. Au fil des ans, près d'une centaine d'épis ont ainsi été mis en place.

En juin 1995, le Conseil régional de développement de la Côte-Nord (CRDCN), aujourd'hui devenu la Conférence régionale des élu(e)s (CRÉ) de la Côte-Nord, déposait un nouveau rapport comprenant 27 demandes de protection du littoral pour l'ensemble de la Côte-Nord (CRDCN, 1995). Cette démarche ainsi que les pressions régionales concernant la question de l'érosion des berges mèneront par la suite à la signature, en 1999, de l'entente spécifique sur l'érosion des berges.

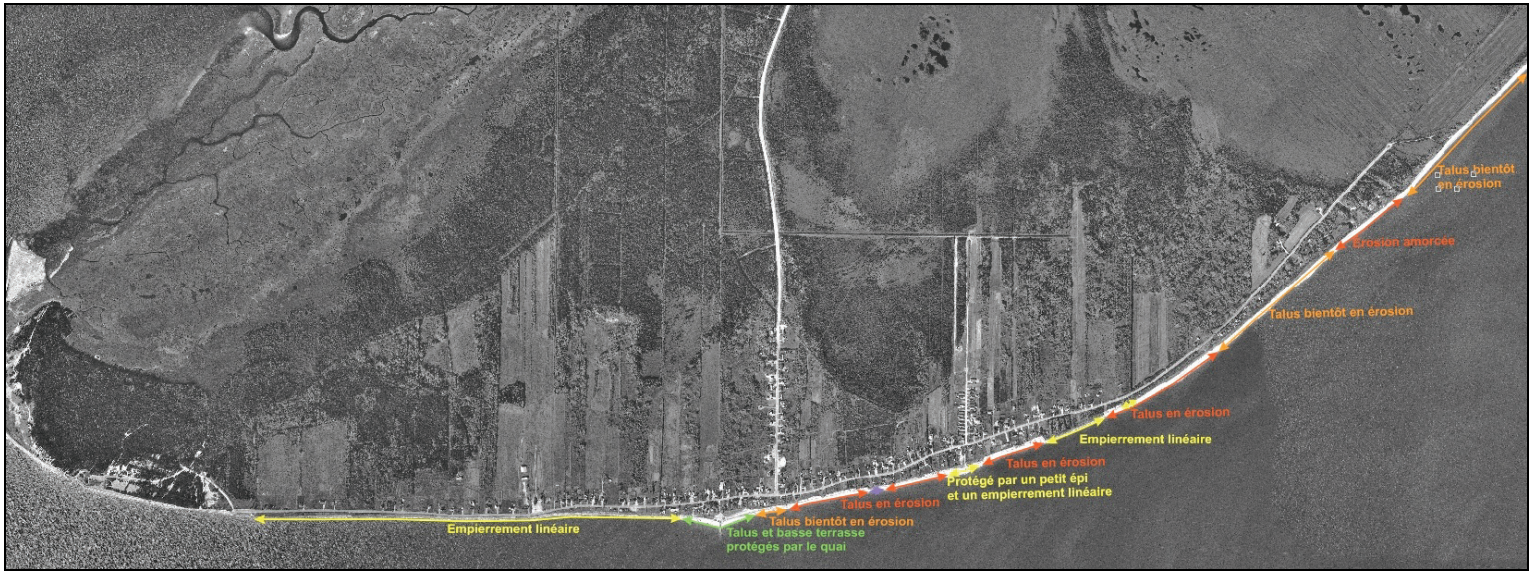
C'est dans le cadre d'un Colloque tenu en février 1999 par le Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire maritime (ZIP RNEM), portant spécifiquement sur la problématique d'érosion des berges, que cette entente a été officiellement entérinée. À l'issue de ce colloque, des recommandations ont été à l'origine d'un projet expérimental portant sur le système d'épis Maltais-Savard (SEMS), ainsi que sur la préparation d'un plan de gestion des berges entre Tadoussac et Blanc-Sablon (ZIP RNEM, 1999).

En mars 2000, dans le cadre de l'Entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord, six ministères ainsi que le CRDCN ont formé un comité interministériel régional de coordination pour gérer cette problématique. Afin d'appuyer ce dernier, un comité d'experts sur l'érosion des berges (CEEB) a été chargé de réaliser une étude visant l'établissement d'un plan de gestion intégrée des zones côtières de la Côte-Nord. Ces faits saillants ont fait l'objet de présentations (CEEB 2004a), à l'automne 2004, auprès des MRC et des municipalités de la Côte-Nord. Plus de 480 feuillets couvrant le territoire côtier à l'échelle 1 : 20 000 ont été produits.

Un règlement de contrôle intérimaire est ensuite proposé, lequel est adopté en juin 2004 aux Iles-de-la-Madeleine, en décembre 2005 à Sept-Îles, et en mars 2006 par la MRC de Manicouagan. En septembre 2006, le RCI est accepté par Québec.

1.2.3 État actuel du milieu côtier – situation critique dans plusieurs secteurs

Le portrait de l'état actuel du milieu côtier est présenté à la figure 1-2. On distingue notamment le long empierrement linéaire, mis en place antérieurement, à l'ouest du quai municipal et quelques empierrements ponctuels disséminés à l'est du quai. Plusieurs segments de berges sont actuellement en érosion active, entrecoupés d'autres segments qui sont sur le point de s'activer à court ou moyen termes.



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 1-2 : État du milieu côtier en 2008

Aujourd'hui, malgré des interventions concrètes visant à stabiliser la côte et malgré toutes les actions et options envisagées, le problème d'érosion des berges à Pointe-aux-Outardes reste entier. La vulnérabilité des propriétés situées en rive est indéniable**,** voire même prévisible dans le temps**.** Pour la Municipalité de Pointe-aux-Outardes, il est primordial de mettre en place des solutions durables et efficientes, afin d'éviter les sinistres envisagés et d'atténuer les conséquences de l'érosion. La mise en place de ces solutions représente des enjeux écologiques et économiques importants pour toute la communauté. Sur le plan de la sécurité des résidents de Pointe-aux-Outardes, les enjeux sont tout aussi clairs.

1.3 ENJEUX LIÉS À LA SÉCURITÉ DES RÉSIDENTS

1.3.1 Risques à court terme pour les résidents

Actuellement, **35 résidences sont à risque** compte tenu du taux de recul important. Ces résidences disposent de peu de marges de recul (de 4 m à 129 m). L'état de la situation actuelle des résidences s'avère critique à cause de leur trop grande proximité des hauts de talus (<7 m) qui ne permet pas leur déplacement sécuritaire :

- quatre résidences sont virtuellement perdues actuellement;
- trente et une résidences pourraient devoir être déplacées ;
- **huit de celles-ci devraient l'être à court terme,** soit d'ici cinq ans, et possiblement six autres résidences les cinq années suivantes, et ainsi de suite jusqu'en 2038;
- **quinze** de ces trente et une résidences ne disposent pas de suffisamment d'espace sur le même terrain pour y demeurer**;**

Ceci sans compter que les changements climatiques anticipés (hypothèse pessimiste) pourraient accélérer considérablement ce processus de délocalisation résidentielle.

1.4 ENJEUX ÉCONOMIQUES POUR TOUTE UNE POPULATION

1.4.1 Risques d'érosion élevés pour les infrastructures publiques

Actuellement, ce sont près de 1,6 km de la rue Labrie Est qui seront directement exposés à l'érosion à court et moyen termes (dans l'horizon de 30 ans de l'étude). La situation qui prévaut actuellement est la suivante :

- **à très court terme (5 ans),** un segment de la rue Labrie de 0,9 km bordé de terrains vacants est menacé (entre le 194 et le 324 rue Labrie est) ; l'urgence de cette situation a conduit à au déplacement de ce tronçon de route ;
- **à plus long terme (15-20 ans)**, à défaut de stabiliser les berges, l'érosion menacerait rapidement un segment de 0,7 km plus au centre du village (236, Rue Labrie).

En considérant le coût de reconstruction au kilomètre linéaire de ces infrastructures, en incluant les travaux de voirie, d'aqueduc et tous les réseaux filaires, **le coût unitaire est évalué à 0,85 M$/km** (Leclerc et Dupuis, 2008)**.**

1.4.2 Premier enjeu économique - disparition des activités de cueillette des myes

La cueillette des myes à Pointe-aux-Outardes, représentait il y a quelques années, un **apport économique d'appoint intéressant pour des dizaines de cueilleurs autorisés** (plus de trente) qui écoulaient leur produit sur les marchés. Les effets de l'érosion sur le littoral sableux et la modification du substrat (plus argileux et plus compact) font en sorte que ces mollusques peuvent difficilement s'enfouir et coloniser le milieu. Il ne se fait donc pratiquement plus de cueillette, car le substrat n'offre plus d'habitat intéressant pour cette espèce. **L'enjeu économique associé à ces activités de cueillette est estimé à plus de 300K$/an pour Pointe-aux-Outardes** (Leclerc et Dupuis, 2008).

Plusieurs facteurs ont été ciblés pour expliquer la diminution des activités de cueillette (ZIP Côte-Nord de l'estuaire, 2004; Giguère et al., 2004). Toutefois, il est raisonnable de croire que le retour à un bilan sédimentaire équilibré devrait favoriser le maintien de cette exploitation, ou du moins stabiliser la valeur et la disponibilité des habitats.

1.4.3 Deuxième enjeu économique – précarité des infrastructures récréotouristiques

Le marais intertidal de la batture de Pointe-aux-Outardes supporte un écosystème productif et très diversifié. Il s'agit d'un atout important pour toute la région, de sorte qu'il est question de désigner tout le secteur de l'estuaire aux Outardes Zone de Protection Marine (ZPM). Le même secteur a d'ailleurs été récemment désigné Réserve de la Biosphère de l'UNESCO, visant à souligner la richesse écologique et le rapport harmonieux entre l'homme et la nature.

La principale infrastructure de ce type est représentée par le Parc Nature. Localisé à l'extrémité ouest de la pointe aux Outardes, ses côtes sont tributaires à la fois des apports sédimentaires de l'estuaire aux Outardes et de la dérive littorale. Elles subissent également l'attaque des vagues et des effets de bout reliés à l'empierrement linéaire de la rue Labrie Ouest. Le Parc Nature est très actif en saison estivale en offrant diverses

activités d'interprétation du milieu côtier, à la fois sur les plans écologique et physique. Son niveau d'activité varie d'année en année, mais son chiffre d'affaires annuel (entrées au guichet, projets de caractérisation) ajouté à des campagnes de financement fructueuses représentent des apports économiques appréciables pour Pointe-aux-Outardes. Le Parc Nature caresse d'ailleurs d'importants projets de mise en valeur qui pourraient grandement bénéficier d'une synergie avec la Réserve de la Biosphère de l'UNESCO, de la mise en place d'une ZPM et d'un programme de stabilisation de berges. Le maintien de cette infrastructure est primordial pour toute la communauté de Pointe-aux-Outardes.

1.5 UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL MAJEUR

L'enjeu environnemental du projet de stabilisation des berges est adressé à double titre :

- le souci de compenser les impacts des interventions antérieures (empierrements) sur le littoral, lesquels ont entraîné de l'érosion accrue (effets de bouts);
- la perspective de rétablir un équilibre sédimentaire dynamique.

Cet équilibre sera propice au maintien des usages récréotouristiques (plages) et des habitats coquilliers présents sur la batture, lesquels représentent un enjeu écologique et financier important pour la communauté et les cueilleurs.

1.5.1 Objectifs du projet

La Municipalité de Pointe-aux-Outardes, en collaboration avec le MSP, propose d'aller de l'avant et de mettre en place un champ d'épis avec travaux de recharge en sable pour un segment de berge de 1,5 km, afin de contrer la progression de l'érosion dans ce secteur de la côte (figure 1-1). Ce projet a fait, à ce jour, l'objet de plusieurs études qui comprennent notamment des relevés de terrain et l'analyse de solutions technico-économiques (Leclerc et Dupuis, 2008; Éco-ressources, 2009). Les objectifs du projet de stabilisation des berges sont les suivants :

- arrêter l'érosion aux endroits où les infrastructures routières, les résidences ainsi que les autres types de bâtiments sont menacés à court, moyen et long termes (horizon global de 0 - 30 ans), et ce, sur une longueur de rivage totale de quelque 1,5 km;
- assurer une protection durable des infrastructures et bâtiments, de même que la sécurité des personnes habitant ou fréquentant ces lieux (résidents, touristes, travailleurs, etc.);
- stabiliser les foyers actifs d'érosion afin de préserver l'intégrité du milieu terrestre riverain;
- effectuer la protection côtière, incluant le talus et la plage, par la mise en place d'épis et par une recharge de plage à Pointe-aux-Outardes.

À cet effet, l'étude des impacts environnementaux du projet est réalisée en vue d'obtenir un décret autorisant la Municipalité de Pointe-aux-Outardes à réaliser les travaux de stabilisation le long du littoral du Saint-Laurent, situé sur son territoire.

1.6 DÉMARCHE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

La section IV.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (L.R.Q., c. Q-2) oblige toute personne ou groupe à suivre la Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement et à obtenir un certificat d'autorisation du gouvernement, avant d'entreprendre la réalisation d'un projet visé au Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (R.R.Q., c. Q-2 r.9). Le dépôt de l'avis de projet constitue la première étape de la procédure. Cet avis a été déposé par la Municipalité de Pointe-aux-Outardes en octobre 2008 et a été jugé recevable par le MDDEP. En réponse à cet avis de projet, la directive du Ministère, pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement, a été remise à la Municipalité de Pointe-aux-Outardes. Le contenu de l'étude d'impact doit se conformer à la section III du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (R.R.Q., c. Q-2 r.9), qui stipule en outre qu'elle doit être préparée selon une méthode scientifique et satisfaire les besoins du réviseur, du public et du décideur. Le contenu et la présentation de l'étude doivent répondre aux exigences du MDDEP, telles que détaillées dans la directive du ministre (Dossier # 3211-02-259; janvier 2009).

Outre les exigences stipulées, cette dernière indique que le Ministère incite fortement l'initiateur du projet à tenir une consultation publique le plus tôt possible dans le processus d'élaboration de l'étude d'impact sur l'environnement. Cette démarche vise à mettre à profit les connaissances des citoyens et des autres intervenants régionaux sur le milieu récepteur du projet, ainsi que leur capacité à faire valoir leurs opinions et leurs préoccupations afin que celles-ci puissent influencer d'emblée l'analyse et les décisions sur les composantes du projet et ainsi maximiser les possibilités de le rendre socialement acceptable.

Après son dépôt, l'étude est analysée et fait l'objet, le cas échéant, de questions complémentaires jusqu'à ce que l'analyste du Ministère soit en mesure d'émettre son avis officiel sur sa recevabilité. Lorsque l'étude est jugée conforme à la directive du ministre, ce dernier demande alors au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) d'intervenir dans le processus d'évaluation environnementale. L'étude d'impact est ainsi rendue publique. À la suite de la période de consultation, le BAPE peut tenir une audience publique, dont la responsabilité est confiée à une commission d'enquête, s'il y a une demande à cet effet et qu'elle n'est pas jugée frivole par le ministre. Le Ministère peut également exercer ses responsabilités par le biais d'une session d'arbitrage. À la fin du processus, cette commission rédige son rapport et fait ses recommandations au MDDEP.

Par ailleurs, le présent projet est également assujetti à la démarche d'évaluation environnementale fédérale en vertu de l'article 43 du Règlement sur la liste d'inclusion (DORS/94-637), relatif à la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (1992, ch. 37). Cette démarche nécessite tout d'abord une description de projet, laquelle doit être soumise à l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACÉE) pour vérifier si le projet doit effectivement faire l'objet d'une évaluation environnementale en vertu de la LCEE. L'ACÉE établit la portée de l'évaluation environnementale et coordonne les autorités fédérales concernées en matière d'évaluation environnementale. Après examen, les autorités responsables (AR) délivrent leurs commentaires. Après avoir obtenu réponse à leurs commentaires, les AR peuvent, ou non, émettre leur permis.

2. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

Les sections qui suivent présentent le secteur à l'étude ainsi que la description des milieux physique, biologique et humain.

2.1 ZONE D'ÉTUDE

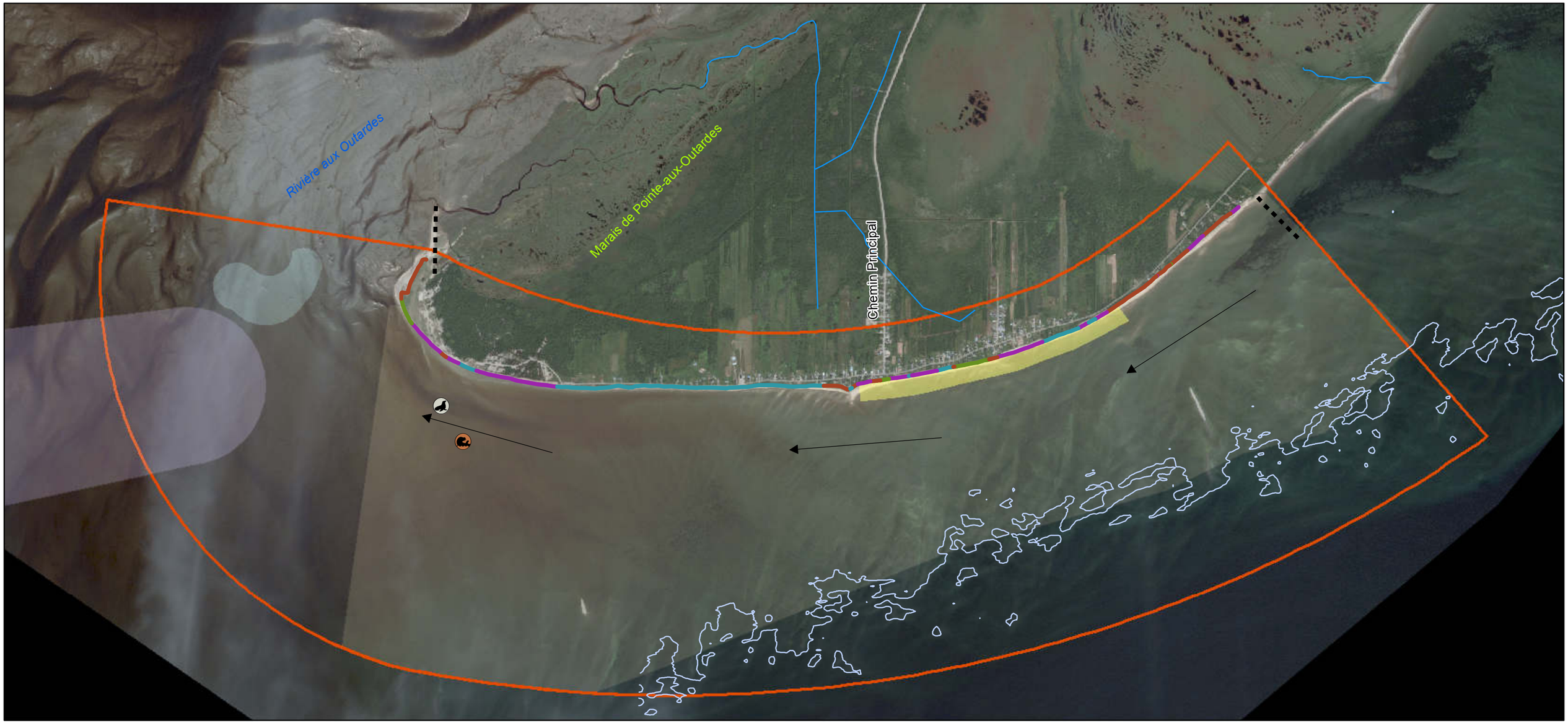
Située sur la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, la région de Pointe-aux-Outardes se trouve sur le territoire de la MRC de Manicouagan, immédiatement à l'ouest de la ville de Baie-Comeau. La zone d'étude régionale correspond au territoire couvrant l'ensemble des activités projetées et permettant de circonscrire l'ensemble des effets directs et indirects du projet sur les milieux naturel et humain. Ainsi la zone d'étude régionale englobe la municipalité de Pointe-aux-Outardes faisant partie de la MRC de Manicouagan. À l'intérieur de cette zone, aucun inventaire du milieu n'a été réalisé et seules les composantes significatives, à cette échelle géographique, sont décrites dans la présente étude tels les contextes socio-économiques, le transport routier local, la démographie et les usages régionaux du territoire.

La zone d'étude spécifique, comprise à l'intérieur de la zone d'étude régionale, concerne l'environnement immédiat du projet pour lequel le milieu est décrit et les impacts évalués. Une description des composantes physiques, biologiques et humaines a été effectuée. Cette zone de 1,5 km le long de la bande côtière, est délimitée à l'ouest, par l'extrémité de la Pointe du bout sur la rive gauche de l'estuaire de la rivière aux Outardes et à l'est, par l'anse de la Grosse-Pointe (figure 1-1). Latéralement, la zone d'étude s'étend entre la rue Labrie et couvre le milieu marin environnant.

2.2 MILIEU PHYSIQUE

Les sections suivantes décrivent brièvement les principales caractéristiques de la zone d'étude relatives à la géologie, la géomorphologie et les sols, la topographie des rives, l'hydrographie et l'hydrologie, la qualité de l'eau ainsi qu'au climat et au régime des vents.

La figure 2-1 illustre les diverses composantes du milieu naturel.



Milieu physique

- Limite de la cellule hydrosédimentaire
- Dérive littorale
- Limite des basses mers inférieurs de marées moyennes (0,5 m)
- Zone de transport actif

État de la côte

- Active
- Artificielle
- Semi-végétalisée
- Végétalisée

Milieu biologique

Faune

- Phoque commun (reproduction et mise bas)
- Phoque gris (échourie)
- Zone de fraie pour le lompe

Flore

- Banc de zostère

- Zone d'étude
- Site des travaux
- Cours d'eau

0 750 1 500 2 250 3 000 m

N

Sources: © Le ministère des Ressources naturelles du Canada
Registre des aires protégées du Québec
Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Laboratoire de dynamique et de gestion des zones côtière, UQAR

Date: Juillet 2011
Projection: NAD 1983, MTM 6

Fichier : MilieuBiophysique_P03.mxd
No. projet : QR0010A
Réalisée par: Evelyne Arsenault
Vérifiée par : Christian Gagnon

Municipalité de Pointe-aux-Outardes

Stabilisation des berges le long du fleuve Saint-Laurent - Pointe aux Outardes

Étude d'impact sur l'environnement

Figure 2-1
Éléments des milieux physique et biologique

CIMA Partenaire de génie

2.2.1 Le climat

Les conditions climatiques de la région d'étude sont décrites à partir des données enregistrées à la station météorologique de Baie-Comeau (# 7040440). Cette station, située à l'aéroport de Baie-Comeau, enregistre la vitesse et la direction du vent, les précipitations, la température de l'air, ainsi que la pression atmosphérique depuis de 1971. Les principales données d'intérêt climatique pour la présente étude sont présentées au tableau 2-1.

Ces données indiquent que les mois d'hiver (décembre, janvier, février et mars) se caractérisent par des températures moyennes quotidiennes variant entre -14,4 et -6,5°C. La température minimum extrême, enregistrée le 21 janvier 1950, était de -47,2°C. Les températures moyennes quotidiennes pendant la saison estivale, soit les mois de juin à septembre, varient entre 9,7 et 15,6°C. L'extrême de température maximum enregistré était de 32.2°C, le 17 juillet 1953. Les mois les plus chauds et les plus ensoleillés de l'année sont les mois de juin, juillet et août.

Les précipitations sous forme de pluie peuvent survenir toute l'année, mais surviennent principalement entre les mois de mai à octobre. Les précipitations neigeuses se manifestent généralement entre novembre et avril, mais peuvent survenir aux mois de septembre, octobre ou en mai. La saison de croissance des végétaux (dominance de jours où la température est supérieure à 5º C) commence au début du mois de mai, pour se terminer vers la mi-septembre. Par la suite (mi-octobre), les végétaux entrent généralement dans leur phase de dormance hivernale.

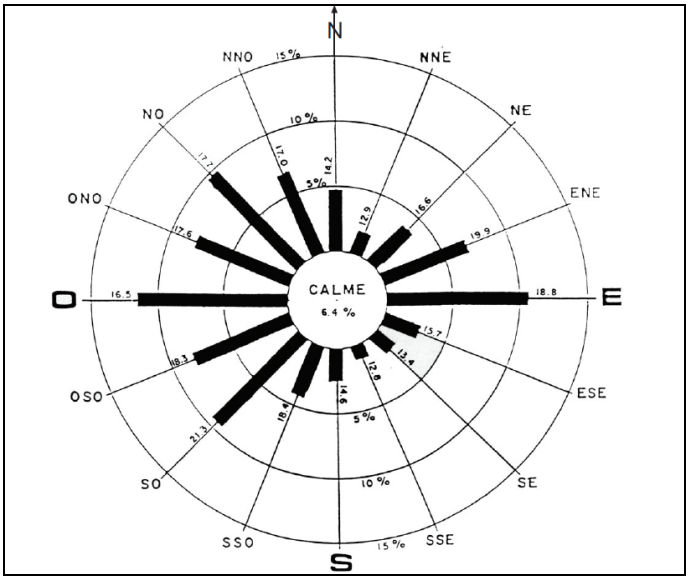
Tableau 2-1 : Normales climatiques (température et précipitation) enregistrées à la station météorologique de Baie-Comeau de 1971 à 2000

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température													
Moyenne quotidienne (°C)	-14,4	-12,7	-6,5	0,5	6,9	12,6	15,6	14,5	9,7	4,1	-2	-10,2	1,5
Précipitation													
Chutes de pluie (mm)	11,6	11,4	25,2	51,8	85,2	83,5	89,4	81,7	92,1	87,8	47,5	16,9	684,1
Chutes de neige (cm)	81,9	60,6	55,8	32,4	2,4	0	0	0	0,1	5,9	40,1	82,3	361,5
Précipitation (mm)	84,1	65,5	77,5	83,8	87,6	83,6	89,4	81,7	92,3	93,7	86	89,3	1014,4
Extrême quot. de pluie (mm)	50,2	52,4	60,5	70,9	59,9	44,6	**89,4**	68,3	73,2	65,8	53,8	54,6	
Date (année/jr)	mai-92	1996/21	1975/20	1950/20	1949/25	1992/21	**1996/19**	1952/17	1966/23	juin-91	1950/27	nov-50	
Vent													
Vitesse horaire moyenne du vent (km/h)	17,3	16,6	17,5	16,3	15,2	14,5	13,7	13,2	14,3	15,5	16,1	17	15,6
Direction dominante du vent	O	NO	NO	E	E	SO	SO	SO	SO	SO	O	O	SO
Vitesse extrême du vent (km/h)	83	**103**	78	77	69	64	64	66	71	77	74	80	
Date (année/jr)	1987/23	**févr-76**	1981/17	avr-75	1980/21	juin-60	sept-68	1968/15	1975/29	1976/21	1981/21	mai-68	
Vit. extrême des rafales de vent (km/h)	**131**	127	117	97	97	89	89	93	89	106	106	121	
Date (année/jr)	**1987/23**	févr-76	1981/17	avr-75	1971/13	1980/13	oct-81	1968/15	1973/27	oct-76	1967/24	mai-68	
Direction des rafales de vent extrême	NE	SO	NE	NE	SO	SO	N	O	SO	NE	SO	E	NE
Journées avec vitesse des rafales de vent >= 63 km/h	0,7	0,4	0,4	0,4	0,1	0	0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,6	3,4

(Source : Environnement Canada, 2011)

La proximité et l'étendue de l'estuaire maritime exercent une influence importante sur le climat général de la zone d'étude. En effet, l'eau froide du fleuve retarde le réchauffement printanier de l'air ambiant dans la zone côtière et sa chaleur à l'automne prolonge quelque peu la saison de croissance. Bien que le refroidissement progressif de la couche d'eau de surface débute en octobre, la température moyenne mensuelle de l'air, au-dessus de l'estuaire maritime, demeure légèrement supérieure à 0 °C jusqu'en novembre. Ce n'est qu'en décembre que la température de l'eau atteint le point de congélation de l'eau de mer (-1,9 °C) (Fortin et al., 1996). Quant au réchauffement de l'eau, celui-ci commence généralement au cours de la première semaine de mars et devient maximal en juin (Koutitonsky et Bugden 1991 In Fortin et al. 1996). Parallèlement, la température de l'air devient nettement supérieure à 0 °C à la fin avril/début mai.

Les données concernant la direction des vents (Environnement Canada, 1982) indiquent que, sur une base annuelle, ce sont les vents d'ouest qui dominent largement (figure 2-2). En fait, la fréquence cumulative observée pour les vents de directions sud-ouest à nord-ouest est de 52 %. Les vents d'est sont également fréquents (10,7 %). La direction du vent varie selon les saisons. Entre novembre et janvier, le vent dominant provient de l'ouest pour ensuite passer au nord -ouest en février et mars. Les mois d'avril et de mai sont caractérisés par des vents dominants venant de l'est, alors que les vents du sud-ouest dominent durant les mois de juin à octobre.



(Source : Génivar, 2006)

Figure 2-2 : Rose des vents, région de Baie-Comeau

Les tempêtes se produisent généralement durant la période hivernale et sont caractérisées par des vents de directions est et est-nord-est (Bernatchez, 2003). On peut observer durant cette dernière période une moyenne de neuf tempêtes, dont environ trois au cours du mois de janvier; elles peuvent durer un maximum de 8 à 12 h (Génivar, 2006). Durant la période estivale, on observe plutôt des vents du sud-ouest, de l'est ou de l'ouest, orientés selon l'axe du fleuve.

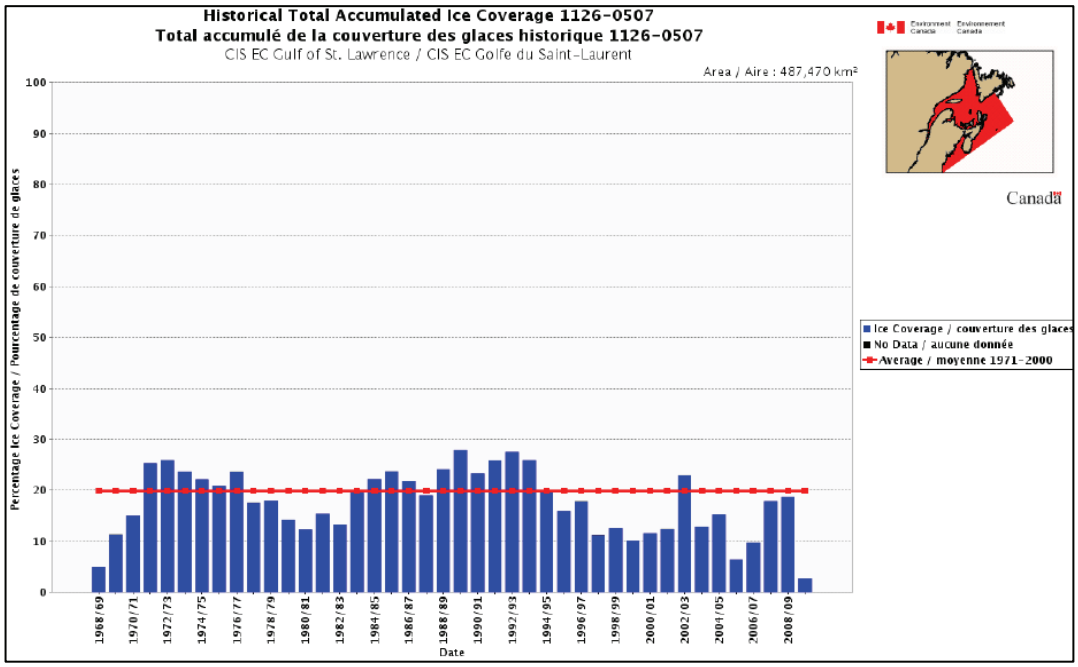
Les tempêtes sont un élément climatique important à considérer pour la compréhension de la dynamique côtière du secteur à l'étude. En effet, l'augmentation de la fréquence des tempêtes au cours de la dernière décennie a contribué au recul côtier (Bernatchez, 2003). Pour les années 1994 à 1999 il y aurait eu annuellement, en moyenne, 35 événements susceptibles de modifier la morphologie des plages.

2.2.2 Période de glace et englacement

La période d'englacement dans le secteur de la Péninsule de Manicouagan s'étend de décembre au début avril (Roche, 1997; Bernatchez, 2003). Le développement et le volume du couvert glaciel est fonction du nombre de jour de gel cumulé durant la période hivernale. Son évolution dépend donc du contexte climatique annuel et diffère chaque année. Également, les vents, la configuration de la côte, les marées, de même que la dynamique des forces marines influencent l'évolution temporelle de l'épaisseur, de l'étendue et de l'emplacement du couvert de glace sur la côte.

Aussi appelé banquise côtière, le couvert glaciel se forme par congélation de la couche d'eau superficielle ou par accumulation de glaçons en rive. Dans la baie Saint-Ludger, l'épaisseur du couvert glaciel varie généralement entre 0,5 et 1,3 m. Au large, son épaisseur pourrait atteindre 5 m (Roche, 1997).

La présence de banquise côtière limite normalement le transport littoral durant la période hivernale et protège ainsi la côte de l'érosion associée aux processus marins. Toutefois, les sédiments sableux qui sont incorporés dans le couvert de glace lors de sa formation, peuvent être transportés vers le large lors du départ des glaces au printemps. La diminution de l'étendue de la banquise et de la période d'englacement observée durant la dernière décennie devient un facteur préoccupant. Au cours des dernières années, on note une diminution constante du pourcentage de couverture de glace pour tout le golfe du Saint-Laurent (figure 2-3). Entre les années 1994 et 2008, la couverture de glace demeure en-deçà de la moyenne observée entre 1971 et 2000.



(Source : Service Canadien des glaces, 2010)

Figure 2-3 : Historique de la couverture de glace dans le golfe Saint-Laurent (1968 à 2008)

2.2.3 Géologie et géomorphologie

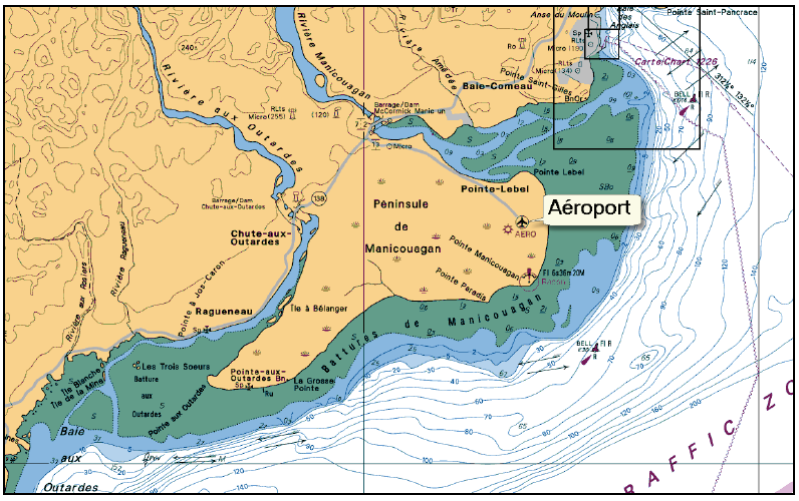
La zone d'étude fait partie de la région naturelle de la Plaine de la Haute et de la Moyenne-Côte-Nord. Celle-ci correspond à une longue frange côtière où le relief est généralement plat. Le socle rocheux est typique des formations géologiques rencontrées dans la province de Grenville (roche du protérozoïque supérieur reposant sur le bouclier archéen). Le Grenville est une ceinture de roches métamorphiques contenant de grands massifs de roches intrusives. À l'échelle du terrain à l'étude, les roches peuvent être décrites comme des gneiss ou des migmatites (gneiss ayant subi une fusion partielle). La composition des gneiss peut être variable, passant de gneiss gris, à gneiss à biotite-quartz-plagioclase, avec des gneiss associés riches en hornblende-biotite ou des amphibolites. La Péninsule de Manicouagan doit sa formation à la mise en place de dépôts meubles au cours de la dernière période glaciaire et post glaciaire. Après le retrait des glaces, la mer de Goldthwait, dont la transgression eut lieu il y a plus de 9 000 ans, aurait recouvert la péninsule (Morneau, 1992) et aurait favorisé la déposition de sédiments marins sur le littoral Nord-côtier actuel (Roche, 1997).

D'autre part, le retrait des glaciers vers le nord serait à l'origine des dépôts deltaïques de la péninsule qui auraient été incisés par l'écoulement des eaux de fonte, suite au retrait de

cette mer glaciaire. Ainsi, la combinaison des deltas emboîtés des rivières Manicouagan et aux Outardes, forme une plaine côtière étagée, caractérisée par des niveaux de terrasses marines et fluviales. Sur les plus haut replats, on peut aussi observer quelques collines rocheuses d'origine précambrienne (Roche, 1997). La compacité des dépôts deltaïques est variable. Les sables fins à moyens, stratifiés et bien triés, forment la majeure partie des talus ou des falaises de la région de Pointe-aux-Outardes (Roche, 1997). Sur la côte de Pointe-aux-Outardes, on observe un talus composé d'argile à sa base, surmontée d'une unité de sable.

2.2.3.1 Morphologie et topographie du littoral de Pointe-aux-Outardes

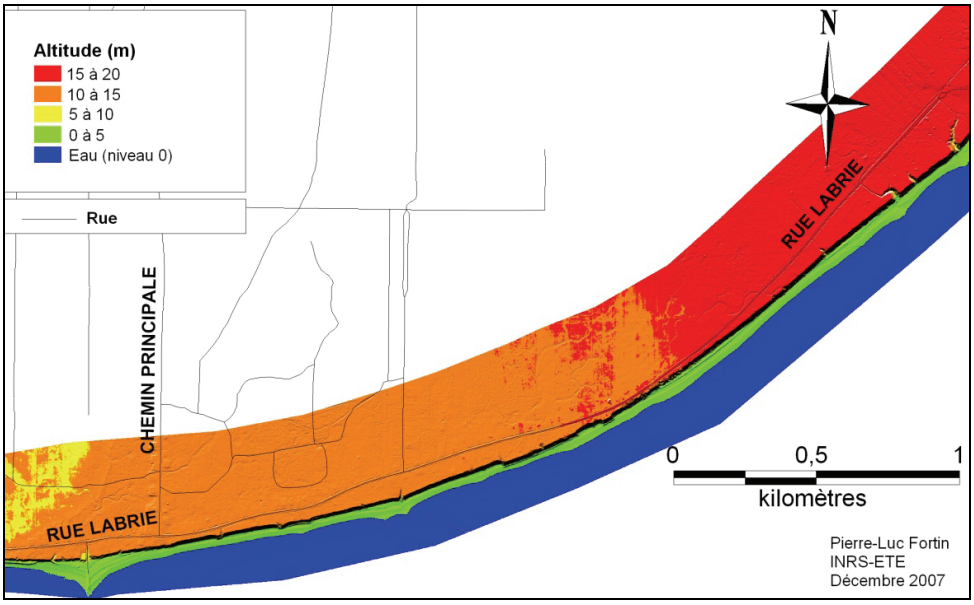
La Péninsule de Manicouagan est caractérisée par un vaste estran généralement de faible profondeur et de faible pente, limité à l'ouest par l'estuaire de la rivière aux Outardes et à l'est par l'anse de la Grosse-Pointe (figure 2-4). Au large, les profondeurs chutent rapidement vers le chenal laurentien, dont la cote géodésique est inférieure à -300 m. La plage du littoral de Pointe-aux-Outardes s'étend sur une longueur de près de 8 km, incluant la flèche sableuse, à l'extrémité ouest, appelée Pointe-du-Bout. Cette flèche, qui se serait formée entre 1965 et 1985, protège le marais salé situé à l'embouchure de la rivière aux Outardes, de l'action des vagues et des courants littoraux (Naturam Environnement Inc., 1999). Rectiligne dans son ensemble, la configuration du trait de côte présente certaines irrégularités engendrées par les infrastructures anthropiques (encoches, cicatrices longitudinales, traces d'effet de bout, petit ravin, etc.) ou par différents processus associés au ruissellement de surface (suffusion, ravinement, etc.).



(Source : carte marine 123601, Service hydrographique du Canada, 2004)

Figure 2-4 : Carte marine de la région de la Péninsule de Manicouagan

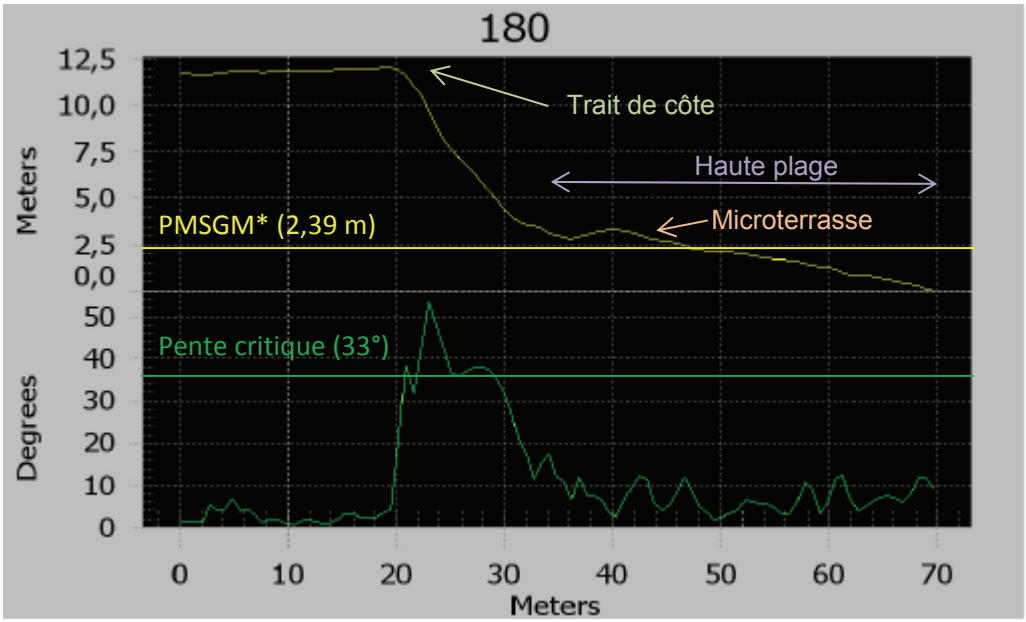
La figure 2-5 montre la topographie d'ensemble (extrait du LIDAR) du secteur à l'étude (rue Labrie Est). On constate que la terrasse principale se positionne verticalement entre 8 m et 16 m, de l'ouest vers l'est. Le trait de côte présente des renflements ou échancrures principalement associés à des interventions ponctuelles (quai municipal à l'ouest, empierrements linéaires, épis courts), dont certaines s'accompagnent d'effets de bout évidents.



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 2-5 : Topographie LIDAR de l'ensemble du secteur à l'étude, Pointe-aux-Outardes

La figure 2-6 présente un profil type réalisé sur la plage dans le secteur à l'étude, face à l'adresse civique 180, rue Labrie. Le trait de côte est caractérisé par la présence d'un talus de près de 12 mètres de hauteur et de pentes supérieures ou égales à 33 degrés, ce qui est supérieur à la pente d'équilibre du sable (Bernatchez, 2003). La largeur de la plage entre le pied de talus et le niveau 0 géodésique se situe entre 20 et 50 m. Dans la partie est du site d'intervention, la base du talus se trouve sous le niveau des pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM, 2.39 m), alors que dans la partie ouest, à la base du talus, on observe encore la présence de microterrasses dont la largeur varie entre 5 et 15 m (Leclerc et Dupuis, 2008). Sur les différents profils réalisés, les pentes de la haute plage varient entre 2 et 12°.



(Source Leclerc et Dupuis, 2008)

*PMSGM : Pleine mer supérieure de grandes marées

Figure 2-6 : Profil type de la plage du secteur à l'étude

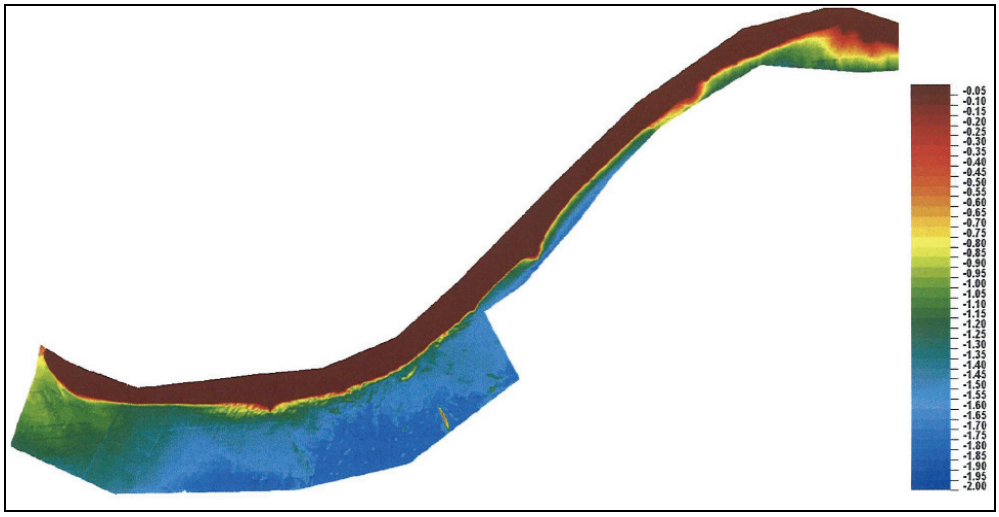
Des relevés bathymétriques ont été effectués d'octobre 2010 à janvier 2011 (Leclerc et Dupuis, 2008). Ces relevés couvrent la côte de Pointe-aux-Outardes sur une longueur totale de 7,2 km et couvrent l'estran sur une longueur variant entre 0,5 et 4 km. La figure 2-7 présente la topographie générale de la zone couverte par ce relevé.

Les figures 2-8 (A, B, C, et D) présentent le relevé détaillé. Les informations tirées de ces images montrent que le littoral de Pointe-aux-Outardes est caractérisé par la présence de dunes, de barres prélittorales et de chenaux de marées de dimensions et orientations variables. Le relevé détaillé montre que la zone ouest (Figure 2-8A), située près du Parc Nature est à une élévation supérieure (zone en vert pâle), ce qui traduit une accumulation des sédiments dans cette partie du littoral.

Cette accumulation correspond à un système de dunes associé aux courants côtiers. L'orientation des dunes et des chenaux s'étend du NO vers le SE, à gauche de l'image (ouest). Cette orientation vire progressivement du N vers le S et ensuite au NE vers le SO, à mesure que l'on progresse vers la droite (est). Plus loin à l'est (figure 2-8B), l'orientation des dunes et des chenaux de vidange est très bien définie et d'orientation SO vers NE, tout juste à l'ouest du quai, et devient S vers N environ 1 km à l'ouest de l'ancien quai. L'orientation des dunes est moins bien définie à l'est du quai. On observe la présence

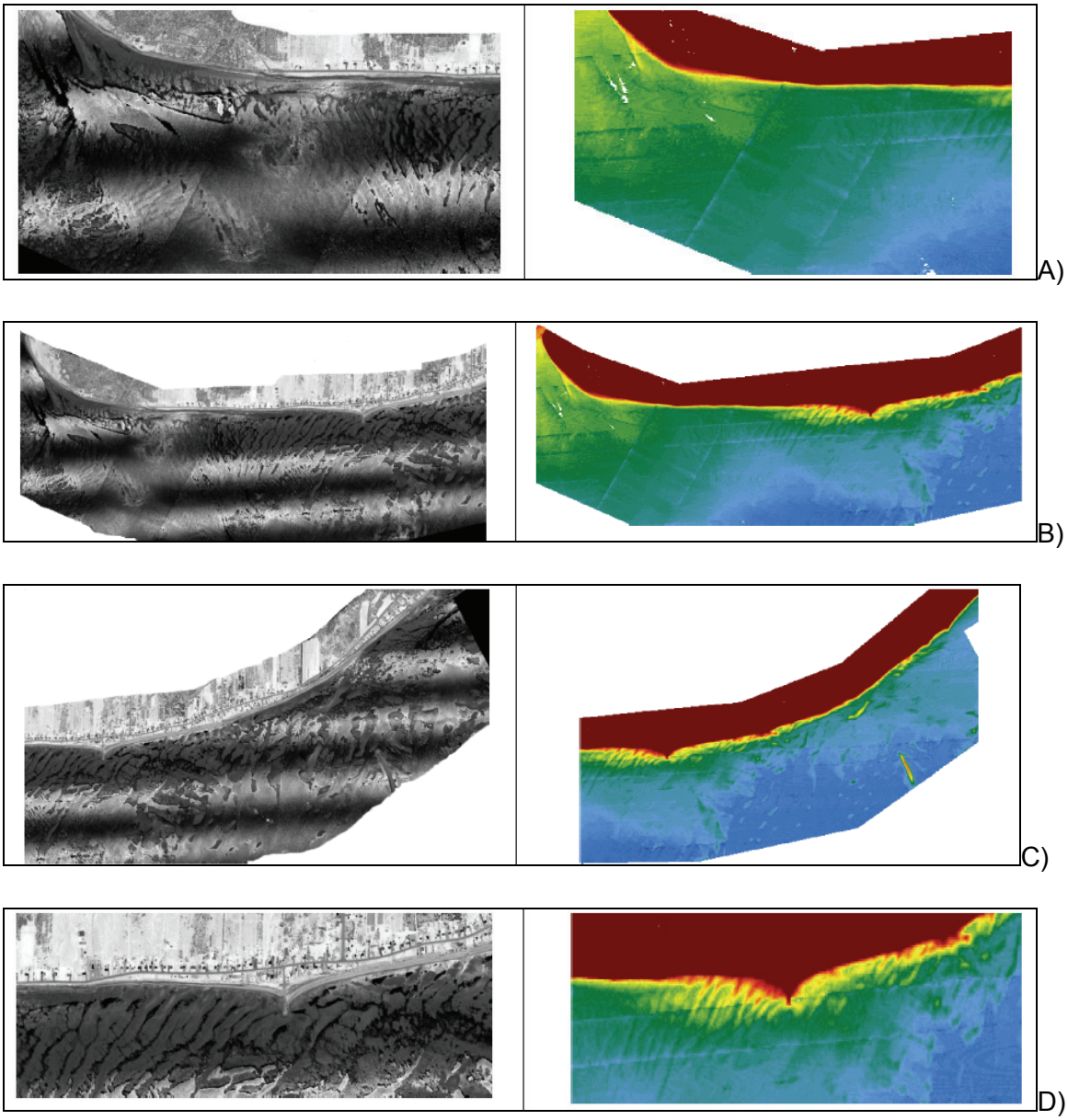
d'une barre parallèle à proximité de la rive et d'une barre transversale à environ 800 m de la rive (figures 2-8C et 2-9 A et B).

Ces formes sont souvent visibles lors de la marée descendante. L'engraissement est plus important à l'est du quai (trait de côte), mais l'élévation moyenne du fond est supérieure sur une plus grande superficie à l'ouest du quai (figure 2-8D). Les traits en vert foncé indiquent une orientation générale d'azimut 25°-205°.



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 2-7 : Vue générale de la topographie de l'estran de Pointe-aux-Outardes comprise entre 0 et – 2 m



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 2-8 : Particularités morphologiques propres à l'estran de Pointe-aux-Outardes; z

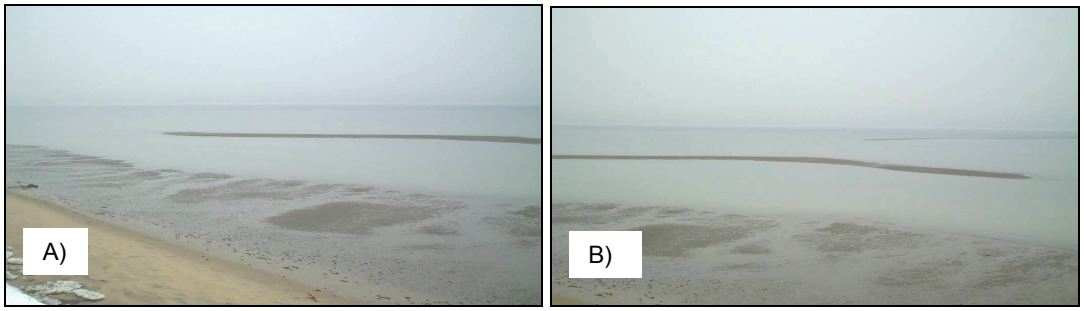


Figure 2-9 : Vue panoramique, barre sableuse au large, apparente à marée basse

2.2.4 Infrastructures et éléments artificiels de la rive

Afin de prévenir les dommages de l'érosion, plusieurs infrastructures, dont des enrochements et des épis de bois, ont été érigées le long de la côte en pied de talus. À l'ouest du quai, en progressant vers la pointe du bout, on note la présence de quelques épis de bois, d'un enrochement (figure 2-10), d'une longueur de 2 km, suivi d'autres épis de bois, d'un petit enrochement d'une centaine de mètres suivi de quelques caissons (environ 60 m). À l'endroit du site d'intervention, la côte est partiellement enrochée et on y observe également deux épis en enrochement (figure 2-11).

Immédiatement à l'ouest de la zone des travaux projetés, on note la présence du quai municipal qui sert actuellement de rampe de mise à l'eau.

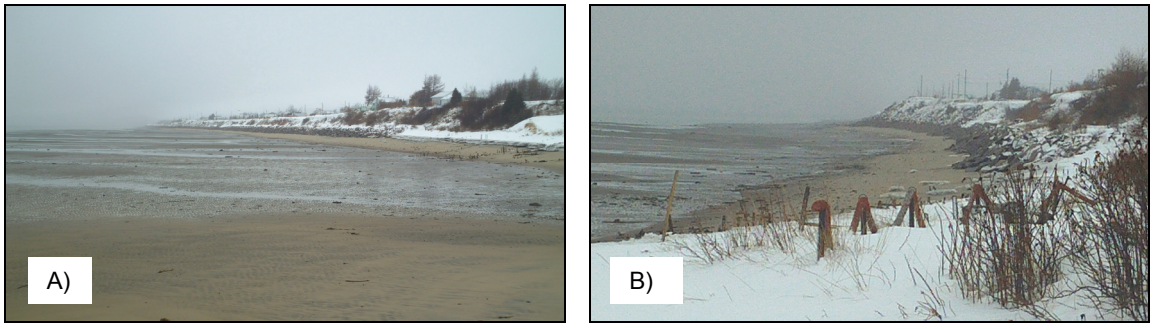


Figure 2-10 : Présence d'un enrochement (A) et de quelques épis de bois (B) à l'ouest du quai municipal

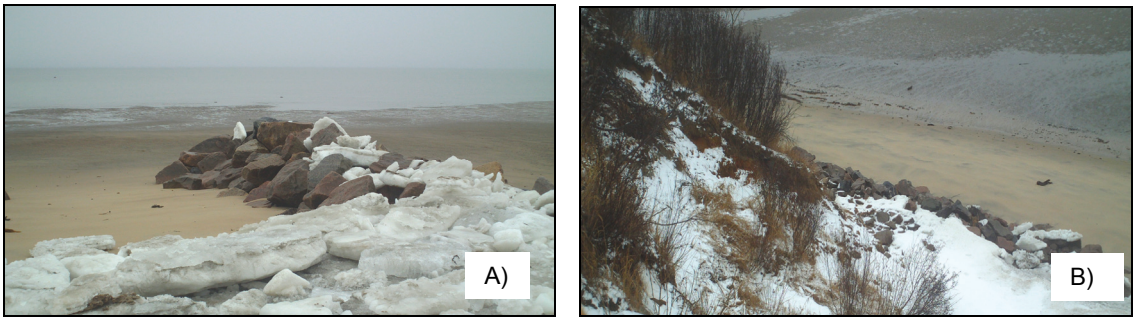
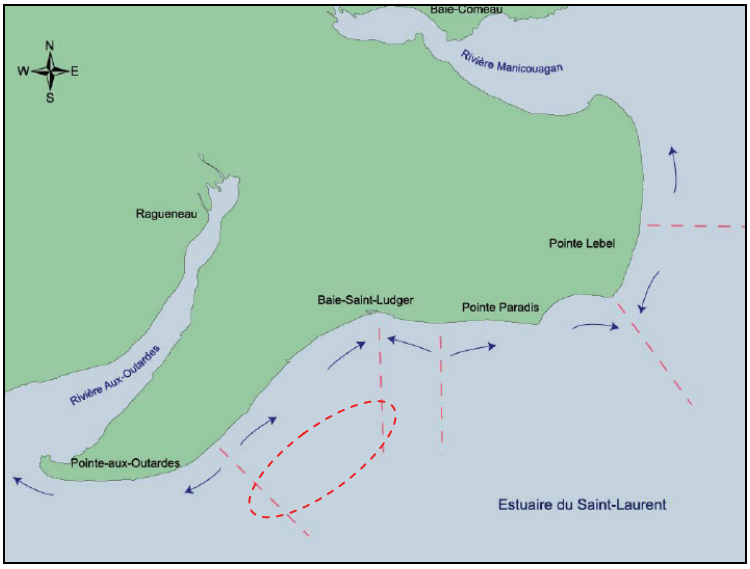


Figure 2-11 : Présence de quelques épis en enrochement (A) - Côte partiellement enrochée par endroits (B)

2.2.5 Dynamique sédimentaire

Le littoral de la Péninsule de Manicouagan se divise en plusieurs cellules hydrosédimentaires (figure 2-12) qui relèvent de critères hydrodynamiques homogènes (courants, sens de l'écoulement, vagues, orientation des fetchs, marées, etc.) ou géomorphologiques (configuration de la côte, présence d'îles et de cayes rocheuses, dimensions et pentes des plages, substrat des berges et de la plage, position des chenaux d'écoulement, etc.). La dérive littorale principale s'effectue en direction ouest. Dans le secteur immédiat des travaux, la dérive littorale se fait dans les deux directions (figure 2-9, trait encerclé). Selon Leclerc et Dupuis (2008), le transport sédimentaire est concentré sur une largeur de côte de près de 130 m.



(Source : MSP, 2006)

Figure 2-12 : Péninsule de Manicouagan – Présence des cellules sédimentaires et direction des courants

2.2.6 Évolution du trait de côte

Un suivi de l'évolution du trait de côte à Pointe-aux-Outardes, est effectué depuis 2000 par le laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR. Sur la côte de Pointe-aux-Outardes, 59 bornes ont été implantées jusqu'à ce jour. La distance entre les bornes positionnées le long du rivage et le trait de côte est relevée annuellement.

Dans le secteur du site d'intervention, 39 bornes sont utilisées pour mesurer le taux de recul côtier. Pour 27 d'entre elles, des taux de recul moyens variant entre 0,10 et 1,18 m ont été mesurés pour la période 2000-2009. Le recul annuel le plus important enregistrer pour ce secteur est de 4,24 m entre 2003 et 2004. Le tableau 2-2 présente un portrait sommaire de la répartition des taux de recul moyen pour le secteur à l'étude.

Tableau 2-2 : Statistiques des taux de recul moyen des bornes du littoral de Pointe-aux-Outardes

Secteur d'étude	Nombre de bornes
Nombre total de bornes	**59**
Bornes avec un taux de recul moyen entre 0 et 0,09 m	0
Bornes avec un taux de recul moyen entre 0,10 et 0,49 m	11
Bornes avec un taux de recul moyen entre 0,50 et 0,99 m	26
Bornes avec un taux de recul moyen supérieur à 1 m	9
Bornes avec un taux de déplacement supérieur à 0 m (accumulation)	0
Bornes nouvellement implantées	13
Site d'intervention	**Nombre de bornes**
Nombre total de bornes	**39**
Bornes avec un taux de recul moyen entre 0 et 0,09 m	0
Bornes avec un taux de recul moyen entre 0,10 et 0,49 m	10
Bornes avec un taux de recul moyen entre 0,50 et 0,99 m	13
Bornes avec un taux de recul moyen supérieur à 1 m	4
Bornes avec un taux de déplacement supérieur à 0 m (accumulation)	0
Bornes nouvellement implantées	12

2.2.6.1 Dynamique d'érosion

Le recul du trait de côte observé sur le littoral nord-côtier est attribuable à différents agents d'érosion tels les vagues, l'eau de ruissellement issue des précipitations ou de la fonte des neiges et des glaces de la banquise. Les paramètres climatiques comme les tempêtes, les vents, la pluie, les périodes de gel à l'origine de l'englacement et les périodes de dégel sont donc intimement liés à l'occurrence des différents processus d'érosion.

Les processus d'érosion actifs dans le secteur d'étude sont associés aux forces gravitaires ou hydrogéologiques, telles les coulées de sable sec, les glissements et décrochement superficiel ou la suffosion. Les conditions climatiques printanières et automnales sont d'ailleurs propices aux processus hydrodynamiques sur les talus. Les crues soudaines ou précipitations intenses, sont à l'origine des processus de ravinement, de suffosion et des mouvements de masse (Bernatchez, 2003). Aussi, on observe des processus d'érosion associés à la présence anthropique tels l'effet de bout aux extrémités des structures de protection, le piétinement de la végétation et le passage de véhicules tout terrain. La dynamique sédimentaire de la Pointe-aux-Outardes est influencée par plusieurs facteurs, notamment :

- le harnachement des rivières qui a modifié le régime hydrologique saisonnier des estuaires, et donc leur régime sédimentaire;
- les protections dures linéaires implantées à la pièce, sans considération pour l'équilibre morpho-sédimentaire des plages;
- les changements climatiques, l'élévation du niveau de la mer et le rétrécissement de la banquise côtière ou l'absence occasionnelle de glace hivernale dans l'estuaire;
- un mode d'occupation du territoire qui ne tient pas compte de contraintes liées à l'infiltration d'eau dans des sols indurés et sa résurgence dans les talus;
- des usages invasifs et dommageables de la plage (circulation motorisée).

2.2.7 Bilan sédimentaire

Le bilan sédimentaire côtier s'établit par le calcul des entrées et sorties de sédiments de la côte. Les apports de sédiments sur le littoral de Pointe-aux-Outardes, proviennent des sources suivantes :

- les deux ruisseaux situés à l'extrémité est du secteur d'étude ;
- le Gros Ruisseau situé dans la baie de Saint-Ludger à l'est;
- la dégradation des talus par différents processus d'érosion.

Les apports de matériel provenant des ruisseaux sont négligeables, étant donné la faible superficie des bassins versants qui les alimente. Par conséquent, la principale source sédimentaire pour le secteur à l'étude provient de l'érosion des talus. Ces apports, soit la quantité de matériel soustrait à la côte, se chiffraient à environ 37 000 m^3/an en 2008 (Leclerc et Dupuis, 2008). Cette valeur s'appuie notamment sur :

- les moyennes ponctuelles de taux de recul observées depuis 1996;
- l'état d'activation des talus observé en 2008 (soit leur stabilité évaluée en fonction de l'emprise de la végétation dans le talus) ;
- le taux de recul du trait de côte établi à 1,2 m/an.

Au début des années 1990, l'apport net de sédiments au système côtier était estimé à 20 000 m^3/an. Le bilan actuel serait le résultat d'une progression de l'érosion vers l'est.

À partir de cette évolution temporelle du bilan sédimentaire, différents scénarios ont été considérés pour tenter d'évaluer le volume d'apport en sédiments pour la décennie à venir. On estime ainsi à 55 000 m^3/an le volume de sédiments qui pourrait être érodé d'ici 2018. Cette valeur pourrait se maintenir aux alentours de 60 000 m^3/an pour les 20 années suivantes. Dans le contexte ou le pire scénario de changement climatique se produisait, ces estimations pourraient s'élever à 65 000 m^3/an pour 2018 et 85 000 m^3/an pour les années suivantes et ce, jusqu'en 2038 (Leclerc et Dupuis, 2008).

2.2.8 Marées et niveaux d'eau

Les marées de l'estuaire maritime du Saint-Laurent sont de type semi-diurne, c'est-à-dire que l'on observe deux oscillations marégraphiques complètes chaque jour. L'onde de marée est presque symétrique et prend la forme d'une onde sinusoïdale. Chacune des oscillations a ainsi une durée moyenne d'environ 6,24 h. Après ce laps de temps, on observe, soit une marée haute ou une marée basse. Les élévations marégraphiques disponibles pour la région sont issues des données du Service hydrographique du Canada, station #2840 à Baie-Comeau. Le marnage enregistré à cette station est de 3,0 m lors de marée moyenne et peut atteindre 4,3 m en période de grandes marées. Le tableau 2-3 présente une synthèse des variations de niveaux d'eau enregistrées à Baie-Comeau. En marée de vives eaux, le niveau maximal annuel moyen pouvant être atteint par la marée est de 4,2 m au-dessus du zéro marégraphique.

2.2.8.1 Surcotes et décotes

Des variations du niveau de l'eau sont également dues au passage de perturbations atmosphériques ou à l'effet des vents. Ces variations, appelées surcotes ou décote, s'ajoutent à celles engendrées par les marées. Selon l'analyse de Leclerc et Dupuis (2008) les valeurs extrêmes de surcote atteignent occasionnellement 0,7 m, mais jamais 0,8 m. Les valeurs sont les mêmes pour les décotes (-0,7 m maximum). Il faut toutefois mentionner qu'il est très peu fréquent que ces variations se conjuguent parfaitement avec les épisodes de pleine mer supérieure de grandes marées.

L'analyse des niveaux extrêmes indique que la valeur géodésique de 2,3 m est fréquemment atteinte par les hautes marées, la valeur 2,6 m est atteinte en moyenne une année sur deux et l'élévation 3,0 m aurait une période de retour de 50 ans. Cette valeur de 3,0 m est proposée pour la conception d'ouvrages de protection (Leclerc et Dupuis, 2008).

Tableau 2-3 : Description des marées pour la localité de Baie-Comeau (station #2840)

INFORMATION	DESCRIPTION			
	TYPE DE MARÉE		VALEUR	
Localité			Baie-Comeau	
Port de référence			Pointe-au-Père	
No. de carte marine			1226 et 1236	
Type de marée			Semi-diurne	
Marnage	Marée moyenne		3,0 m	
	Grande marée		4,3 m	
	TYPE DE MARÉE		**ÉLÉVATION**	
			Marégraphique	**Géodésique**
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	3,4 m	1,59 m
		Grande marée	4,2 m	2,39 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,5 m	-1,31 m
		Grande marée	-0,1 m	-1,91 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer		4,9 m	3,09
	Extrême de basse mer		-0,9 m	-2,71 m
Niveau moyen de l'eau			1,8 m	-0,1 m
Vitesse maximale des courants	Flot		2,0 nœuds	
	Jusant		2,0 nœuds	

Source : Service hydrographique du Canada, 2011

2.2.8.2 Le régime des vagues

Bien que le site d'intervention soit orienté sud-sud-est, le littoral de Pointe-aux-Outardes est généralement exposé aux vents et aux vagues provenant du sud au sud-ouest. La faible profondeur du littoral de Pointe-aux-Outardes contribue au déferlement des vagues de tempête, ce qui diminue grandement leur énergie. Ainsi, les plus grosses vagues déferlent une première fois à proximité de la limite des zones infralittorale et intertidale.

Selon les données compilées sur une période de 40 ans (1917 à 1956) à la baie des Anglais près de Baie-Comeau (Major et Martin inc., 1975), la hauteur maximale des vagues des 10 tempêtes les plus violentes a oscillé entre 4,6 et 7,6 m. Les vents ayant entraîné la formation de sept de ces dix tempêtes provenaient principalement du sud-est et de l'est-sud-est. Sur une base annuelle, cette orientation des vents représente moins de 5 % de toutes les orientations possibles. Par ailleurs, les trois autres tempêtes (considérées comme les plus violentes de cette période) ont été induites par des vents provenant

directement de l'est. Cette direction est passablement plus fréquente avec 11 % de toutes les orientations.

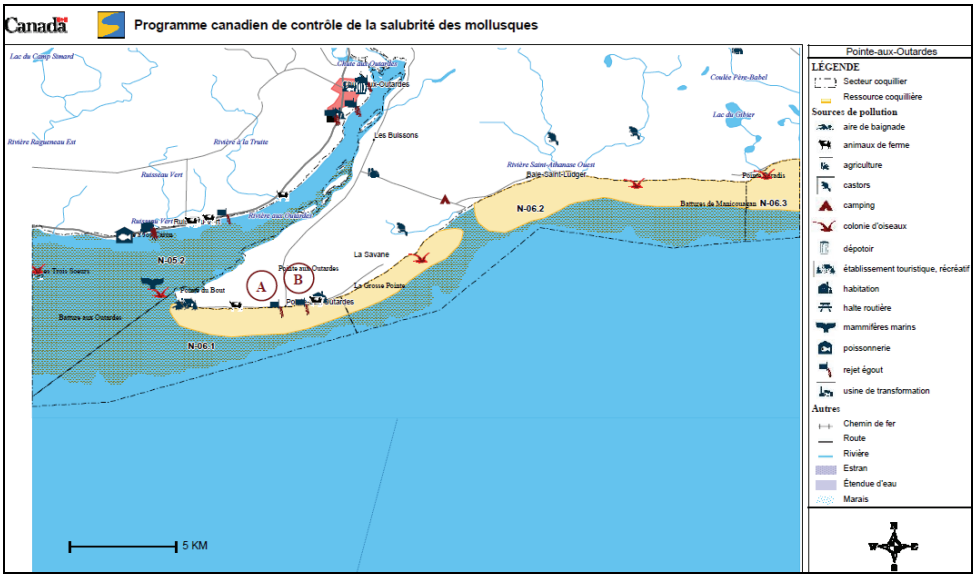
Des enregistrements de vagues ont été effectués sur l'estran de Pointe-aux-Outardes par l'ISMER et le Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire, en 2001. D'après ces mesures, deux événements de vagues présentaient des hauteurs de vagues jugées significatives, de 0,8 m et de 1,0 m. Puisque les données de vagues pour le secteur nord de l'estuaire du Saint-Laurent sont très rares, une reconstitution du régime des vagues en eau profonde a été réalisée, pour la période de 1964 à 2006, à partir de la série de vents horaires mesurés à l'aéroport de Pointe-Lebel et d'un modèle mathématique de génération des vagues. Selon cette analyse, la combinaison de hauteur de vague de 3,4 m et d'un niveau d'eau de 2,0 m entraîne les conséquences les plus importantes sur l'érosion des rives.

L'exposition de la côte à Pointe-aux-Outardes est sud-sud-est. Par conséquent, les vagues en provenance de cette direction ont peu de distance à parcourir sur l'estran avant de frapper la côte avec une énergie maximale. En rive, lorsque les vents proviennent plutôt du sud-ouest, les hauteurs de vagues peuvent atteindre entre 40 et 70% des valeurs générées en eau profonde. Les vagues en provenance du nord-est ont peu d'effets sur le littoral, puisqu'elles perdent beaucoup d'énergie en parcourant de longues distances sur l'estran en eau peu profonde (Leclerc et Dupuis, 2008). Différents résultats de l'analyse du régime des vagues ont été colligés pour les niveaux d'eau extrême. Dans les pires conditions analysées, la période de vague a été établie à 7,3 secondes, la hauteur de vague près de la rive serait alors de 2,2 m. Ces analyses de vagues permettent de retenir la valeur de 2,2 m comme hauteur de vague significative pour le dimensionnement d'ouvrage et de 2,5 m pour la construction d'épis (Leclerc et Dupuis, 2008).

2.2.8.3 Qualité des eaux côtières

La température de la couche d'eau superficielle du secteur à l'étude à marée haute varie en été de 0 °C à 14 °C, mais peut atteindre plus de 20 °C après que l'eau y ait séjourné quelques heures (Naturam Environnement 1996). La salinité des eaux de fond, en face de Pointe-aux-Outardes, est stable et toujours supérieure à 28 parties par mille (Naturam Environnement 1997). Selon le comité Zip de la rive nord de l'estuaire, les sources de pollution des eaux côtières, comprennent les eaux usées de Ragueneau et de Chute-aux-Outardes. De plus, les résidences de Pointe-aux-Outardes munies d'un puisard sont ciblées comme source de pollution potentielle (ZIP Côte-Nord, 2004). En 2004, 138 résidences fonctionnaient encore avec un puisard. Ce nombre serait moindre en 2011. Ces installations septiques non conformes ont été identifiées comme source potentielle de contamination des secteurs coquillers de Pointe-aux-Outardes. Les principales sources de

pollution des eaux coquillères sont présentées à la figure 2-13. Les rejets d'égout identifiés sur le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes (A et B) correspondent à des égouts pluviaux (ZIP Côte-Nord, 2004).



(Source : ZIP, Côte-Nord, 2004)

Figure 2-13 : Sources de pollution des eaux coquillères sur le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes

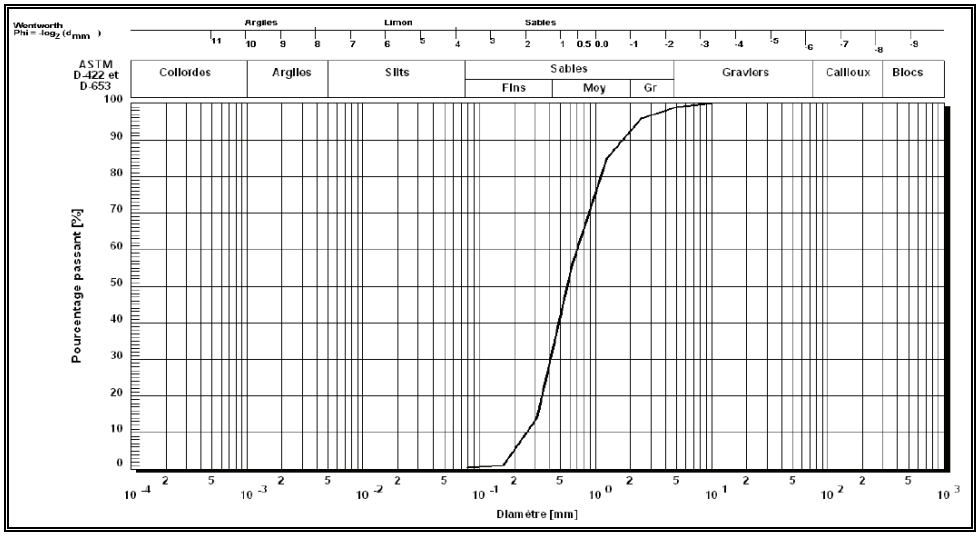
2.2.8.4 Nature et qualité des sols et des sédiments

Nature et qualité des sédiments du littoral de Pointe-aux-Outardes

La zone intertidale de la Péninsule de Manicouagan est principalement constituée de sable fin ou de sable moyen (Naturam Environnement 1999). La figure 2-14 présente la distribution granulométrique en milieu de plage, alors que la figure 2-15 présente la distribution en haut de plage. Le d_{50}[1] de la granulométrie en milieu de plage est de l'ordre de 0,6 mm, alors que le d_{50} du haut de plage est de 0,30 mm. La limite supérieure (99% passant) de la granulométrie du haut de plage est de 0,63 mm. Il y a ségrégation entre les deux échantillons ce qui serait possiblement dû à l'action éolienne qui transporterait le sable fin du talus sur le haut de plage. Pour les calculs relatifs à la plage de Pointe-aux-Outardes, on retient un d_{50} de 0,6 mm comme représentatif pour la plage. Un plus grand nombre d'échantillons est requis pour bien caractériser la granulométrie de la plage avant

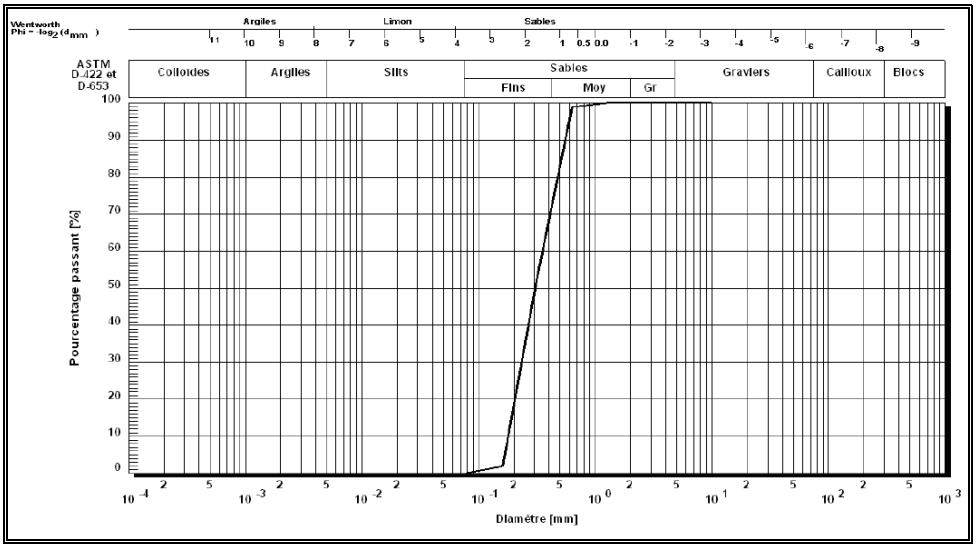
1 Le diamètre médian (le d50) est la lecture à 50% sur la courbe. C'est-à-dire que la masse d'échantillons, dont les diamètres sont inférieurs au d50, représente 50% du poids de l'échantillon.

de procéder à tout dimensionnement pour s'assurer que cette valeur est bonne (Leclerc et Dupuis, 2008). Pour une recharge efficace, on doit chercher à obtenir des granulométries se rapprochant le plus de celle de la plage.



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 2-14 : Granulométrie en milieu de plage à Pointe-aux-Outardes



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 2-15 : Granulométrie en haut de plage à Pointe-aux-Outardes

Il n'existe pas de données portant sur la qualité des sédiments du littoral de Pointe-aux-Outardes. Toutefois, comme la nature de ces dépôts comprend essentiellement des sables, la probabilité que ces sédiments soient contaminés est pratiquement inexistante. En effet, il est connu que les contaminants s'associent préférentiellement aux particules fines, notamment les argiles.

Nature et qualité des sols

Une évaluation environnementale de site Phase 1 portant sur les travaux de stabilisation des berges le long du fleuve Saint-Laurent à Pointe-aux-Outardes, réalisée en 2011, a révélé des indices de contamination potentielle liés à ce site. En effet, selon les informations obtenues, il est démontré que :

- des avis d'infraction ont été transmis aux résidences sises au 179, 182, 266A de la rue Labrie, pour avoir laissé des véhicules hors d'usage sur leur propriété;
- deux résidences (224 et 244 rue Labrie) utilisent ou auraient utilisé des fournaises à l'huile pour le chauffage;
- une épicerie/dépanneur avec deux unités de distribution d'essence aurait été exploitée, au début des années 90, sur le lot 13-31. Il y aurait eu également la présence de deux réservoirs souterrains entre l'ancien garage et la rue Labrie.

Ainsi, les sols sur le site à l'étude, sont susceptibles d'avoir été contaminés par des activités passées et présentes. Une caractérisation environnementale de type Phase II a été recommandée, afin de faire les vérifications qui s'imposent (Cima+, 2011). Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude complémentaire devront porter sur la vérification de la qualité environnementale des sols aux endroits suivants :

- 179, 182 et 266A rue Labrie
- 224 et 244 rue Labrie
- Lot 13-31

Cette caractérisation environnementale des sols aura comme objectif de confirmer la présence ou l'absence de contaminants au-delà des limites établies pour une zone résidentielle, soit celles définies à l'annexe I du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*. Elle permettra, le cas échéant, d'assurer la gestion des sols, conformément à la réglementation en vigueur.

2.3 MILIEU BIOLOGIQUE

2.3.1 Flore

Compte tenu de l'érosion active du talus en zone côtière, de la présence d'estrans sableux et de la tenure privée et résidentielle des terrains, la végétation présente sur le site à l'étude est très peu diversifiée. Elle est constituée principalement de graminées (pelouse) sur le haut des talus. Les espèces suivantes, dont l'élyme des sables, le fétuque rouge, le myrique baumier, l'aulne rugueux, l'aulne crispé et les saules sp., sont susceptibles de coloniser les quelques sections du talus végétalisé (Génivar, 1999).

La plage et les fonds sableux infralittoraux présents dans le site à l'étude sont majoritairement dénudés de végétation. Cependant, le site à l'étude couvre la partie ouest de l'herbier de Zostères marines de la batture aux Outardes. La zostéraie de la batture aux Outardes couvre une superficie d'environ 2 km². Celle-ci est située en milieu estuarien très dynamique. De fait, l'ensemble de cette zostéraie connaît d'importantes variations dans sa localisation au fil des ans (Lalumière et al., 1989). De manière générale, la zostéraie est connue pour être un habitat d'importance, utilisé par la faune ichtyenne comme abris, aire d'alimentation et aire d'alevinage (Adams et White, 1990; Hemminga et Duarte, 2000).

Principales espèces constituant les écosystèmes du littoral et du milieu riverain en fonction de leur cycle vital (migration, alimentation, reproduction, protection).

2.3.2 Faune benthique

Les estrans sableux sont des milieux dont les sédiments sont instables et perturbés continuellement par l'action des vagues et des courants. Le sable est ainsi dépourvu de sédiments fins et de matière organique nutritive. Ces caractéristiques de milieu n'en font pas un habitat de qualité et favorable pour l'installation de la faune benthique (Dawes 1995; Mousseau et al., 1997). La faune benthique, présente dans les fonds sableux infralittoraux est dominée par les mollusques et les polychètes qui s'enfouissent dans les sédiments. La batture de Pointes-aux-Outardes est colonisée par la mye commune, la petite macoma, la clovisse arctique, la moule bleue et les littorines (Giguère *el al*., 2008; Grant et Provencher, 2007), ainsi que par le crabe commun et la crevette grise (Génivar, 1996). La faune benthique est plus diversifiée et abondante au niveau de l'herbier de zostère (Grant et Provencher, 2007).

La batture de Pointe-aux-Outardes est connue comme étant une importante ressource coquillère, principalement constituée de mye commune (Giguère et al., 2008). La mye commune, *Mya arenaria*, est un mollusque bivalve qui colonise les eaux côtières de l'Amérique du Nord et de l'Europe. Ce coquillage familier du littoral de l'estuaire et du golfe

du Saint-Laurent est généralement présent dans l'étage intertidal de la Côte-Nord. Son mode de vie sédentaire est parfois perturbé par l'action des vagues et des tempêtes qui la déloge, ce qui l'oblige à se ré-enfouir si elle veut survivre à la prédation. Le temps nécessaire à l'enfouissement est surtout influencé par la taille de la mye et la température de l'eau (MPO, 2008). La structure de taille de la population de myes du secteur ouest de Pointe-aux-Outardes (pointe du Bout) compte une grande quantité d'individus de très grande taille et peu de jeunes individus. Le mécanisme de recrutement des myes est encore peu connu (Giguère et al., 2004).

Tel que rapporté dans GÉNIVAR (2006), la mye commune est un bivalve filtreur rencontré de façon prépondérante sur la batture en zone intertidale et près du littoral. Sur le plan biologique, la mye commune fraierait en mai et juin et les larves seraient observées dans les eaux littorales de juin à août. La phase pélagique des larves dure de trois à quatre semaines. Ensuite, les myes deviennent benthiques, mais demeurent mobiles jusqu'à une longueur de 2,0 à 2,5 cm. Par la suite, elles se sédentarisent dans le substrat pour poursuivre leur croissance. Il semble que la mye privilégie les substrats sableux plus grossiers que ceux adoptés par la zostère marine (250 µm selon Grant et Provencher, 2007). Le devenir des quantités importantes de sédiments érodés de la côte, selon les différentes fractions granulométriques, pourrait favoriser l'une ou l'autre de ces espèces en influençant leurs habitats.

2.3.3 Faune ichtyenne

Grant et Provencher (2008) ont réalisé des pêches expérimentales en 2004 et 2005 (mensuellement de juin à septembre), dans l'herbier de zostère marine le long des battures de Pointe-aux-Outardes. Seize (16) espèces de poissons ont ainsi été inventoriées dans le secteur à l'étude (tableau 2-4). Ces espèces sont susceptibles d'être présentes au niveau des fonds sableux de la batture. En termes d'abondance, l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), le lançon d'Amérique (*Ammodytes americanus*), le hareng atlantique (*Clupea harengus*), la morue de roche (*Gadus ogac*) et le poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*) ont totalisé environ 90 % des prises totales.

Tableau 2-4 : Espèces de poissons présentes dans le secteur à l'étude

Espèce de poisson	
Nom latin	**Nom commun**
Ammodytes americanus	Lançon d'Amérique
Anguilla rostrata	Anguille d'Amérique
Clupea harengus	Hareng atlantique
Cyclopterus lumpus	Grosse poule de mer
Gadus ogac	Morue de roche (ogac)
Gasterosteus aculeatus	Épinoche à 3 épines
Gasterosteus wheatlandi	Épinoche tachetée
Limanda ferruginea	Limande à queue jaune
Mallorus villosus	Capelan
Microgadus tomcod	Poulamon atlantique
Myoxocephalus sp.	Chaboisseau
Osmerus mordax	Éperlan arc-en-ciel
Pholis gunnellus	Sigouine de roche
Pseudopleuronectes americanus	Plie rouge
Pungitius pungitius	Épinoche à 9 épines
Urophycis tenuis	Merluche blanche

Source : Grant et Provencher (2008)

Le capelan constitue une des espèces de poissons pélagiques parmi les plus abondantes fréquentant les eaux peu profondes de l'estuaire maritime (Grégoire 1995 In Mousseau et Armellin 1996). Cependant, seulement 11 capelans ont été pêchés en 2004 lors de pêche expérimentale (Grant et Provencher, 2008). Ce poisson fraie sur les plages de sable ou de gravier fin de l'estuaire maritime au printemps, à partir du mois d'avril (Mousseau et Armellin, 1996).

Dans la région de Pointe-aux-Outardes, la fraie aurait plutôt lieu en mai et cette activité durerait de 4 à 6 semaines (Grégoire 1999), avec un pic d'activité durant quelques jours. Les œufs s'enfoncent dans le substrat et la durée de la période d'incubation (moins de deux semaines), de même que le temps de résidence des larves dans ce substrat, varient selon la température de l'eau. Les larves adoptent rapidement un comportement pélagique

et demeurent près de la surface jusqu'à l'arrivée de l'hiver. La batture de Pointe- aux-Outardes est considérée comme une aire de reproduction du capelan (SIGHAP, 2011). Cependant, aucune mention n'a été rapportée au Réseau d'Observation de la fraie du capelan, dirigé par le MPO, depuis sa mise en place en 2002 (http://sighap-fhamis.qc.dfo-mpo.gc.ca/capelan/).

La lompe est un poisson commun du littoral de la Péninsule Manicouagan qui fraye dans les herbiers de zostère de Pointe-Lebel et Baie-Saint-Ludger (Claude Théberge, comm. pers. 2005). Il est probable que les herbiers de zostère de Pointe-aux-Outardes soient également utilisés par cette espèce lors de la fraie. Selon les années et la température de l'eau, cette fraie aurait lieu vers la fin mai - début juin (Génivar, 1999).

L'anguille d'Amérique est le seul poisson catadrome du Saint-Laurent (Mousseau et Armellin 1996). Les anguilles remontent le cours principal de la rivière aux Outardes, jusqu'au site de la centrale Outardes-2 qui constitue un obstacle infranchissable (Génivar 1999). Par ailleurs, la rivière Manicouagan reçoit également des migrations d'anguillettes chaque année (Génivar, 1999). Seulement quatre anguilles d'Amérique ont été pêchées en 2005, lors de pêches expérimentales (Grant et Provencher, 2008).

2.3.4 Herpétofaune

Dix espèces d'amphibiens et de reptiles sont présentes dans la Péninsule de Manicouagan (tableau 2-5). Cependant, ces espèces sont caractérisées par un lien étroit avec les milieux humides. La plupart de ces espèces sont donc peu susceptibles d'être observées sur les berges du secteur marin de Pointe-aux-Outardes.

Tableau 2-5 : Espèces d'amphibiens et de reptiles susceptibles d'être observées sur la Péninsule de Manicouagan

Espèce			Indice d'abondance relative		
			Présence	Faiblement abondant	Abondant
Nom commun		Nom latin			
1	Crapaud d'Amérique	*Bufo americanus*			X
2	Grenouille des bois	*Rana sylvatica*			X
3	Grenouille du Nord	*Rana*			X
4	Rainette crucifère	*Pseudacris crucifer*			X
5	Salamandre à deux lignes	*Eurycea bislineata*			X
6	Salamandre rayée	*Plethodon cinereus*			X
7	Couleuvre rayée	*Thamnophis sirtalis*		X	
8	Grenouille verte	*Rana clamitans*		X	
9	Salamandre maculée	*Ambyostoma*	X		
10	Triton vert	*Notophthalmus*	X		

2.3.5 Faune avienne

Le secteur à l'étude correspond à la parcelle d'inventaire des zones de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) 15-28-01 du MRNF (Annexe A). Des inventaires ont été effectués à l'automne 1991, au printemps 1992 et au printemps 1999 (tableau 2-6). Les résultats de ces inventaires ne permettent pas de classer la zone à l'étude comme une ACOA, ni de lui conférer un statut légal d'habitat faunique en vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (Daniel Dorais, technicien de la faune, MRNF, comm. pers.). À l'étage supérieur du littoral, il importe de souligner la présence à chaque année d'importantes colonies d'hirondelles de rivage, le long des falaises sablonneuses des talus d'érosion de la Péninsule Manicouagan (Génivar 1999). De Repentigny (1987) rapportait la présence d'une colonie de 750 couples sur l'escarpement de la plage sud du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes. La reproduction de l'espèce est liée à la présence de falaises abruptes et de granulométrie fine. Ces habitats sont fragiles et instables, ce qui entraîne d'importantes fluctuations annuelles des effectifs nicheurs et les protège des prédateurs.

Un inventaire de la présence, du nombre de nids, de l'indice de nidification et de la distance des sites de nidification des hirondelles de rivage sur le littoral de Pointe-aux-Outardes, à partir du quai, a été effectué en août 2011. Les résultats sont présentés au tableau 2-7. Les photographies du site sont présentées en annexe (Annexe B).

Tableau 2-6 : Inventaire de l'aire de concentration d'oiseaux aquatiques 15-28-01

Espèce	Date d'inventaire		
	1991	1992	1999
Canard noir		7	
Canard pilet		2	
Cormoran à aigrettes		14	3
Goéland argenté	10	50	
Goéland marin	2	6	
Goéland sp.		145	
Harle huppé		8	14
Plongeon sp.		1	
Sarcelle d'hiver		30	
Total	**12**	**263**	**17**

Tableau 2-7 : Résultats des inventaires des sites de nidification des hirondelles de rivages sur le littoral de Pointe-aux-Outardes, août 2011

Site	Num. civique	Nombre de nids	Indice de nidification	Référence**	Distance (km)*
1	189	5	Nil	Photos site 1	0,3
2	193	29	Nil	Photos site 2 et 2(2)	0,3
3	193 (face camping)***	24	Escarpé		0,3
4	201	2	Escarpé		0,3
5	246	27	Plumes	Photos site 5 (2) et (3)	1,2
6	258 (face rue David)	133	Confirmé par le propriétaire riverain	Photos site 6 et 6 (2)	1,4
7	294	18	Escarpé	Photos site 7	11,9

* Calculée à partir du quai
** Voir annexe B
*** Terrain de camping privé aménagé par le propriétaire

2.3.6 Mammifères terrestres

La portion terrestre de la zone d'étude est située en milieu résidentiel, le long de la rue Labrie, ce qui offre très peu d'habitats favorables à la faune terrestre. Les espèces susceptibles de fréquenter les milieux riverains de la zone à l'étude sont le lièvre d'Amérique (*Lepus Americanus*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le vison d'Amérique (*Neovison vison*), l'hermine (*Mustela hermina*), l'écureuil roux (*Tamiasciarus hudsonicus*), le tamia rayé (*Tamias striatus*) et le campagnol à dos roux (*Clethrionomys gapperi*) (ATRM, 1984).

2.3.7 Mammifères marins

Quatorze espèces de mammifères marins sont observables à un moment ou un autre de l'année dans l'estuaire maritime (Mousseau et Armellin, 1996). Cependant, seuls le béluga, le marsouin commun, le petit rorqual, le phoque gris, le phoque commun et le phoque de Groenland sont réellement susceptibles de fréquenter la zone d'étude (tableau 2-8).

Béluga

L'aire de répartition du béluga (*Delphinapterus leucas*) dans l'estuaire (moyen et maritime) du Saint-Laurent diffère selon les saisons. Le béluga fréquente l'estuaire moyen et la portion amont de l'estuaire maritime au printemps, en été et en automne. En hiver, il délaisse l'estuaire moyen pour se déplacer plus au nord dans l'estuaire maritime, jusqu'au golfe du Saint-Laurent (Lesage et Kingsley, 1995).

Marsouin commun

Le marsouin commun (*Phocaena phocaena*) a une distribution presque circumpolaire à travers les eaux tempérées de l'Hémisphère Nord (Gaskin, 1992). Cette espèce préfère les eaux peu profondes des plateaux continentaux (moins de 200 m des côtes) et les zones côtières. Les marsouins communs figurent parmi les plus petits cétacés (longueur totale inférieure 1,70 m) dans l'Est du Canada (COSEPAC, 2006). Les marsouins sont présents dans l'estuaire maritime de mai à novembre (Sears *et al.*, 1981). C'est toutefois en juillet qu'ils y sont le plus abondants (Fontaine, 2005).

Petit Rorqual

Le petit rorqual (*Balaenoptera acutotrostrata*) est le plus petit des mysticètes (baleines à fanons), les mâles et les femelles mesurant environ 6,5 m à 8,8 m (Jefferson *et al.*, 2008). Le petit rorqual fréquente l'estuaire maritime du Saint-Laurent, du début du printemps à la fin de l'automne (avril à novembre) (Lavigueur *et al*., 1993), où il a une affinité particulière pour les zones côtières (Mousseau et Armellin, 1996).

Tableau 2-8 : Espèces de mammifères marins présentes dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent

Espèce	Milieu	Saison de présence
Odontocètes		
Béluga	Côtier et pélagique	Hiver
Marsouin commun	Côtier	Été, automne
Mysticètes		
Petit rorqual	Côtier et pélagique	Printemps, été, automne
Pinnipèdes		
Phoque commun	Côtier	À l'année
Phoque gris	Côtier	Printemps, été, automne

Adapté de Mousseau et Armellin, 1996; Lesage et Kingley, 1995

Phoque commun

Le phoque commun (*Phoca vitulina*) est une espèce de pinnipède sédentaire. La sous-espèce de l'Atlantique du Nord-Ouest (*Phoca vitulina concolor*) réside à l'année dans l'estuaire du Saint-Laurent. C'est la plus petite espèce de phoque que l'on retrouve dans le fleuve (ROMM, 2004). Le phoque commun est une espèce côtière demeurant principalement à proximité des littoraux, des îles ou des récifs. Il y fréquente de façon saisonnière des sites appelés « échoueries » (ROMM, 2004). La batture Manicouagan à Pointe-aux-Outardes est considérée comme une aire de reproduction et de mise bas pour le Phoque commun (SIGHAP, 2011).

Phoque gris

Le phoque gris (*Halichoerus grypus*) se retrouve le long des territoires côtiers de l'Atlantique Nord (Hammill et al., 2001). La présence du phoque gris dans l'estuaire s'étendrait de juin à novembre (Mousseau et Armellin, 1996). Cette espèce semble préférer les barres sablonneuses, les roches, les îlots ou les presqu'îles, exposés à marée basse, pour s'échouer (Robillard et al., 2005). La présence de phoque gris (échouerie) a été signalée dans le secteur à l'étude, sur la batture aux Outardes, à la hauteur de la pointe du Bout (figure 2-2) (SIGHAP, 2011). Le site est utilisé par quelques spécimens, au cours de la saison estivale (MPO, SIGHAP; Naturam Environnement, données non publiées).

2.3.8 Espèces à statut particulier

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) a été consulté afin de valider la présence potentielle d'espèces ou d'habitats fauniques et floristiques à statut

particulier dans le secteur à l'étude (Annexe C). Selon le CDPNQ, aucune espèce floristique menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée n'a été recensée sur ou près du site à l'étude.

Selon le CDPNQ, aucune espèce faunique menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée n'a été recensée sur ou près du site à l'étude. Cependant, d'après la littérature consultée, trois espèces fauniques à statut particulier sont susceptibles d'être présentes dans le secteur à l'étude (tableau 2-9).

Tableau 2-9 : Synthèse des espèces fauniques à statut particulier, susceptibles d'être présentes dans le secteur à l'étude

Espèces	Loi québécoise sur les espèces menacées ou vulnérables	COSEPAC	Loi sur les espèces en péril au Canada
Faune ichthyenne			
Anguille d'Amérique	Susceptible d'être désignée	Préoccupante (2006)	
Mammifères			
Béluga	Menacée (2000)	Menacée (2004)	Menacée
Marsouin commun	Susceptible d'être désignée	Préoccupante (2006)	Menacée

Source : CDPNQ, 2011

2.4 MILIEU HUMAIN

2.4.1 Cadre administratif

La zone à l'étude est localisée à l'intérieur des limites de la municipalité de Pointe aux outardes. La municipalité, couvrant un territoire de 71,56 km^2, fait partie de la MRC de Manicouagan et de la région administrative de la Côte-Nord (MAMROT, 2011). La population de la municipalité de Pointe-aux-Outardes est évaluée à 1453 personnes. La municipalité de Pointe-aux-Outarde présente une organisation urbaine linéaire et oriente son développement en fonction de la villégiature, des loisirs et récréations, du tourisme, de l'agriculture, de l'extraction et de l'industrie de transformation (forestière et produits marins) et du Parc Nature (MRC Manicouagan, 1990). Les éléments du milieu humain sont présentés à la figure 2-16.

2.4.2 Zonage et affectation du territoire

Zonage

Dans le secteur d'étude, le plan de zonage de la municipalité de Pointe-aux-Outardes présente neuf zones dont le groupe d'usage est «l'habitation» (H) pour cinq d'entre elles. On y retrouve également une zone dont le groupe d'usage est «public et institutionnel» (P) et une autre définie par le groupe «commerce et service» (C). Finalement, le secteur du Parc Nature ainsi que tout le littoral sont caractérisés par le groupe d'usage «récréatif» (REC). L'annexe D présente les spécifications relatives aux classes d'usage pour chacune des zones du secteur à l'étude. Le site des travaux est caractérisé par la zone 59 REC soit d'usage «récréatif». Les classes d'usage «parc et espace vert» (Ra), «usages extensifs» (Rb) et «conservation environnementale» (Rc) y sont permises (Municipalité de Pointe-aux-Outardes, 2011).

Affectation du territoire

Selon le schéma d'aménagement de la MRC (1998), l'affectation du sol dans le secteur à l'étude comprend essentiellement le périmètre d'urbanisation, à l'exception du secteur du Parc Nature ou l'affection y est récréotouristique. Le schéma d'aménagement indique que Pointe-aux-Outardes fait partie des municipalités qui présentent une problématique d'érosion et ce, dans les zones déjà bâties. La MRC propose dans son schéma une politique de protection de ces zones. Celle-ci permet les aménagements, dans les zones non protégées ou présentant des risques élevés, si elles respectent une certaine marge de recul. Aussi, pour le milieu déjà bâti, des ouvrages de protection contre l'érosion devront être installés. (MRC Manicouagan, 1990).

Zonage du risque d'érosion

Dans le secteur à l'étude, les cartes de zonage du risque (100 ans) fournies par le ministère de la Sécurité publique (MSP) indiquent que la bande côtière de Pointe-aux-Outarde présente un niveau d'aléas élevé sur la totalité du secteur d'étude. Le comité d'experts sur l'érosion des berges propose des marges de sécurité, soit des zones considérées comme «inconstructibles» sur des distances variant entre 70 et 260 m à partir du haut de talus. Les cartes présentées à l'annexe E (cartes du risque 100 ans) détaillent l'emplacement et l'étendue de ces zones. À l'endroit du site d'intervention, les experts recommandent une marge de sécurité «inconstructible» sur :

- 170 m à partir du haut de talus pour la portion située à l'est du site (PTO-5);
- 160 m à partir du haut de talus vis-à-vis le site d'intervention (PTO-4);
- 200 m pour le secteur du quai (PTO-3);

- 70 m pour le secteur à l'ouest du quai déjà protégé, en partie, par un enrochement (PTO-2);
- 260 m pour l'extrémité de la pointe, soit le secteur du Parc Nature (PTO-1).

Des cartes du risque 30 ans ou 50 ans, publiées par la MRC établissent la marge de sécurité comme «inconstructible» :

- le secteur situé à l'est du site sur la microterrasse et jusqu'à la route en haut de talus pour le secteur du quai (PTO-3);
- entre la route et l'enrochement pour le secteur à l'ouest du quai déjà protégé, en partie, par un enrochement (PTO-2) 95 m pour l'extrémité de la pointe, soit le secteur du Parc Nature (PTO-1).
  - Dans le secteur est du site d'intervention (PTO-4) de même que le secteur situé à l'est du site (PTO-5) le règlement 2010-05, adopté en 201, indique que ces zones sont «*Inconstructible dans l'entièreté de l'unité de gestion »* (Annexe F).

Les recommandations proposées par le comité d'experts sont reprises dans les cartes publiées par la MRC. Notamment, celui-ci propose des épis rocheux avec une recharge en sable pour la zone PTO-4, soit le site d'intervention. On indique «zone d'apport en sable» et « recharge en sable permis» pour la PTO-5 et on y recommande le déplacement progressif des résidences menacées. De plus, on suggère l'entretien des ouvrages en enrochement situés à l'ouest du quai dans la zone PTO-2. Par ailleurs, des ouvrages de protection des berges pour le secteur à l'étude sont proposés au schéma d'aménagement (1998). De plus, le laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR (2009) présente des «zones d'intervention prioritaires» décrites comme suit :

- derrière le secteur visé par les travaux :
  - trois chalets à risque d'érosion prioritaire. Ceux-ci présentent des marges de recul de 6,32, 7,5 et 8,80 m.
- dans la partie ouest du secteur d'étude, soit près du Parc Nature :
  - la route municipale présente une zone d'érosion dite «contrôlée» (moins de 10 m), puisqu'elle est protégée par un enrochement;
- à l'extrémité de ce même enrochement, on constate également une zone à risque d'érosion prioritaire (moins de 5 m).

<u>Zones de contraintes</u>

Le plan de zonage de la Municipalité (sans date) n'indique aucune norme spéciale relativement aux secteurs de glissement (mouvement de terrain) pour les zones dans le secteur à l'étude (Municipalité de Pointe-aux-Outardes, 2011), tout comme la carte du

schéma d'aménagement de la MRC de Manicouagan (1998) ne présente aucune zone de contraintes à ce sujet. Toutefois, les cartes «d'évolution côtière de la Péninsule Manicouagan, secteur de la Pointe-aux-Outardes» (sans date) indiquent qu'à certains endroits, les glissements, décrochements superficiels ou coulées sont des processus susceptibles de survenir le long du littoral de cette municipalité.

Territoire d'intérêt

La MRC identifie comme territoire d'intérêt écologique le Parc d'interprétation naturel de la Pointe-du Bout, soit l'emplacement du Parc Nature (MRC Manicouagan, 1990).

2.4.3 Tenure des terres

Selon les informations obtenues de la municipalité, les terrains adjacents à la zone des travaux, soit les terrains situés sur le talus et longeant la rue Labrie, sont des propriétés privées. Ces terrains appartiennent aux résidents du secteur. Les travaux visés par le présent projet seront réalisés sur l'estran, soit dans la zone d'influence des marées.

2.4.4 Utilisation du sol

Selon l'étude de Leclerc et Dupuis (2008), il y a 64 résidences sur le côté sud de la rue Labrie, soit les adresses civiques 150 à 392. De celles-ci, 49 seraient des résidences permanentes, et sept des chalets, maisons mobiles ou unité non identifiées. Il y a également sept terrains vacants. Les infrastructures municipales se limitent à la présence sur 3,4 km de la rue Labrie, d'un réseau d'aqueduc (Schéma d'aménagement, 1990) souterrain et des réseaux aériens électriques, téléphoniques et de câblodistribution. Le secteur à l'étude est limité à l'ouest par le vieux quai de Pointe-aux-Outardes (figure 2-17). Ce quai a été mis en place pour faciliter l'accès aux plages de sable et pour pratiquer les sports aquatiques, tels que la planche à voile, le kayak, le canot, le kite surf et la moto-marine. Il est utilisé comme rampe de mise à l'eau pour faire descendre de petits bateaux.



Site des travaux

Nouveau tracé de la rue Labrie

Cours d'eau

Ponceau

Utilisation du sol

Agricole

Forestier

Résidentiel

Zonage

CS Commercial et service

H Habitation

PI Public et institutionnel

Rec Récréatif

Interventions côtières

Enrochement

Enrochement/épis rocheux

Épis de bois

Épis rocheux

0 125 250 375 500 m

N

Sources: © Le ministère des Ressources naturelles du Canada
Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Laboratoire de dynamique et de gestion des zones côtière, UQAR

Date: Juillet 2011
Projection: NAD 1983, MTM 6

Fichier : MilieuHumain_P03.mxd
No. projet : QR0010A
Réalisée par: Evelyne Arsenault
Vérifiée par : Christian Gagnon

Municipalité de Pointe-aux-Outardes

Stabilisation des berges le long du fleuve Saint-Laurent - Pointe aux Outardes

Étude d'impact sur l'environnement

Figure 2-16
Éléments du milieu humain

CIMA Partenaire de génie



(Source : http://www.pointe-aux-outardes.ca, consulté septembre 2011)

Figure 2-17 : Vieux quai servant de rampe de mise à l'eau à l'ouest du site des travaux

2.4.5 Activités et infrastructures récréotouristiques

Plage

L'accès à la plage pour des fins de promenade, de mise à l'eau de petites embarcations, de la pratique de sports aquatiques ou de cueillette de mye artisanale est par ailleurs un élément précieux aux yeux des résidents. Également, les plages de la Côte-Nord font partie intégrante de l'offre touristique régionale. Leur conservation et leur accessibilité ont donc un impact économique et social non négligeable. Le site du vieux quai de Pointe-aux-Outardes, situé à l'extrémité ouest du site d'intervention, facilite l'accès aux plages pour les différents utilisateurs, notamment pour la mise à l'eau de petites embarcations (Municipalité de Pointe-aux-Outardes, consultée en mai 2011).

Peu de sources ont confirmé l'utilisation de véhicule tout terrain (VTT) sur les plages de Pointe-aux-Outardes. Pourtant, les cartes des «zones d'intervention prioritaires» (UQAR, 2009), mentionnent cette activité comme processus d'érosion pour le secteur d'étude, notamment pour le site d'intervention.

Parc Nature

Le Parc Nature de Pointe-aux-Outardes est une réserve naturelle de la biodiversité où l'on retrouve sept écosystèmes différents. Le Parc occupe toute la pointe ouest de la Péninsule Manicouagan (Parc Nature de Pointe-aux-Outardes, consulté en mai 2011). Le parc est un centre d'interprétation à vocation écologique, éducative, récréotouristique, culturelle et scientifique.

Kite surf

En 2010, à Pointe-aux-Outardes, se tenait la première édition du «kite fest», un rassemblement des adeptes du kite surf. Ce premier événement attira 51 *kitesurfers* de partout au Québec et d'ailleurs, et près de 600 spectateurs venus admirer le spectacle de kite surf au Parc Nature et participer aux différentes activités (*KiteFest*, consulté en mai, 2011).

2.4.6 Activité de chasse et pêche

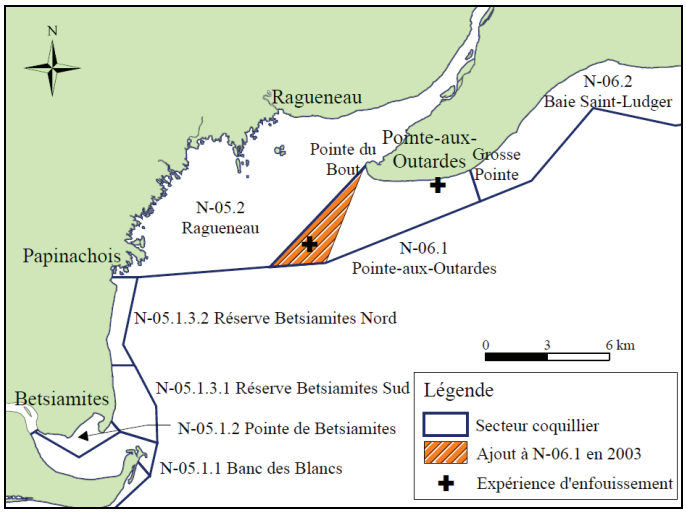
Selon les informations fournies par la Municipalité de Pointe-aux-Outardes, il n'y a pas d'activités de pêche pratiquées en bordure du fleuve (Municipalité de Pointe-aux-Outardes, comm. pers., 2011). Toutefois, selon la ZIP Côte-Nord (2004), la pêche à l'éperlan et au hareng serait pratiquée sur la Rivière aux Outardes.

2.4.7 Cueillette de mollusques

Le secteur coquillier de Pointe-aux-Outardes est reconnu comme l'un des plus productifs de la Côte-Nord. On y pratique la cueillette à des fins commerciales et récréatives. La cueillette des myes est une source de revenus pour certains ménages de la municipalité (Municipalité de PAO, 2010). La cueillette de mollusques est une activité qui fait vivre plusieurs foyers puisque l'on dénombre, dans la municipalité, 28 cueilleurs commerciaux enregistrés. La majorité des cueilleurs commerciaux utilisent des bateaux et des véhicules tout terrain pour se rendre plus au large, à des distances pouvant atteindre près de quatre à cinq kilomètres de la berge. Les cueilleurs récréatifs, quant à eux, utilisent les abords de la rive.

À Pointe-aux-Outardes, les deux principaux sites coquillers sont la Grosse Pointe et la Pointe du Bout (figure 2-18). Le site le plus fréquenté est celui de Grosse Pointe. Au site de la Pointe du Bout, la taille des myes semble avoir diminué; les myes sont moins abondantes et les prises par unité d'effort ont diminué au cours des dernières années sur ce site.

Au cours des dernières années, la saison de pêche à Pointe-aux-Outardes a été de courte durée, soit de mars à mai puis d'octobre à novembre, en raison de la fermeture des sites en été, causée par la présence d'algues toxiques et de coliformes fécaux. En 2002, pour le secteur de Pointe-aux-Outardes, il y a eu 107 jours où la cueillette a été permise pour un débarquement total de 149,6 t. Selon le comité ZIP de la rive nord de l'estuaire, il n'existe pas de données officielles concernant le nombre de cueilleurs commerciaux pratiquant l'activité de cueillette de mollusques sur la Côte-Nord. Cependant, Pêches et Océans Canada (MPO) estime leur nombre à environ 900. D'autre part, on dénombre une vingtaine de cueilleurs-vendeurs dans la région.



(Source : Giguère et al., 2004)

Figure 2-18 : Secteurs coquillers de la MRC de Manicouagan

D'après les principaux acteurs visés par la cueillette (Coquillages Nordiques, Forestville; Association des cueilleurs, comm. pers., 2007) le revenu total des cueilleurs est typiquement de 150 000$/an (ZIP Côte-Nord, 2004). Au total, la cueillette des myes a été escomptée à 300 000$/an ce qui représente un apport monétaire très significatif pour une communauté comme Pointe-aux-Outardes. Bien sûr, les revenus mentionnés ici sont ceux directement liés à la cueillette. La commercialisation apportait une plus-value aux grossistes et aux détaillants de la région puisqu'un commerce spécialisé dans les fruits de mer avait pignon sur rue, sur la rue Labrie, près du quai municipal. Ce commerce n'existe plus depuis environ 2 ans.

La ressource mytilicole disponible est toutefois limitée par la fermeture de certains gisements, en raison de la présence d'algues toxiques et d'une contamination bactérienne. En 2002, le secteur de Pointe-aux-Outardes a été fermé durant 16 semaines, soit du 25 juin au 14 octobre, pour raison de contamination bactérienne ou de présence de biotoxines. Par ailleurs, depuis 1999, le secteur de Pointe-aux-Outardes ferme de plus en plus tôt en saison et plus longtemps que les autres bancs où il y a de la cueillette commerciale d'importance.

2.4.8 Caractéristiques visuelles du paysage

La vue des plages de sable et de la mer fait la réputation de la Côte-Nord. Ce paysage est, sans contredit, la fierté des résidents et constitue une image forte utilisée comme attrait touristique. La longueur des plages de la région offre la possibilité d'une vision à 180° sur la mer et l'horizon, soit un élément convoité partout sur le globe. L'intégrité naturelle de ces milieux présente d'ailleurs une valeur économique pour certains pourvoyeurs touristiques ou émotive pour certains résidents.

2.4.9 Profil socio-économique

La municipalité de Pointe-aux-Outardes compte en 2011, 1453 habitants. Selon le comité ZIP de la rive nord de l'estuaire (2004), la municipalité de Pointe-aux-Outardes est la seule municipalité de la MRC qui voit augmenter sa population. Le revenu annuel moyen des ménages était en 2001, de 47 475$ pour la municipalité de Pointe-aux-Outardes, alors que le revenu moyen des ménages à l'échelle de la MRC de Manicouagan n'était que de 36 755$.

2.4.10 Éléments patrimoniaux du cadre bâti et archéologie

Outre l'ensemble institutionnel de Saint-Jean-Baptiste qui comprend l'église, le cimetière et son calvaire, de même que le presbytère du même nom, ainsi que le monument en hommage aux pionniers à Pointe-aux-Outardes, inventorié par le Répertoire du Patrimoine culturel du Québec; il ne semble pas y avoir sur le territoire à l'étude d'autres éléments patrimoniaux du cadre bâti. Ces éléments ne font toutefois pas partie de la zone d'étude.

Une étude de potentiel archéologique a été conduite en 2011 pour le projet de stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes (Patex, 2011). Les détails de cette étude sont présentés à l'annexe G. L'étude de potentiel est divisée en deux volets :

- le potentiel archéologique amérindien (préhistorique et historique);
- le potentiel archéologique euroquébécois.

Les résultats de cette étude ont montré que le site immédiat des travaux recèle un potentiel archéologique intéressant, compte tenu que plusieurs sites archéologiques ont été répertoriés sur la Péninsule de Manicouagan et ailleurs dans la région (Rivière-aux-Outardes, Ragueneau, Baie-Comeau, etc.). Compte tenu des caractéristiques du milieu physique de la région de la zone d'étude et de celles des sites archéologiques connus, il existe une probabilité de retrouver des vestiges archéologiques amérindiens reliés à des occupations dans la zone d'étude (site des travaux). La recherche documentaire n'a toutefois pas permis de trouver d'éléments associés à la période euroquébécoise.

2.4.11 Présence autochtone

Selon les informations transmises par le ministère des Affaires indiennes et du Nord Canada, il n'y a aucune réserve touchée par le projet dans la région de Pointe-aux-Outardes. Toutefois, le projet se retrouve dans le territoire revendiqué par les Innus du Québec, soit plus précisément par le Conseil Atikamekw Montagnais en 1979 (carte sans auteur, avril 2010). Les communautés qui font partie de cette revendication sont :

- Bande Innue de Pessiamit
- Innu Takuaikan Uashat Mak Mani-Utenam
- Innu Essipit
- Montagnais de Natashquan
- Innu de Ekuanitshit
- Montagnais de Pakua Shipi
- Montagnais de Unamen Shipu
- Montagnais du Lac St-Jean
- Nation innue Matimekush – Lac John

Selon le ministère des Affaires autochtones, l'emplacement du projet est situé sur le Nitassinan de la Première Nation innue de Betsiamites, tel qu'identifié à l'Entente de principe d'ordre général entre les Premières Nations de Mamuitun et de Natushkuan ainsi que le gouvernement du Québec et le gouvernement du Canada. Cette entente a été conclue en 2004, dans le cadre des négociations territoriales globales avec ces Premières Nations. Une demande d'information a été acheminée au chef de bande des Innus de Pessiamit, afin de connaître leurs préoccupations, le cas échéant. À ce jour, aucune réponse n'a été reçue relativement à cette demande.

2.4.12 Préoccupations et perceptions de la population

La problématique fait l'actualité sur la Côte-Nord depuis plus d'une décennie et ce, principalement en période de grandes marées. Ce fléau préoccupe bien sûr les résidents et propriétaires de Pointe-aux-Outardes. En 2000, une entente spécifique interministérielle sur l'érosion des berges est conclue par six ministères (Affaires municipales et de la Métropole, Environnement, Régions, Sécurité publique, Transports et Ressources naturelles), ainsi que le Conseil régional de développement de la Côte-Nord (CRDCN). Un comité régional de coordination est mis sur pied et a pour mission «d'établir un diagnostic de l'état des berges et de concevoir un plan préliminaire de gestion intégrée du littoral». Pour y parvenir, un comité d'experts formé de spécialistes en géographie est nommé et chargé de réaliser une étude sur le sujet. Cette étude avait pour mandat :

- de documenter l'ensemble des problématiques de l'érosion des berges;

- de établir des constats;
- de proposer différents scénarios d'adaptation au phénomène de l'érosion littorale;
- de formuler des recommandations auprès du comité régional de coordination.

Durant ce temps, la population est peu informée de l'avancement des travaux et les résultats ne seront d'ailleurs divulgués qu'aux élus, en septembre 2004.

Depuis le dépôt du rapport du ministère de la Sécurité publique concernant l'érosion des berges, en 2004, plusieurs actions ont été prises :

- un comité de concertation a été mis sur pied et différentes rencontres ont eu lieu impliquant différents ministères (Sécurité publique, Affaires municipales et régionales, Environnement), l'Institut national de recherche scientifique (INRS), Aquapraxis, la MRC de Manicouagan et la Municipalité de Pointe-aux-Outardes;
- une analyse coûts-avantages (ACA) a aussi été réalisée afin de cibler la meilleure solution à mettre en œuvre (Leclerc et Dupuis, 2008);
- les citoyens ont été rencontrés par le ministère de la Sécurité publique, via des soirées d'information publique, afin de leur présenter les résultats de l'analyse avantage-coût et les scénarios de taxation retenus.

Comité de citoyens

Devant la difficulté à obtenir de l'information sur les résultats de cette étude, devant la lenteur des gouvernements à poser des actions concrètes pour protéger les constructions en place et à la suite de la diffusion d'un reportage à TVA qui les informe que la réglementation ne permettra plus de construction dans les secteurs définis à risque, la population se mobilise. Un comité de citoyens voit le jour en janvier 2005 (huit personnes) et se donne comme objectif «de trouver des solutions à l'érosion en sauvant toutes les zones habitées du village».

Le comité de citoyens, qui au fil du temps a su recruter une vingtaine de personnes, travaillait notamment à la recherche d'informations sur les différents modes de protection contre l'érosion côtière et à proposer des solutions aux élus concernés. Les actions du comité visaient également à informer les citoyens de l'avancement des dossiers relatifs à la protection des berges à Pointe-aux-Outarde. Notons toutefois que le comité s'est dissous depuis.

De plus, pour contrer l'érosion dans l'immédiat, le comité a pris l'initiative de mettre sur pied des corvées pour la construction d'épis. Au fil des ans, près d'une centaine d'épis ont

ainsi été mis en place (Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes cherchant des solutions à l'érosion des berges, sans date, Principales démarches du comité).

Le comité de citoyens préconisait les méthodes de protection dites «méthodes douces», notamment les épis de type Holmberg, en opposition aux ouvrages durs, tels les murs et les enrochements. Ces derniers sont souvent proposés dans des contextes d'érosion côtière et qui présentent des répercussions néfastes dans plusieurs situations (effet de bout, abaissement de la plage devant les ouvrages) (Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes, 2007. Passons à l'action avec un système d'équilibre durable, Pointe-aux-Outardes, (Qc) Diaporama, 2007).

La méthode des épis Holmberg, ainsi que la méthode«Stabiliplage», consistent à emplir de long tube de sable ou de ciment et les disposer sur la plage le long de la base des talus, en zone submergée, mais parallèles à la côte ou sur la plage disposés perpendiculairement à celle-ci.

Les solutions proposées par le comité de citoyens n'ont vraisemblablement pas été retenues par la Municipalité de Pointe-aux-Outardes. Un ancien membre du comité exprime d'ailleurs «ses craintes quant aux effets négatifs des solutions proposées, mais [ ] appui le fait que quelque chose soit tenté au lieu de ne rien faire». Elle mentionne également qu'un représentant du ministère de la Sécurité publique, en autorité dans le dossier depuis 2004, «a toujours été très négatif aux initiatives du comité». Elle ajoute «même au forum organisé par le comité ZIP en 2007, il a tout fait pour nous discréditer et ridiculiser notre démarche et nos recherches». Néanmoins, devant le projet actuel, cette même personne «voudrait [ ] que ce projet soit considéré comme un projet pilote et que des suivis soit planifiés pour quantifier les résultats soient-ils positifs ou négatifs et que dans le cas d'effets négatifs, il y ait des correctifs d'apporter» (Chantal de Verteuil, comm. pers., avril 2011).

Citoyens

Selon des citoyens de Pointe-aux-Outardes, la structure administrative qui entoure la protection des berges ne protège pas les citoyens et les empêche même de se protéger contre l'érosion (ouvrage de protection). L'évolution du dossier de protection des berges, incluant le «programme de sauvetage» proposé par le MSP, engendre, chez la population concernée, une série d'émotions : colère, frustration, peine, impression d'être exproprié, d'être dépossédé de leur demeure, sentiment d'injustice (Nathalie St-Laurent) incompréhension (Cécile Beaudoin).

Une seule résidence, celle du Seule la résidence secondaire du 326, rue Labrie a été démolie pour cause de vétusté. D'autres ne seront pas déménagés, puisqu'ils sont situés à l'extérieur de cette zone.

3. DESCRIPTION DES OPTIONS ET DES SCÉNARIOS DE STABILISATION

Plusieurs mesures de protection des berges du fleuve Saint-Laurent, sur le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes, ont été répertoriées et analysées. Dans un premier temps, les mesures de protection existantes ont été inventoriées et des scénarios de stabilisation ont été élaborés et analysés, afin de déterminer le scénario de stabilisation optimal (Leclerc et Dupuis, 2008).

3.1 MESURES DE PROTECTION EXISTANTES

3.1.1 Différentes mesures de stabilisation

Afin de pallier à la problématique d'érosion des berges et d'assurer la sécurité des citoyens, des résidences et des infrastructures de Pointe-aux-Outardes, plusieurs mesures de protection des berges ont été analysées (Leclerc et Dupuis, 2008). Ces mesures sont présentées ci-après et détaillées en annexe (Annexe H). Généralement ces options appartiennent à trois (3) catégories principales, soit le retrait simple, les protections dures et les protections douces. Ces mesures sont décrites ci-après.

Il faut noter que des scénarios de stabilisation de berges ont été élaborés pour Pointe-aux-Outardes, et ce, à partir des mesures de protection existantes. Ces scénarios sont présentés à la section suivante (section 3.2).

3.1.1.1 Retrait simple

Le retrait simple, sans intervention, vise à atténuer ou contrôler les processus d'érosion. Le retrait est financé par le gouvernement et c'est le mode d'intervention gouvernementale (urgence ou prévention) qui détermine le type de financement et la faisabilité environnementale des différentes solutions envisagées.

3.1.1.2 Protections dures

Les mesures de stabilisation dures sont celles qui imposent une protection modifiant fortement le paysage côtier, et induisent des changements appréciables à la dynamique côtière. La construction de murs verticaux en béton ou l'empierrement linéaire systématique des côtes sont des exemples de cette approche traditionnelle. L'empierrement linéaire consiste à blinder la côte contre les attaques des vagues lors des épisodes de hautes eaux (marée, surcotes) accompagnés par de forts vents et de vagues.

3.1.1.3 Stabilisations douces

Les mesures de stabilisation douces consistent à protéger le littoral de l'érosion, en tenant compte de la dynamique côtière et en cherchant à redonner au milieu, un équilibre plus près des conditions naturelles. Elles comprennent des dispositifs tels que les champs d'épis, brise-lames et stabilisateurs de courant (ex : Holmberg, Stabi-Plage), ainsi que la recharge de plage (initiale ou récurrente). Ce type de stabilisation interagit avec les courants littoraux et le régime de vagues à différents stades du cycle de la marée et en fonction des surcotes produites lors des tempêtes. En stabilisant ces processus et en dissipant l'énergie des vagues, les mesures douces retiennent le transit sédimentaire sur les plages, aidant ainsi à les reconstruire.

3.2 SCÉNARIOS DE STABILISATION

Huit scénarios de stabilisation des berges, ont été élaborés par Leclerc et Dupuis (2008) à partir des mesures de stabilisation existantes répertoriées plus haut (section 3.1). Ces scénarios incluent deux scénarios/options référence et six scénarios/options alternatives. Les zones d'application de chacun des scénarios étudiés concernent des segments délimités de la côte de Pointe-aux-Outardes, de A à G (d'ouest en est sur la côte) (figure 3-1).

Il est important de spécifier que les travaux faisant l'objet de cette étude d'impact sur l'environnement, sont compris dans le segment D, présenté à la figure 3-1. Compte tenu que le choix de l'option de stabilisation des berges retenue repose sur cette analyse, toutes les options (pour tous les segments de berges) sont présentées dans la section suivante (section 3.2.1). Aussi, il faut noter qu'une partie de la rue Labrie a été déplacée en 2011. Tous les scénarios qui comprennent la relocalisation de ce tronçon de route sont toutefois mentionnés sans égard à cette modification.

3.2.1 Description des scénarios de stabilisation

Les scénarios de stabilisation des berges sont présentés ci-dessous. À noter que l'utilisation de l'empierrement linéaire (sauf comme option de référence) et des brise-lames d'avant-côte seuls, a été écartée à Pointe-aux-Outardes, soit à cause des conséquences indésirables associées à ce type de mesures (impacts sur la morphologie des côtes et sur le bilan sédimentaire, effets de bout, coûts d'entretien, etc.), ou à cause de l'absence de conditions propices.

La recharge de plage seule a aussi été rapidement écartée à Pointe-aux-Outardes. Compte tenu des processus de transport puissants qui y agissent et qui y entraîneraient des pertes importantes par la dérive littorale. La recharge en plage est toutefois envisagée, en parallèle avec l'utilisation d'épis.

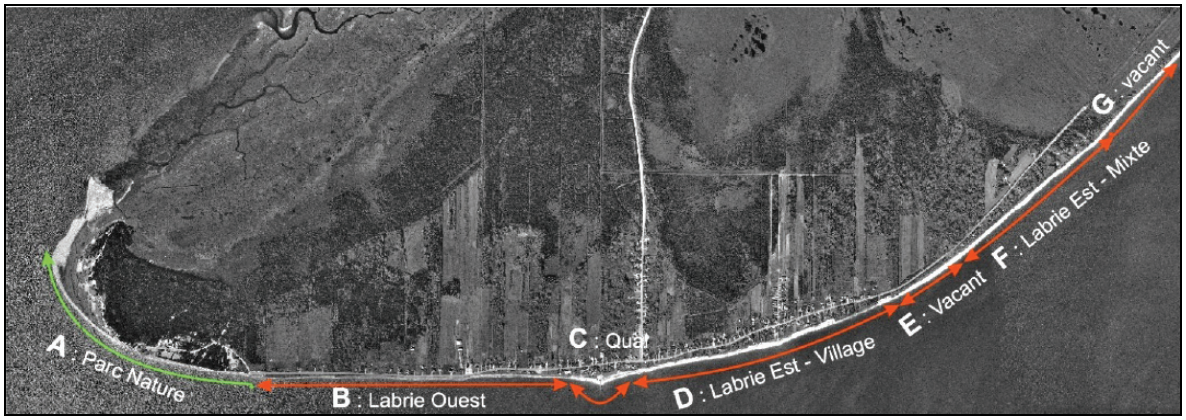


Figure 3-1 : Segments de la côte de Pointe-aux-Outardes - Mesures de stabilisation des berges

3.2.1.1 Scénarios ou options références

Les deux premiers types de mesures de stabilisation constituent l'option de référence, à laquelle les autres options sont comparées. Les options de référence sont décrites ci-après et les secteurs visés par ces mesures sont identifiés (figure 3-1) :

Le retrait général progressif assisté financièrement (**Option R1 ou $R_{réf}$**), soit des mesures de retrait de bâtiments et d'infrastructures seulement, incluant 1,56 km de la rue Labrie Est (zones visées D+E+F). Cette option s'appliquerait aux segments D (Labrie Est Village) et F (Labrie Est – Usage mixte). En plus des bâtiments, deux segments de la rue Labrie Est sont visés pour être déplacés vers le nord (minimum 60 m), une partie de D (0,7 km) jouxtant le chemin Principal et E au complet (0,9 km).

L'empierrement linéaire généralisé (**Option P3 ou $P_{réf}$**) financé conjointement par le gouvernement et la Municipalité, dans le cadre d'un Protocole d'Application de Solutions (PAS)[2]. Cette option s'appliquerait aux segments D, E et F (3,9 km) et ne nécessiterait aucun retrait, mais une recharge de sable initiale et périodique.

3.2.1.2 Options de stabilisation considérées pour Pointe-aux-Outardes

Les options alternatives retenues pour analyse sont donc constituées d'un mélange variable de champs d'épis et de retrait progressif, selon le segment de côte considéré :

2 Les Protocoles d'Application de Solutions sont formés d'ententes de collaboration (concertation) entre les divers intervenants du milieu, afin de procurer une solution préventive intégrée et durable à une problématique de risque naturel, l'érosion dans le cas présent.

Champ d'épis conventionnels uniquement assorti d'une recharge de sable initiale et périodique de plage (**Option P1**) visant le rétablissement le plus tôt possible d'un équilibre morpho-sédimentaire. L'option a été définie pour l'ensemble des segments D, E et F (3,9 km);

Champ d'épis de type Holmberg dit « stabilisateurs de courants » avec recharge initiale et périodique de plage (**Option P2**). L'option est définie pour les segments D, E et F (3,9 km);

Champ d'épis conventionnels dit équilibré avec recharge initiale de plage seulement (**Option P4**) qui maintient un apport sédimentaire minimum de 20 000 m^3/an à partir de segments de côtes érodables, mais inhabitées (E et G); les épis viseraient deux segments menacés à court et moyen termes à l'est du chemin Principal (D et partie de F) en plus de chercher à compenser l'impact des empierrements linéaires vers le Parc Nature (extrémité ouest du segment A). L'option comporte le retrait partiel (voirie, réseaux de services) de la rue Labrie Est sur 0,9 km, soit le segment E;

Variante de P4 avec des épis Holmberg (P5);

Champ d'épis réduits (**Option P6**) qui vise les mêmes objectifs et utilise les mêmes mesures que P4, sauf celui de retenir le sable en transit avant sa sortie du système et de chercher à compenser les impacts de l'empierrement linéaire sur la rue Labrie Ouest. L'extrémité ouest du segment A est donc retirée de l'option P4;

Solution mixte (**Option MX1**) comportant un seul champ d'épis à l'est du quai municipal (segment D, Labrie Est – Village); les segments E et F seraient traités par des mesures de retrait des bâtiments (mixité d'usages résidentiels et de villégiature) et de la rue Labrie.

3.3 ANALYSE COMPARATIVE

3.3.1 Approche de présélection

Les scénarios proposés par Leclerc et Dupuis (2008) ont été comparés entre eux par le biais d'une analyse coûts/avantages (ACA), basée sur une approche de présélection multicritères qui combine des résultats monétaires et intangibles (non monétaires). La comparaison des options prend comme base les options de référence auxquelles s'ajoutent les options alternatives[3]. Les détails de cette analyse sont présentés à l'annexe I.

3 Dans une ACA classique, un scénario de référence doit être un scénario à partir duquel on calcule les écarts des avantages et des coûts relativement à l'option « Ne rien faire » (ÉcoRessources Consultants, 2009). Leclerc et Dupuis (2008) font plutôt état de deux scénarios

Les résultats de l'analyse multicritères de Leclerc et Dupuis (2008) sont résumés au tableau 3-1. Pour le bilan économique des options, les scénarios qui se démarquent *a priori* sont les suivantes :

R1 (ou Rréf) : Retrait progressif généralisé assisté financièrement (3,62 M$);

P4 : Champ d'épis conventionnels seulement (3), option dite «équilibrée», avec recharge initiale de plage seulement (2,4 M$);

P6 : Champ d'épis, option dite «réduite» (option P4 sans mesure de stabilisation à l'ouest du quai municipal) (2,85 M$);

MX1 : Solution mixte comportant à la fois des épis à l'est du quai et des mesures de retrait graduel à l'extrémité est de la rue Labrie (3,53 M$).

Selon les auteurs de l'analyse multicritères des options, l'option MX1 est la meilleure solution. L'ACA de Leclerc et Dupuis (2008) a fait l'objet d'une révision par ÉcoRessources Consultants (2009). De nouveaux critères ont alors été identifiés afin d'obtenir une ACA classique. Les détails de cette analyse sont présentés à l'annexe I. À la lumière de l'ACA conduite par ÉcoRessources (2009), la solution R1 est la moins négative des options pour l'ACA approximative et la solution P6 est la meilleure selon l'analyse multicritères.

référence (ci-dessus R1 et P3) et précisent qu'un de ces scénarios de référence serait probablement adopté si on n'évaluait pas d'autres options. Aussi, l'option « Ne rien faire » ou *statu quo* n'a pas été analysée dans le cadre de la présente étude.

Tableau 3-1 : Résultats de l'analyse multicritères des options

SCÉNARIOS ► CRITÈRES ▼	R1 ou Rréf	P1	P2	P3 ou Préf	P4	P5	P6	MX1
Critères de base								
#1 Coût d'ensemble	100%	0%	0%	0%	81%	0%	87%	84%
#2 Durabilité	100%	80%	70%	20%	80%	80%	70%	85%
#3 Risque résiduel	100%	70%	70%	40%	80%	75%	80%	80%
#4 Équité	85%	80%	40%	0%	100%	40%	100%	100%
#5 Environnement - Bilan sédimentaire	50%	50%	50%	10%	90%	90%	80%	90%
#6 Synergie - Mise en valeur	50%	80%	80%	30%	90%	90%	80%	80%
#7 Impact social	20%	100%	100%	50%	100%	100%	90%	40%
Critères globaux								
#1 Poids décisif sur le coût	68%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#2 Poids majoritaire sur le coût	93%	20%	18%	6%	83%	21%	85%	85%
#3 Moyenne géométrique pondérée	56%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#4 Moyenne arithmétique pondérée	48%	0%	0%	0%	66%	0%	73%	58%
MOYENNE - CRITÈRES GLOBAUX	**66%**	**5%**	**4%**	**1%**	**74%**	**5%**	**76%**	**69%**

(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Les critères sont présentés en fonction de chacun des scénarios analysés. Les colonnes en gris représentent les deux options les plus avantageuses

3.4 SÉLECTION DU MEILLEUR SCÉNARIO

3.4.1 Élimination des options trop coûteuses

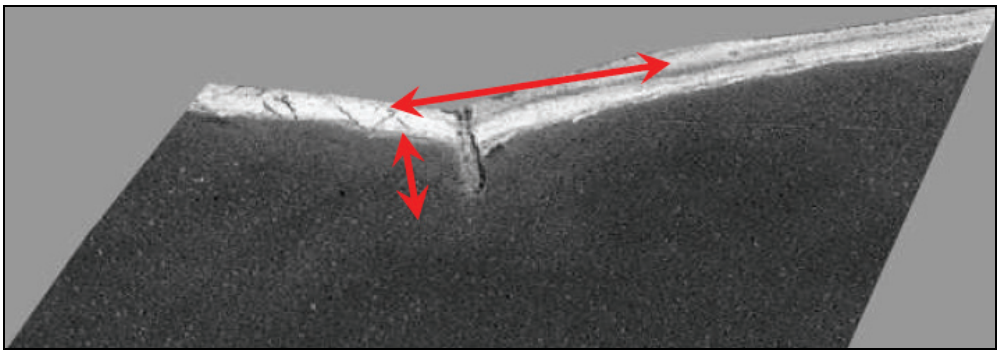
L'analyse comparative de différentes options de remédiation au risque d'érosion allant du retrait complet assisté financièrement à la protection complète, dure ou douce, en passant par des options mixtes, révèle qu'en dépit de leur aptitude à résoudre le problème, certaines mesures s'avéreraient soit beaucoup trop impactantes et/ou trop coûteuses, considérant les enjeux qu'elles visent à protéger; ce sont les options P1, P2, P3 et P5.

3.4.2 Priorité aux mesures de stabilisation douces

Il ressort donc que les mesures de stabilisation douces, faisant appel aux capacités locales de réalisation (épis conventionnels), assorties parfois de mesures de retrait (ex : voirie), à condition qu'elles soient appliquées avec précaution à l'égard des composantes environnementales, et en maximisant les facteurs d'équité et les possibilités de concertation, semblent préférables aux approches classiques telles que le retrait généralisé ou l'empierrement linéaire « mur à mur », considérées comme ultimes. Les solutions techniques qui s'avèrent les plus intéressantes pour Pointe-aux-Outardes, sont basées sur les constats suivants :

- le quai municipal répond aux sollicitations à la façon d'un épi, en captant le sable et en réorientant la plage pour répondre aux forces de la mer et que cet ouvrage s'avère un prototype à l'échelle naturelle de ce qui peut être obtenu en implantant des épis (voir figure 3-2);
- qu'il existe des dépôts de sable à proximité (sur la Péninsule de Manicouagan) qui permettent une recharge de plage adaptée aux forces en présence et qui permettent une recharge de plage avec un minimum de transport;
- les fortes marées font en sorte que l'utilisation de brise-lames offshore n'est pas recommandée. En effet, dans la littérature on indique que ces ouvrages doivent être considérés lorsque le marnage de la marée ne dépasse pas 1 m;
- les ouvrages en enrochement de grande portée ou, a fortiori, construits à la pièce, pour protéger les talus de Pointe-aux-Outardes ont généré des érosions importantes aux extrémités (effets de bout) et la perte de la plage située en face. De plus, ceux-ci apparaissent mal conçus et sous-dimensionnés (taille des matériaux) de sorte qu'ils représentent désormais des éléments vulnérables à l'érosion et requièrent un entretien périodique coûteux;
- la protection du talus par des épis est préconisée; cette protection doit être réalisée en tenant compte de la portée des processus physiques à l'échelle de la cellule sédimentaire, du moins jusqu'au quai existant.

La morphologie autour du quai municipal de Pointe-aux-Outardes permet de jeter une certaine lumière sur l'effet stabilisateur qu'aura l'implantation d'épis le long du littoral (figure 3-2). D'une longueur effective typique de 70 m, l'influence du quai se répercute sur près de 210 m (l'effet s'estompe asymptotiquement), soit environ 160 m à l'est (amont du transit) et 50 m à l'ouest (aval).



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

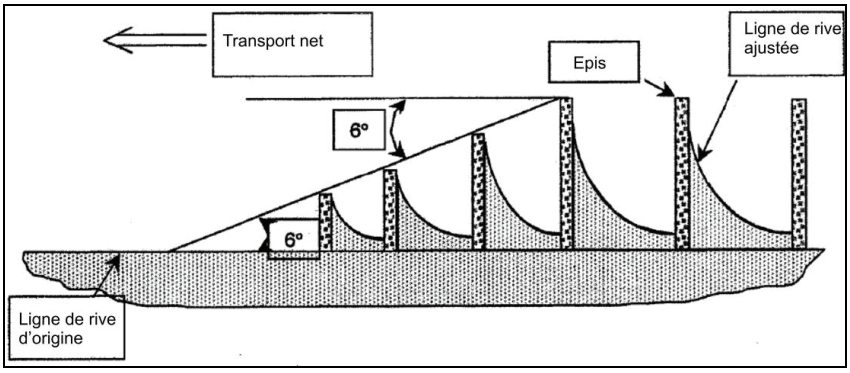
Figure 3-2 : Effet de type épi au quai municipal de Pointe-aux-Outardes

3.5 SCÉNARIO RETENU POUR POINTE-AUX-OUTARDES

Le ministère de la Sécurité publique du Québec et la Municipalité de Pointe-aux-Outardes, ont statué sur le scénario de stabilisation le plus acceptable sur les plans technique et économique, soit l'option P4 (zone D, figure 3-1). Ce scénario a toutefois été modifié de la proposition originale faite par Leclerc et Dupuis (2008). L'option retenue pour la stabilisation des berges comprend donc la protection de la côte par des épis stabilisateurs avec recharge de plage, sur une distance de 1,5 km. Aucun épi ne sera mis en place à l'ouest du quai municipal. Le nombre d'épis et leur longueur seront déterminés lors de la conception finale des ouvrages. Le déplacement de la rue Labrie, sur une distance de 1,0 km était prévu au projet et a été réalisé depuis (Maxime Whissell, comm. pers., 2011). Toutefois, le déplacement ou le déménagement de résidences situées dans le secteur du projet, soit entre l'intersection du chemin Principal et de la rue Labrie jusqu'au 294 rue Labrie, n'est pas prévu.

L'implantation d'épis et une recharge de plage initiale permettront de contrôler le transport littoral et de favoriser la rétention locale de sédiments. Cet aménagement permettra de surcroît d'éviter l'interruption brutale des apports sédimentaires en aval des épis et sur la batture adjacente. Les épis seront construits de façon à prendre en considération les connaissances suivantes sur la conception de ce type de structures (CEM, 2002) :

- l'angle d'attaque et la hauteur des vagues sont des paramètres importants à considérer pour le transport longitudinal;
- pour les plages soumises à l'action des vagues provenant d'une direction prédominante, il est recommandé d'orienter les épis perpendiculairement aux crêtes de vagues déferlantes;
- la détermination de la longueur de l'épi est importante relativement à la zone de transport littoral;
- les épis doivent être perméables pour permettre le transit de l'eau et du sable et réduire l'intensité des courants de retour vers le large (*rip currents*);
- lorsqu'on utilise un champ d'épis, il est recommandé de terminer la série en biseau en diminuant la longueur pour éviter les effets de bout indus; ceci permet d'atténuer les effets en aval de la zone d'implantation (figure 3-3) où une érosion est anticipée;
- le succès d'une implantation est jugé par sa capacité à conserver une largeur minimum de plage sèche sous des conditions spécifiques d'attaque par les vagues et à permettre le passage d'un flot sédimentaire suffisant qui permet de minimiser le déficit sédimentaire à l'aval;
- afin d'éviter l'érosion des cellules adjacentes, il est important de toujours incorporer une recharge de plage.



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 3-3 : Angle de 6° suggéré par le CEM pour la transition en fin de série d'épis (échelle transversale amplifiée)

3.5.1 Caractéristiques de l'option retenue

3.5.1.1 Schéma de protection des berges pour Pointe-aux-Outardes

À la lumière des analyses effectuées aux sections précédentes, un schéma de stabilisation de berges à Pointe-aux-Outardes est présenté. La variante retenue consiste en une recharge de plage, à laquelle on ajoute des épis qui ont pour fonction de ralentir le transit longitudinal et de diminuer l'énergie des vagues en rive. Ce concept permettra de contenir le sable entre les épis. Le volume requis pour enrichir la plage est établi sur la base de la largeur de la microterrasse existante observée, qui est de l'ordre de 15 m. On retient une élévation de 2,3 m comme hauteur de la plage sèche aux fins des calculs de volumes. Plus cette élévation est importante, plus grands sont les volumes requis, car le profil d'équilibre visé s'en trouve surélevé et la protection envisagée meilleure.

3.5.1.2 Conception des épis en enrochement

La section transversale d'un épi est présentée à titre d'exemple, afin d'illustrer le concept de l'aménagement proposé (figure 3-4). Cet exemple est tiré d'un concept d'épis pouvant résister aux vagues générées par un ouragan. Le degré de complexité d'une section transversale dépend toutefois de l'accessibilité au site et des facilités de maintenance pour l'épi. Ainsi, un épi formé strictement d'enrochement déversé subira forcément un tassement, et conséquemment, on devra procéder à une recharge périodique d'enrochement. Cette façon de faire peut toutefois s'avérer économique s'il est facile et peu coûteux de procéder à la recharge.

De façon générale, les épis sont conçus de matériaux tout-venant, sur lesquels repose une sous-couche de matériaux granulaires d'épaisseur variable. Les matériaux apposés sur celle-ci comprennent deux couches de roches dont la hauteur, la taille, la masse et l'élévation des roches formant la carapace peuvent varier.

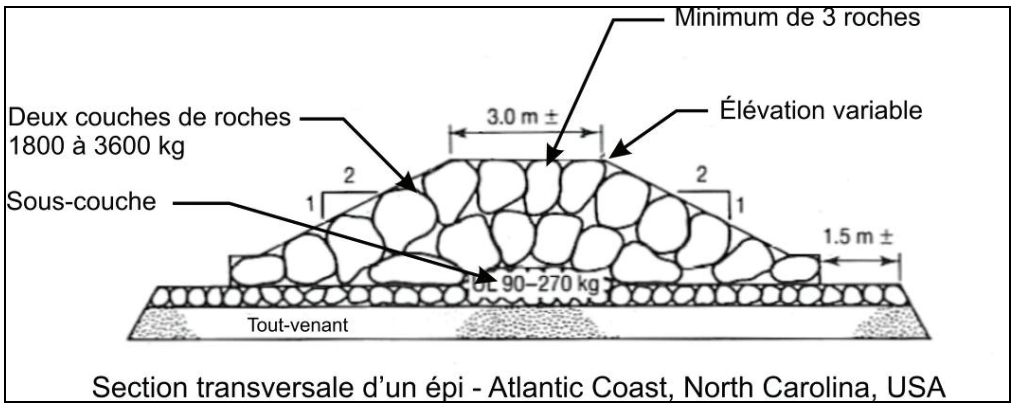


Figure 3-4 : Section transversale d'un épi construit sur la côte atlantique, en Caroline du Nord, USA

Pour Pointe-aux-Outardes, il est recommandé de viser une largeur de plage minimum de 30 m (distance entre le pied de talus et la cote 0.0 m géodésique). La largeur de plage protégée par l'épi est alors deux fois sa longueur effective[4]. Ceci revient à implanter un épi à toutes les quatre longueurs effectives d'épi, le long du littoral à protéger. Leclerc et Dupuis (2008) préconise cette valeur en se basant sur l'effet du quai existant et par souci de minimiser les coûts d'implantation. La longueur effective proposée pour Pointe-aux-Outardes est de 60 m, soit quatre fois la longueur de la plage sèche, pour une longueur totale de 90 m par rapport au pied de talus. Cette longueur totale est à la cote -1 m, ce qui équivaut à environ 130 m, par rapport au pied de talus. Ceci laisse donc une bande de transport longitudinal d'une quarantaine de mètres pour assurer un certain transit longitudinal. La profondeur à l'extrémité de l'épi se situerait entre la cote 0.0 (située à environ 30 m de la rive) et la cote -1,1 m (peut varier selon la position).

La distance proposée entre les épis est de 200 m, soit un peu plus que trois fois la longueur effective pour prendre en compte le fait que la longueur d'influence est moindre à l'ouest du quai. La hauteur de l'épi doit être à l'élévation de la plage sèche au début et suivre la pente de la plage reconstituée. La largeur en crête devrait être d'au moins trois blocs et la dimension des blocs déterminée en considérant l'attaque par vague déferlante. Un tapis parafouille devrait être construit à la base des épis, car ceux-ci seront soumis à la vague déferlante à chaque cycle de la marée, au montant comme au baissant et qu'ils peuvent reposer sur les couches d'argile sensible. Le dimensionnement final devrait être

4 La longueur effective est obtenue en soustrayant la largeur minimum de la plage de la longueur de l'épi calculée à partir du talus.

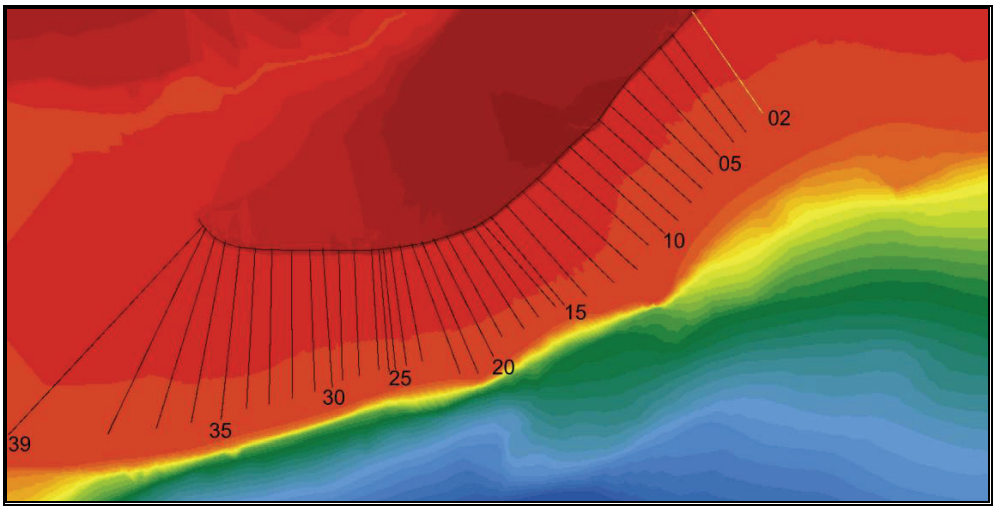
établi par un géotechnicien qui tiendra compte de la capacité portante et du tassement potentiel.

Toutefois, sur la base des informations fournies dans le document de Leclerc et Dupuis (2008), il a été estimé que la quantité de pierres requise pour la mise en place des 8 épis pourrait s'élever à environ 167 000 tonnes. Cette quantité correspond à une surface totale d'empiétement marin de 22 320 m^2 et requerrait le passage d'environ 11 150 camions. Il faut toutefois noter que cette estimation a été faite en considérant une pente du littoral de 2H :1V, tel que présenté à la figure 3.4. Si une pente de 1.5 H : 1V avait été utilisée lors de l'estimation (tel que c'est le cas dans les aménagements standards) l'empiétement sur le milieu aurait été considérablement réduit de même que les quantités de pierres requises pour la conception des épis.

3.5.2 Volumes de recharge de plage

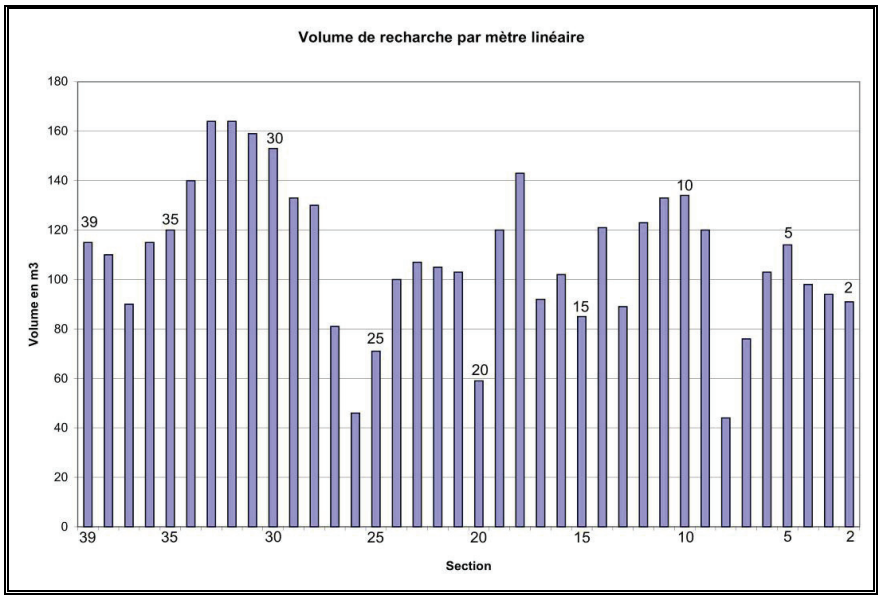
Le rechargement artificiel des plages consiste à apporter du sable sur la plage. Le rechargement peut se faire de différentes façons. Il est possible de répandre le sable sur le site à restaurer ou de le déposer en marge du site à restaurer et laisser la dérive littorale faire le reste du travail. La pente d'équilibre de la plage et ses différentes caractéristiques morphologiques comme la plage sèche (basse terrasse) s'établissent en fonction de divers facteurs tels que la granulométrie des matériaux disponibles sur place, l'angle d'attaque de la vague, les niveaux maximums atteints à marée haute et lors de surcotes de tempête ou l'apport sédimentaire en transit sur la plage. Il s'agit de processus complexes et aléatoires qui, à la longue, conduisent à un équilibre dynamique et fragile.

Le volume requis pour enrichir la plage est établi sur la base de la largeur de la microterrasse existante observée, qui est de l'ordre de 15 m. On retient une élévation de 2,3 m comme hauteur de la plage sèche aux fins des calculs de volumes. Plus cette élévation est grande, plus grands sont les volumes requis, car le profil d'équilibre visé s'en trouve surélevé et la protection envisagée meilleure. Les calculs des volumes de recharge de plage permettant d'obtenir un profil d'équilibre ont été réalisés sur 38 sections. La localisation de ces sections est présentée à la figure 3-5. La figure 3-6 synthétise la variation du volume nécessaire pour chaque section. Le volume moyen requis est de l'ordre de 109 m^3 au mètre linéaire.



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 3-5 : Localisation des sections transversales pour l'évaluation des volumes de recharge



(Source : Leclerc et Dupuis, 2008)

Figure 3-6 : Variation du volume requis par mètre linéaire de plage

Il est important de noter que les volumes de sable requis pour la recharge de plage dépendent étroitement de la granulométrie des matériaux disponibles, de leur diamètre

médian particulièrement. La valeur escomptée pour l'étude est établie à partir de la taille moyenne des matériaux bruts disponibles en rive ou dans les sablières locales. L'emploi de sable plus grossier (brut ou tamisé) peut toutefois influencer considérablement, à la baisse, les volumes de recharge requis et donc rabattre les coûts directs de l'option.

Pour les calculs relatifs à la plage de Pointe-aux-Outardes, un d_{50} de 0,6 mm comme représentatif pour la plage est retenu. Toutefois, il est recommandé de procéder au prélèvement d'un plus grand nombre d'échantillons pour bien caractériser la granulométrie de la plage, avant de procéder à tout dimensionnement pour s'assurer que cette valeur est bonne (Leclerc et Dupuis, 2008). Pour une recharge efficace, on doit chercher à obtenir des granulométries se rapprochant le plus de celle de la plage.

3.5.3 Protection additionnelle

L'ajout d'une quantité additionnelle de sable de 0,7 m d'épaisseur (jusqu'à la cote 3 m) sur la plage sèche serait souhaitable pour obtenir une protection supplémentaire contre une tempête importante. Ceci se traduirait par une quantité additionnelle de 10,5 m^3 au mètre linéaire si la largeur de plage sèche demeurait à 15 m. Une berme de largeur réduite, dont les dimensions restent à établir, et formée d'un matériau plus grossier (galet) peut également être construite en pied de talus, comme protection ultime contre l'action des vagues qui se produirait en conditions exceptionnelles.

Ayant la capacité de ralentir, voire retenir le transit littoral au sein de chaque cellule, l'emploi excessif d'épis peut modifier significativement le transit littoral et perturber l'équilibre sédimentaire (recharge naturelle) des plages situées en aval du segment protégé. Il est donc requis d'accompagner cette mesure au minimum d'une recharge initiale avec du sable dont la granulométrie doit être prise en compte comme paramètre de conception. Le profil de la plage résultante est en effet grandement déterminé par la taille des matériaux dominants. Ce paramètre détermine aussi le volume requis et le coût de la mesure. Il n'est pas exclu aussi qu'une recharge d'appoint doive être réalisée si le transit littoral résiduel s'avère insuffisant à moyen et long termes.

4. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PROJET

Cette section de l'étude présente une description technique du projet de stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes.

4.1 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET PRINCIPALES ACTIVITÉS À RÉALISER

Techniquement, le projet comprend la stabilisation des berges par la mise en place d'épis et par une recharge de plage, sur une longueur totale de 1,5 km.

4.1.1 Procédure de réalisation des travaux

Les opérations de stabilisation consistent essentiellement à la mise en place des épis et à l'ajout de matériaux sableux dans le haut de plage. En somme, les travaux prévus sont les suivants :

- l'aménagement, avec des matériaux granulaires, d'un chemin pour la circulation de la machinerie sur le haut de la plage;,
- la mise en place des épis (ajout de matériaux granulaires (tout venant) et de la roche);
- la recharge de plage.

4.1.1.1 Aménagement d'un chemin pour la circulation de la machinerie

La circulation de la machinerie sur le haut de plage préconise la mise en place d'un renforcement par l'ajout de matériaux granulaires. À cet effet, un tablier en enrochement sera aménagé sur la plage, de façon à faciliter la circulation de la machinerie pour le transport des matériaux et la mise en place des épis.

Les travaux de stabilisation seront effectués à l'aide d'une pelle hydraulique ou d'une pelle rétrocaveuse. L'omniprésence d'argiles sensibles sous-jacentes à la plage peut rendre les déplacements de machinerie hasardeux et ceux-ci doivent être minimisés. Une stratégie de mise en place frontale (vers la mer), plutôt que latérale (via la plage), devra donc être privilégiée.

4.1.1.2 Mise en place des épis

Les activités de mise en place des épis seront effectuées à marée basse. Le projet de stabilisation, dans son état d'avancement actuel, est à l'étape de concept. Le calibre des pierres requises pour la conception des épis n'est pas connu à cette étape-ci du projet.

Toutefois le calibre de la pierre sera suffisamment élevé, de façon à ne pas générer un apport supplémentaire de particules fines. La superficie totale couverte par les épis totaliserait environ de 9 000 m^2. Comme le projet est à l'état de concept, les volumes exacts de matériaux requis pour la conception des ouvrages ne sont pas connus. Toutefois, le volume de pierres de carapace, nécessaire à la mise en place des épis, est estimé à 31 500 m^3.

Les volumes de sable de déblai, le cas échéant, seront réutilisés pour remblayer la microterrasse au pied des talus et accélérer l'atteinte de l'équilibre morphologique de la plage autour et entre les épis. Le projet ne prévoit pas le reprofilage du talus sur le haut de plage.

4.1.1.3 La recharge de plage

Une recharge de plage initiale sera réalisée après la mise en place des épis. Cette recharge vise à redonner à la côte un profil d'équilibre et à la protéger contre l'action des vagues. Les matériaux utilisés à cette fin seront des sables provenant d'une carrière locale. Des précautions seront prises afin de s'assurer que les sables soient de taille comparable à ceux que l'on retrouve actuellement en milieu côtier. De plus la qualité physico-chimique de ces matériaux sableux sera analysée pour s'assurer qu'aucun contaminant ne soit introduit dans le milieu côtier.

4.1.2 Autres activités et travaux liés à la réalisation du projet

Les activités suivantes sont également liées à la réalisation du projet. Elles comprennent, notamment, l'aménagement d'une aire de travail, la production et la gestion des matières résiduelles, l'utilisation d'équipements et de machinerie, ainsi que le transport et la circulation de cette dernière sur le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes. Ces activités sont décrites ci-après.

4.1.2.1 Aménagement d'une aire de travail

Une zone de travail servant d'aire d'entreposage des matériaux secs (gabions et matériel granulaire) et d'aire de stationnement pour la machinerie en période d'arrêt et, le cas échéant pour son entretien, sera aménagée sur un terrain disponible en bordure de la côte (entre la rue Labrie et la plage). Cette aire de travail sera restaurée à la fin des travaux, en nivelant le terrain de façon à lui redonner une forme naturelle et stable et en la gazonnant au besoin.

4.1.2.2 Gestion des matières dangereuses

L'entrepreneur sera tenu de procéder au relevé des matières désignées dangereuses et de prendre les mesures nécessaires pour préserver l'environnement selon la

réglementation en vigueur. Si un matériau répertorié comme dangereux est découvert pendant l'exécution des travaux, l'entrepreneur devra suspendre les travaux, prendre les précautions appropriées et en informer immédiatement l'ingénieur. Aucune reprise de travaux ne sera autorisée avant d'avoir reçu des directives particulières à ce sujet.

4.1.2.3 Équipements et machinerie utilisés

Les principaux équipements utilisés demeurent de la machinerie conventionnelle. Les travaux de stabilisation seront effectués à l'aide de pelles hydrauliques et de chargeurs sur roues. Des camions à benne (admis sur le réseau routier) seront utilisés pour le transport des matériaux (gravier, sable, pierre, etc.).

4.1.2.4 Transport et circulation de la machinerie

La technique de construction d'épis à Pointe-aux-Outardes sous-tend nécessairement l'accès à la plage pour la machinerie. Le transport sera effectué vers le site des travaux, via le chemin Principal, la rue Labrie et la descente vers le quai municipal. Aucun aménagement d'accès dans le talus ne sera requis. La circulation de la machinerie sur la plage préconise la mise en place d'un renforcement par l'ajout de matériaux granulaires. À cet effet, un tablier en enrochement sera aménagé sur la plage, de façon à faciliter la circulation de la machinerie pour le transport des matériaux et la mise en place des épis.

Sur la base des informations fournies dans le document de Leclerc et Dupuis (2008), il a été estimé que la quantité de pierres requise pour la mise en place des 8 épis pourrait s'élever à environ 167 000 tonnes. Cette quantité requerrait le passage d'environ 11 150 camions requis pour le transport des matériaux de construction (pierre, etc.), des matériaux d'emprunt (carrière, gravière). La signalisation usuelle pour les zones de construction sera mise en place, afin d'assurer la sécurité du public et des résidents.

Il faut toutefois noter que cette estimation a été faite en considérant une pente du littoral de 2H :1V, tel que présenté à la figure 3.4. Si une pente de 1.5 H : 1V avait été utilisée lors de l'estimation (tel que c'est le cas dans les aménagements standards) le nombre de passages de camions serait considérablement réduit, compte tenu que les quantités de pierres requises pour la conception des épis seraient moindres.

4.2 CALENDRIER DES TRAVAUX

L'horaire de travail sera de 7h à 19h et les travaux seront toujours effectués à marée basse. Tous les travaux se dérouleront du lundi au vendredi. Le début des travaux est prévu pour l'été 2012.

Il est à noter que des précautions seront prises pour la mise en place des épis comme le choix de la saison la plus appropriée. Les activités relatives aux travaux de stabilisation de la berge de Pointe-aux-Outardes s'échelonneront sur une saison.

5. EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET

L'analyse des effets environnementaux des activités de stabilisation de la plage de Pointe-aux-Outardes a comme objectif d'identifier, de décrire et d'évaluer les effets du projet sur le milieu récepteur.

5.1 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION

La démarche méthodologique d'évaluation des effets environnementaux comporte deux grandes étapes, soit l'identification des effets possibles entre les composantes du projet et les composantes du milieu récepteur et l'évaluation des effets de chacune des interrelations identifiées.

Préalablement à l'identification des interrelations, les activités du projet ont été définies et regroupées selon leur nature et leur incidence probable sur les composantes du milieu récepteur. De même, afin de simplifier et d'améliorer la compréhension de l'analyse, les composantes du milieu récepteur, qui réagissent de façon similaire aux composantes du projet, ont été regroupées au besoin et sont définies.

La première étape de la méthode consiste à identifier les interrelations existantes entre les composantes du projet et les composantes du milieu récepteur. L'identification des interrelations s'effectue sur la base des informations pertinentes contenues dans les chapitres antérieurs (1 à 4). Une matrice résume les interrelations entre les activités du projet et les composantes de l'environnement.

La deuxième étape de la méthode consiste à décrire et analyser les interrelations identifiées, de façon à en évaluer l'importance à l'aide de critères qualitatifs ou de normes gouvernementales fédérales et/ou provinciales. En l'absence de normes réglementaires fédérales ou provinciales et de politiques spécifiques, les critères utilisés sont l'intensité, la durée et l'étendue. L'importance des effets sera réduite avec l'application de mesures d'atténuation appropriées. L'évaluation finale du projet porte sur les effets résiduels, c'est-à-dire sur les effets qui subsistent après l'application des mesures d'atténuation.

La procédure d'évaluation de l'importance d'un effet se résume comme suit :

- mettre en relation la valeur environnementale de la composante du milieu avec le degré de perturbation appréhendé, ce qui permet d'identifier l'intensité de l'effet;
- évaluer la durée de l'effet afin d'en arriver à un indice durée / intensité;

- évaluer l'importance de l'effet en faisant intervenir l'étendue de ce dernier;
- évaluer l'importance des effets résiduels en tenant compte de l'application des mesures d'atténuation.

Les mesures d'atténuation ou de mitigation sont les moyens que le promoteur s'engage à prendre et à mettre en œuvre pour éliminer ou diminuer significativement les impacts environnementaux de certaines activités, afin de permettre une meilleure intégration du projet dans le milieu. Ces mesures visent également à prévenir les risques de dommage et à protéger les éléments sensibles dans le respect des lois, règlements et directives relatifs à l'environnement.

5.1.1 Détermination de l'importance d'un effet environnemental

5.1.1.1 Intensité de l'effet

La première étape de détermination de l'importance d'un effet consiste à évaluer l'intensité de l'effet en mettant en relation la valeur environnementale de la composante du milieu avec le degré de perturbation appréhendé.

5.1.1.2 Valeur environnementale

La valeur environnementale exprime l'importance relative d'une composante dans son environnement. Elle est déterminée en considérant, d'une part, le jugement des spécialistes, et d'autre part, la valeur sociale que démontrent les intérêts populaires, légaux et politiques à l'égard de cette composante. Quatre classes de valeurs sont retenues :

Très grande : une très grande valeur est attribuée à un élément qui possède un statut reconnu par une loi ou un règlement, lui conférant ainsi un statut particulier limitant fortement toute intervention susceptible de mettre en cause l'intégrité de l'élément (ex. : espèces menacées ou vulnérables);

Grande : une grande valeur est accordée lorsque la conservation et la protection de la composante du milieu font l'objet d'un consensus entre les spécialistes et l'ensemble des intérêts concernés. Une grande valeur peut également être attribuée à une composante unique ou rare;

Moyenne : une valeur moyenne est accordée à une composante lorsque la protection, la conservation ou l'intégrité de celle-ci est de moindre importance ou lorsqu'elle ne fait pas l'objet d'un consensus parmi les spécialistes et le public concerné;

Faible : une valeur faible est accordée lorsque la protection, la conservation ou l'intégrité de la composante ne préoccupe que peu ou pas les spécialistes et le public concerné.

5.1.1.3 Degré de perturbation

Le degré de perturbation évalue l'ampleur des modifications négatives apportées ou le dérangement occasionné, en lien avec les caractéristiques structurales et fonctionnelles de l'élément affecté par le projet. Trois degrés de perturbation qualifient l'ampleur des modifications apportées :

Fort : lorsque l'intervention entraîne la perte ou la modification de l'ensemble ou des principales caractéristiques propres de l'élément affecté, de sorte qu'il risque de perdre son identité;

Moyen : lorsque l'intervention entraîne la perte ou la modification de certaines caractéristiques propres de l'élément affecté, pouvant ainsi réduire ses qualités, sans pour autant compromettre son identité;

Faible : lorsque l'intervention ne modifie pas significativement les caractéristiques propres de l'élément affecté, de sorte qu'il conservera son identité sans voir ses qualités trop détériorées.

5.1.1.4 Intensité

L'association de la valeur environnementale et du degré de perturbation permet de déterminer le premier critère utilisé dans l'évaluation de l'importance de l'effet, soit l'intensité. Celle-ci variera de forte à faible, selon la grille d'évaluation présentée au tableau 5-1.

Tableau 5-1 : Grille d'évaluation de l'intensité d'un effet

DEGRÉ DE PERTURBATION	VALEUR			
	TRÈS GRANDE	GRANDE	MOYENNE	FAIBLE
Fort	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne
Moyen	Forte	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible

5.1.1.5 Indice durée / intensité

La deuxième étape de détermination de l'importance d'un effet consiste à mettre en relation la durée de l'effet avec son intensité, afin d'en arriver à un indice durée / intensité.

5.1.1.6 Durée de l'effet

La durée précise la dimension temporelle de l'effet. Elle évalue, de façon relative, la période de temps durant laquelle les conséquences de la mise en œuvre des composantes du projet seront ressenties par l'élément affecté. Les termes *permanente*, *temporaire* et *momentanée* sont utilisés pour qualifier cette période de temps :

Permanente : l'effet a des conséquences sur la durée de vie de l'infrastructure ou lorsque les effets ressentis sont irréversibles;

Temporaire : l'effet est ressenti durant une activité du projet ou au plus, durant la réalisation du projet;

Momentanée : l'effet disparaît promptement.

5.1.1.7 Indice durée / intensité

L'association de la durée de l'effet et de l'intensité déterminée préalablement permet d'évaluer le deuxième critère utilisé dans l'évaluation de l'importance de l'effet, soit l'indice durée / intensité. Celui-ci variera de fort à faible, selon la grille d'évaluation présentée au tableau 5-2.

Tableau 5-2 : Grille d'évaluation de l'indice durée / intensité

DURÉE	INTENSITÉ		
	FORTE	MOYENNE	FAIBLE
Permanente	Fort	Fort	Moyen
Temporaire	Fort	Moyen	Faible
Momentanée	Moyen	Faible	Faible

5.1.1.8 Importance de l'effet

La troisième et dernière étape pour déterminer l'importance d'un effet consiste à mettre en relation l'étendue de l'effet avec l'indice durée / intensité.

5.1.1.9 Étendue de l'effet

L'étendue qualifie la dimension spatiale de l'effet généré par une intervention dans le milieu. Elle réfère à la distance ou à la superficie sur laquelle sera ressentie la perturbation. Les termes *régionale*, *locale* et *ponctuelle* sont retenus pour qualifier l'étendue :

Régionale : l'étendue est régionale lorsque l'intervention a des répercussions sur un ou plusieurs éléments environnementaux situés à une distance importante du projet

ou lorsque l'intervention affecte un milieu dit « régional ». Dans le cas du présent projet, une étendue régionale réfère à un effet qui serait perceptible dans la MRC de Manicouagan. Dans le cas du milieu marin, une étendue régionale correspond à une zone perturbée supérieure à un périmètre de 10 km.

Locale : l'étendue est locale lorsque l'intervention affecte un espace relativement restreint ou un certain nombre d'éléments de même nature situés à proximité du projet, ou lorsqu'un milieu dit « local » est affecté. Dans le cas du présent projet, une étendue locale renvoie à un effet qui serait perceptible au niveau de la municipalité de Pointe-aux-Outardes. Dans le cas du milieu humain, il s'agit d'un impact qui est ressenti par la population locale. Dans le cas du milieu marin, une étendue locale correspond à une zone perturbée, circonscrite à l'intérieur d'un périmètre de 10 km.

Ponctuelle : l'étendue est ponctuelle lorsque l'intervention n'affecte qu'un élément environnemental situé à proximité du projet ou lorsque la perturbation est ressentie dans un espace réduit et bien circonscrit sur le site ou dans le secteur environnant du projet; dans le cas présent le secteur de la plage de Pointe-aux-Outardes, ou dans le cas du milieu humain, une faible superficie utilisée ou perceptible. Dans le cas du milieu marin, une étendue ponctuelle correspond à une zone perturbée, circonscrite à l'intérieur d'un périmètre de 0,5 km.

L'association de l'étendue de l'effet et de l'indice durée / intensité déterminée préalablement conduit à l'évaluation de l'importance de l'effet environnemental. Celle-ci sera qualifiée de *majeure*, *moyenne* ou *mineure* :

Majeure : une importance majeure signifie que l'effet est permanent et qu'il affecte l'intégrité, la diversité et la pérennité de l'élément. Un tel effet altère de façon marquée ou irrémédiable la qualité du milieu;

Moyenne : une importance moyenne occasionne des répercussions appréciables sur l'élément touché, entraînant une altération partielle de sa nature et de son utilisation, sans toutefois mettre en cause sa pérennité;

Mineure : une importance mineure occasionne des répercussions réduites sur l'élément touché, entraînant une altération mineure de sa qualité et de son utilisation.

L'importance de l'effet est déterminée en fonction de la grille d'évaluation présentée au tableau 5-3.

Tableau 5-3 : Grille d'évaluation de l'importance de l'effet[5]

ÉTENDUE	INDICE DURÉE / INTENSITÉ		
	FORT	MOYEN	FAIBLE
Régionale	Majeure	Majeure	Moyenne
Locale	Majeure	Moyenne	Mineure
Ponctuelle	Moyenne	Mineure	Mineure

5.1.2 Mesures d'atténuation et effets environnementaux résiduels

Au terme de l'identification et de l'évaluation des effets environnementaux, des mesures d'atténuation sont identifiées afin de réduire l'importance des effets. Ces mesures visent à atténuer ou à corriger les effets négatifs, afin de permettre une meilleure intégration du projet dans le milieu.

L'application des mesures d'atténuation permet, par la suite, de réévaluer l'importance des effets environnementaux; qui deviennent alors des effets environnementaux résiduels, correspondant à l'effet qui subsiste après l'application des mesures d'atténuation. Les deux types d'effets résiduels, pouvant subsister suite à l'application des mesures d'atténuation, sont des effets non importants ou importants :

Effet résiduel non important : signifie que l'effet résiduel est jugé d'importance moyenne ou mineure, sur la base de la grille présentée au tableau 5-3.

Effet résiduel important : signifie que malgré l'application des mesures d'atténuation, l'effet résiduel demeure d'importance majeure, sur la base de la grille présentée au tableau 5-3.

5 Selon la LCÉE, un effet peut être qualifié *important* ou *non important*. Ainsi, un effet d'importance majeure sera qualifié d'important et un effet d'importance moyenne ou mineure sera qualifié de non important. Ces deux classes seront aussi utilisées pour déterminer l'importance des effets résiduels.

5.2 ÉVALUATION DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX

5.2.1 Identification des sources d'impact

5.2.1.1 Phase de stabilisation

Les principales sources d'impact liées à la phase de stabilisation sont les suivantes :

Aménagement des aires de travail et d'entretien

Cette composante du projet regroupe l'installation des roulottes de chantier, l'aménagement du stationnement (véhicules des employés, stationnement de la machinerie en période d'arrêt, etc.), des aires d'entreposage des matériaux, des aires pour l'entretien de la machinerie et la préparation des aires de travaux. Cette aire pourrait être aménagée sur un terrain vacant en bordure du fleuve, le long de la rue Labrie. Cette composante inclut également la communication, la gestion du personnel, la prise de décisions relativement à la sécurité et à la gestion des aires de travaux et des accès au chantier.

Transport du matériel (circulation lourde)

Cette source d'impact comprend le transport (par camion) des déblais vers un lieu d'élimination autorisé et des matériaux de stabilisation requis (pierre et sable pour la recharge de plage), depuis les aires d'extraction et d'entreposage, jusqu'au site des travaux sur la plage. Les déblais devraient cependant être minimes et favoriser, le cas échéant, une valorisation sur les lieux des travaux. Cette composante du projet comprend la présence, l'utilisation et la circulation de la machinerie sur les routes et sur la plage, ainsi que l'ensemble des activités de gestion et d'entretien de celle-ci. La circulation de la machinerie sur la plage sera possible via le chemin du Quai municipal. L'aménagement d'un tablier en matériaux granulaires sur le haut de plage, permettra à la machinerie d'accéder à l'extrémité est du site des travaux (1,5 km). Cette composante inclut également les bris accidentels, les nuisances (odeurs et poussières) et le bruit générés pendant la phase construction.

Stabilisation de la berge

Cette activité comprend les travaux de mise en place des épis et la recharge de plage initiale avec du sable. La mise en place des épis comprend le reprofilage du fond marin, la mise en place d'une pierre filtre et de la pierre de carapace.

Achat de biens et services

Cette activité réfère aux achats de biens et de services requis pour la réalisation des travaux de stabilisation de la berge, de même qu'à l'embauche de la main-d'œuvre. Les achats de biens et de services locaux seront privilégiés.

5.2.2 Phase post-stabilisation

Présence des infrastructures

La présence des nouveaux aménagements dans le milieu naturel représentera une des principales sources d'impact en phase de post-stabilisation. Cette composante inclut la présence des nouvelles infrastructures et l'espace physique qu'elles occupent pendant leur durée de vie utile.

Recharge récurrente de plage

Une recharge de plage récurrente sera possiblement nécessaire. La fréquence de recharge n'est toutefois pas connue à ce moment-ci. Cette activité du projet comprendra le dépôt de matériaux sableux sur la plage.

Transport du matériel (circulation lourde)

Cette source d'impact comprend le transport par camions des matériaux sableux, depuis les aires d'extraction et d'entreposage jusqu'au site des travaux. Cette composante du projet comprend la présence, l'utilisation et la circulation de la machinerie sur les routes et sur la plage, via le chemin du Quai, ainsi que l'ensemble des activités de gestion et d'entretien de celle-ci. La circulation de la machinerie s'effectuera uniquement dans le haut de plage et dans les zones requises. Cette composante du projet inclut également les bris accidentels, les nuisances (odeurs) et le bruit aérien, générés pendant la phase construction.

5.2.3 Valeur environnementale des composantes du milieu

La valeur environnementale attribuée aux composantes du milieu est résumée au tableau 5-4. Les définitions des composantes environnementales sont présentées ci-après.

Tableau 5-4 : Valeur environnementale des composantes des milieux physique, biologique et humain

Composante environnementale	Valeur environnementale
Milieu physique	
Hydrodynamisme	Moyenne
Dynamique sédimentaire	Grande
Qualité de l'eau	Grande
Qualité des sédiments et des sols	Grande
Qualité de l'air	Grande
Milieu biologique	
Végétation	Faible
Habitat faunique	Moyenne
Faune benthique	Grande
Faune ichthyenne	Moyenne
Faune avienne	Moyenne
Mammifère marin	Faible
Milieu humain	
Économie locale et régionale	Grande
Zonage et utilisation du sol	Moyenne
Navigation	Faible
Sécurité	Grande
Patrimoine culturel, historique et archéologique	Grande
Pêche commerciale	Moyenne
Activité récréotouristique	Moyenne
Qualité de vie	Très grande
Paysage	Grande
Infrastructure	Moyenne
Activité traditionnelle	Moyenne

Hydrodynamisme

Cette composante réfère à l'écoulement des masses d'eau fluviale en fonction des courants de marées et des vagues. La marée est de type semi-diurne. L'hydrodynamisme inclut l'écoulement et les vitesses d'écoulement lors des marées montante, descendante et lors du jusant, et ce, aussi bien au large que près de la côte. L'hydrodynamisme local est influencé près de la côte par la présence du quai municipal, lequel favorise de l'accumulation sableuse en amont. La valeur environnementale accordée à cette composante est *moyenne*.

Dynamique sédimentaire

La dynamique sédimentaire réfère à la mobilisation des sédiments sur le fond marin, au transport et au dépôt éventuel de ces matériaux. Les marées, les vagues et la formation de la glace en hiver sont les principaux agents physiques de la dynamique sédimentaire des littoraux du Saint-Laurent. L'échange de sédiments entre le littoral et le large est un processus important. La dynamique sédimentaire peut être affectée par une modification des conditions hydrodynamiques. La dynamique sédimentaire sur la côte de Pointe-aux-Outardes suggère un déficit sédimentaire qui se traduit par une érosion importante. La valeur environnementale accordée à cette composante est donc *grande*.

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau réfère à la qualité des eaux de surface et souterraine et est établie à partir des caractéristiques physicochimiques naturelles. La qualité de l'eau peut être altérée par le déversement accidentel de produits pétroliers, ou autres, lors du ravitaillement des véhicules et de la machinerie telle que les équipements motorisés, requis pour la mise en place des épis et la recharge de plage. De plus, la qualité de l'eau peut être altérée par la remise en suspension de matériaux particulaires qui augmentera la turbidité et la quantité de matières en suspension. Par exemple, une turbidité très élevée peut avoir des répercussions sur la faune aquatique. Une valeur environnementale *grande* est accordée à cette composante.

Qualité des sédiments et des sols

La qualité des sédiments et des sols est établie à partir des caractéristiques physicochimiques naturelles du sol et des sédiments. Par exemple, une concentration anormale d'un composant chimique dans le sol et dans les sédiments peut constituer une altération de ces derniers et avoir des répercussions sur la flore, la faune et les activités humaines. La qualité du sol et des sédiments peut être altérée par le déversement accidentel de produits pétroliers, ou autres, lors du ravitaillement des véhicules, de la machinerie ou des réservoirs, ou encore sur l'eau par les embarcations motorisées. Cette contamination, quoique peu probable, est aussi envisageable lors de la recharge de plage en sable. Dans cette éventualité, cela modifierait la qualité environnementale du sol ou des sédiments. Une valeur environnementale *grande* lui est accordée.

Qualité de l'air

La qualité de l'air se rapporte à la poussière et au bruit émis par le transport et la circulation des véhicules et de la machinerie, ainsi que par les travaux de dragage et d'aménagement du site. Les travaux s'effectuant dans un milieu à caractère récréotouristique résidentiel, une valeur environnementale *grande* est accordée à l'élément.

Végétation

Cette composante réfère à l'ensemble des espèces végétales aquatiques et terrestres, présentes dans la zone d'étude. Aucune végétation aquatique n'est présente dans le secteur des travaux. La végétation terrestre est représentée par quelques espèces d'arbustes ornementaux et la quasi-totalité des espaces verts sont recouverts de pelouse. La végétation ne présente pas de caractéristiques exceptionnelles. La valeur environnementale accordée à cette composante est donc *faible*.

Habitat faunique

Cette composante réfère à l'ensemble des habitats biologiques (terrestres et aquatiques) des espèces végétales et animales présentes, ou susceptibles de fréquenter le secteur à l'étude. Cette composante exclut les fonctions biologiques des espèces végétales et animales. L'habitat du poisson est protégé en vertu du *Règlement sur les habitats fauniques* (L.R.Q.,c. C-61.1). La valeur environnementale de la composante est jugée *moyenne*.

Faune benthique

Cette composante réfère à l'ensemble des organismes aquatiques vivant à proximité du fond, sur la côte et au large. Cette composante inclut leurs fonctions biologiques (alimentation, reproduction, etc.), mais exclut leurs habitats. Outre la présence de mollusques, la faune benthique colonisant le site à l'étude ne présente pas de caractéristiques exceptionnelles (faible abondance et faible diversité). Bien que la présence des mollusques tende à diminuer au cours des dernières années, cette ressource est d'un grand intérêt pour les riverains qui en font la cueillette. La valeur environnementale accordée à cette composante est donc *grande*.

Faune ichthyenne

Cette composante réfère à l'ensemble des espèces de poisson présentes dans la zone d'étude. Cette composante inclut leurs fonctions biologiques (alimentation, reproduction, etc.), mais exclut leurs habitats. Aucune espèce à statut ne fréquente la zone d'étude. La valeur environnementale accordée à cette composante est donc *moyenne*.

Faune avienne

Cette composante réfère à l'ensemble des espèces d'oiseaux présentes à proximité du secteur des travaux, en incluant les espèces ayant un statut de protection. Cette composante inclut leurs fonctions biologiques (alimentation, reproduction, etc.), mais exclut leurs habitats. La faune avienne fréquentant le site à l'étude ne présente pas de caractéristiques exceptionnelles. Des inventaires récents ont montré que l'hirondelle des rivages est une espèce qui niche à

même les talus sableux, sur la plage de Pointe-aux-Outardes. Quelques nids ont été répertoriés. La valeur environnementale accordée à cette composante est donc *moyenne*.

Mammifères marins

Cette composante réfère à l'ensemble des espèces de mammifères marins susceptibles de fréquenter le secteur à l'étude, en incluant les espèces ayant un statut de protection. Cette composante inclut leurs fonctions biologiques (alimentation, reproduction, etc.), mais exclut leurs habitats. La valeur environnementale de cette composante est *faible*, compte tenu qu'aucun mammifère marin ne fréquente le secteur des travaux.

Économie locale et régionale

Cette composante réfère aux éléments relatifs à la production, la distribution et la consommation de biens et de services du secteur de Pointe-aux-Outardes et de ses environs. Cette section englobe les éléments liés aux travaux de stabilisation de la berge, susceptibles d'affecter économiquement (positivement ou négativement) la zone d'étude. Cette composante englobe également le maintien et la création des différents emplois locaux ou régionaux. La valeur environnementale accordée à cette composante est *grande*.

Zonage et utilisation du sol

Cette composante réfère au schéma d'aménagement et de développement, au plan d'urbanisme, à la réglementation municipale et à l'utilisation effective du sol, liés au secteur des travaux. Ces éléments d'aménagement sont établis par les administrateurs de Pointe-aux-Outardes et de la MRC de Manicouagan. La valeur environnementale accordée à cette composante est *moyenne*.

Navigation

Cette composante englobe les activités de navigation dans la zone d'étude. Ces activités incluent la navigation de plaisance et commerciale, le cas échéant. Le secteur des travaux n'est pas utilisé à cette fin. Aussi, la valeur environnementale accordée à cette composante est *faible*.

Sécurité

Cette composante réfère à la sécurité des biens, des résidents et des personnes qui circuleront dans le secteur. La sécurité possède une *grande* valeur environnementale en raison de son incidence sur le bien-être et la qualité de vie de la population.

Patrimoine culturel, historique et archéologique

Cette composante fait référence aux lieux, aux constructions et aux artéfacts d'intérêts patrimonial, archéologique, historique et culturel, présents dans le secteur de la Pointe. Étant donné le potentiel archéologique amérindien reconnu dans la région, la valeur environnementale accordée à cette composante est *grande*.

Pêche commerciale

Cette composante réfère à l'activité de pêche en soi (libre accès aux lieux de pêche et de débarquement, capacité d'y déployer les engins de pêche et d'y exercer les efforts de pêche habituels). Cette composante exclut la dimension économique (revenus de pêche). Le site des travaux ne représente pas un secteur d'intérêt pour la pêche et aucun débarquement de produits de la pêche ne s'y effectue. Toutefois, il représente un certain potentiel pour la collecte de myes. La valeur environnementale accordée à cette composante est *moyenne.*

Activité récréotouristique

Cette composante du milieu humain couvre l'ensemble des infrastructures présentes et les activités récréatives et touristiques pratiquées dans le secteur, telles que le kite surf qui est pratiqué pendant toute la saison estivale et pendant le festival. Elle englobe également les activités liées à la proximité du marais de Pointe-aux-Outardes, telles que la promenade ainsi que l'accès aux différents éléments liés à ces activités. Elle exclut la navigation de plaisance, qui fera l'objet d'une composante distincte (navigation). La valeur environnementale accordée à cette composante est *moyenne*.

Qualité de vie

Cette composante englobe les éléments suivants: la qualité de l'air (polluants atmosphériques, particules fines, nuisance lumineuse), le respect de la propriété privée et l'alimentation en eau. Elle inclut également la tranquillité des utilisateurs du secteur et la jouissance des lieux. Elle exclut la sécurité, l'esthétique du paysage, l'environnement sonore ainsi que les infrastructures routières, qui font l'objet d'une composante distincte. La valeur environnementale accordée à cette composante est *très grande*.

Paysage

Cette composante couvre les éléments du paysage qui caractérisent le secteur. Elle inclut les points de vue ainsi que les composantes du paysage, intéressants pour les observateurs. Étant

donné la vue directe sur le fleuve Saint-Laurent, la valeur environnementale accordée à cette composante est *grande*.

Infrastructure routière

Cette composante se rapporte à l'état des voies de circulation, nécessaires au transport dans le secteur des travaux. Elle réfère à l'état physique et à la fonctionnalité globale des voies de circulation publiques et privées. Les principales infrastructures routières donnant accès à la plage sont le chemin du Quai, via le chemin Principal et la rue Labrie. Des accès sont également disponibles du côté du marais de Pointe-aux-Outardes. Étant donné que ces infrastructures ne sont pas les seuls accès publics au fleuve dans la région, la valeur environnementale accordée à cette composante est *moyenne*.

Activité traditionnelle

Cette composante du milieu humain englobe les activités réalisées par les autochtones à l'intérieur du site à l'étude. Elle inclut également les activités récréotouristiques ainsi que les activités ponctuelles de pêche commerciale et de plaisance, réalisées dans ce secteur. Il en est de même pour les cérémonies à caractère culturel et religieux, les sites où ces activités sont réalisées et les lieux de sépulture. Une valeur environnementale *moyenne* est attribuée à cette composante.

5.2.4 Interrelations entre les composantes

L'identification des interrelations prévisibles entre les composantes du milieu récepteur et les composantes du projet a été réalisée sur la base d'une grille illustrée au tableau 5.5. Ce tableau présente, en ordonnée, les composantes du projet qui ont fait l'objet d'une description à la section 5.2.1 du présent rapport, et en abscisse, les composantes environnementales. L'identification des effets potentiels prend en compte les éléments suivants :

- les caractéristiques techniques du projet et les méthodes de travail envisagées;
- la connaissance du milieu;
- les enseignements tirés de projets similaires;
- les préoccupations du milieu relativement au projet.

Tableau 5.5 : **Interrelations entre les composantes du projet et les composantes environnementales**

♦ Interrelations		Composantes environnementales																					
		Milieu physique					Milieu biologique						Milieu humain										
		Hydrodynamisme	Dynamique sédimentaire	Qualité de l'eau	Qualité des sédiments et des sols	Qualité de l'air	Végétation	Faune benthique	Faune ichtyenne	Faune avienne	Mammifère marin	Habitat faunique	Économie locale et régionale	Zonage et utilisation du sol	Navigation	Sécurité	Patrimoine culturel, historique et archéologique	Pêche commerciale	Activité récréotouristique	Qualité de vie	Paysage	Infrastructure	Activité traditionnelle
Activités de projet	**Phase stabilisation**																						
	Aménagement des aires de travail et d'entretien				♦								♦			♦	♦				♦		
	Transport du matériel			♦	♦	♦				♦						♦				♦			
	Stabilisation de la berge							♦	♦			♦											
	Achat de biens et services												♦							♦			
	Phase post-stabilisation																						
	Présence des infrastructures	♦	♦					♦				♦	♦					♦	♦	♦	♦		
	Recharge récurrente de plage		♦		♦					♦		♦								♦			
	Transport du matériel				♦	♦				♦						♦				♦			

5.2.5 Évaluation des effets appréhendés du projet

Tel que mentionné à la section 5.0, l'évaluation d'un effet consiste à en déterminer l'importance, laquelle est fonction de trois critères, soit: l'intensité de l'effet (mettant en relation la valeur environnementale de la composante du milieu avec le degré de perturbation appréhendé), la durée de l'effet et l'étendue de l'effet. Les sous-sections suivantes décrivent les composantes environnementales susceptibles d'être touchées par le projet et présentent l'argumentation sur laquelle s'appuie la valeur accordée aux composantes du milieu. Rappelons que la valeur environnementale comporte quatre niveaux, soit *très grande*, g*rande*, *moyenne* et *faible*. Elle est déterminée en considérant d'une part, le jugement des spécialistes, et d'autre part, la valeur sociale que démontrent les intérêts populaires, légaux et politiques, à l'égard de cette composante.

5.2.6 Effets environnementaux et mesures d'atténuation

La synthèse des effets appréhendés est présentée au tableau 5-6. Ce tableau présente les impacts potentiels du projet de stabilisation des berges sur les éléments sensibles du milieu. Il présente également une synthèse des éléments touchés et détaille chacun des impacts, en précisant leur intensité, leur étendue et leur durée. L'importance de l'impact, une fois les mesures d'atténuation appliquées, est indiquée.

Il importe de noter que les mesures d'atténuation applicables sont prises en compte dans cette évaluation, afin que l'importance de l'effet négatif soit établie en fonction de l'effet négatif résiduel, tel que prescrit par la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE). Les mesures d'atténuation visent à réduire ou à corriger les effets environnementaux potentiels du projet.

L'atténuation peut supposer la modification de la planification du projet, de sa conception, de l'ingénierie ou de la gestion. Cependant, il est important de souligner que la conception technique du projet a été réalisée de façon à réduire au maximum les effets environnementaux négatifs sur le milieu récepteur. Ainsi, les mesures d'atténuation qui ont déjà été prévues lors de la conception du projet ne sont pas répétées dans la présente section.

5.2.7 Phase construction

5.2.7.1 Aménagement des aires de travail et d'entretien

Qualité des sols et des sédiments

Des bris accidentels de machinerie et d'équipements peuvent survenir pendant la phase construction. Ces bris, ainsi que l'entretien de la machinerie, pourraient engendrer un impact sur la qualité des sols et des sédiments en place.

Ces événements demeurent toutefois hypothétiques et peu probables. Compte tenu de la grande valeur accordée aux composantes qualité des sols et des sédiments, cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

Des mesures d'atténuation seront mises de l'avant lors de la réalisation du projet, afin d'éviter les risques de déversement accidentel dans l'environnement. Ces mesures d'atténuation sont les suivantes :

- disposer en tout temps, à proximité de l'aire des travaux, de trousses d'intervention d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.), afin de confiner tout déversement;
- utiliser des bacs de récupération sous les appareils et les équipements stationnaires qui montrent des fuites d'hydrocarbures ou qui doivent être réapprovisionnés périodiquement (génératrices, pelles hydrauliques, etc.);
- respecter une distance de 30 m minimum de la ligne naturelle des hautes eaux, afin d'effectuer le plein d'essence et le stationnement de la machinerie. Si cette distance ne peut être respectée en raison de l'étroitesse du site des travaux, l'entrepreneur devra placer le réservoir dans une enceinte confinée sur coussin absorbant pour réaliser ces activités;
- élaborer et afficher dans la roulotte de chantier un plan d'urgence dans lequel on trouve le nom des personnes et autorités à contacter, de même que les mesures à mettre en œuvre en cas de déversement;
- posséder et savoir utiliser une trousse de mesures d'urgence en cas de déversement accidentel. Advenant un déversement d'hydrocarbures ou de toutes autres substances nocives, tous les moyens nécessaires pour arrêter la fuite et confiner le produit déversé devront être pris. Procéder à la récupération du produit et restaurer les lieux. Faire appel au réseau d'alerte d'Environnement Canada (1-866-363-4735) ou Urgence environnement - MDDEP (1-866-694-5454) sans délai;
- maintenir la machinerie, les équipements et les camions utilisés lors des travaux en parfait état et exempts de fuite d'huile, d'essence ou de tout autre liquide qui risquent de polluer l'environnement. Réparer dans les plus brefs délais la machinerie et les véhicules défectueux;
- entretenir et vérifier la machinerie en dehors de la zone des travaux.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sont jugés non importants.

Tableau 5-6 : Synthèse des effets appréhendés

Composante du projet / Composante du milieu récepteur	Perturbation appréhendée	Nature de l'effet (+ ou -)	Valeur environnementale	Dégré de perturbation	Intensité	Durée	indice durée / intensitée	Étendue	Importance	Effets résiduels
Aménagement des aires de travail et d'entretien										
Qualité des sols et des sédiments	contamination des sols	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Économie locale et régionale	gains économiques	+	gr	mo	**fo**	te	**fo**	re	**ma**	effet positif
Sécurité	risque d'accidents	-	gr	fa	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Patrimoine culturel, historique et archéologique	dérangement	-	gr	fa	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Paysage	modification de l'esthétisme	-	gr	fa	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Transport du matériel										
Qualité de l'eau	contamination de l'eau	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Qualité des sédiments et des sols	contamination des sols et des sédiments	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Qualité de l'air	bruits et poussières	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Faune avienne	dérangement	-	mo	mo	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Sécurité	risque d'accidents	-	gr	fa	**mo**	mom	**fa**	po	**mi**	non important
Qualité de vie	dérangement du voisinage	-	tg	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Stabilisation de la berge										
Faune benthique	destruction de la faune benthique	-	gr	fo	**fo**	pe	**fo**	po	**mo**	non important
Habitat faunique	destruction de l'habitat faunique	-	mo	fo	**mo**	pe	**fo**	po	**mo**	non important
Faune ichtyenne	dérangement	-	mo	fa	**fa**	te	**fa**	po	**mi**	non important
Achat de biens et services										
Économie locale et régionale	gains économiques	+	gr	mo	**fo**	te	**fo**	re	**ma**	effet positif
Qualité de vie	amélioration de la qualité de vie	+	tg	mo	**fo**	te	**fo**	lo	**ma**	effet positif
Présence des infrastructures										
Hydrodynamisme	modification de l'écoulement	-	mo	fo	**mo**	pe	**fo**	po	**mo**	non important
Dynamique sédimentaire	modification du transport sédimentaire	+	gr	fo	**fo**	pe	**fo**	po	**mo**	effet positif
Faune benthique et ichtyenne	perturbation de la faune	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Habitat faunique	diminution de l'habitat	-	gr	fa	**mo**	pe	**fo**	po	**mo**	non important
Pêche commerciale	collecte de myes	+	mo	mo	**mo**	pe	**fo**	lo	**ma**	effet positif
Activités récréotouristiques	déplacement du kite surf	-	mo	mo	**mo**	pe	**fo**	po	**mo**	non important
Qualité de vie	meilleure qualité de vie	+	tg	fa	**mo**	pe	**fo**	po	**mo**	effet positif
Paysage	modification de l'esthétisme	-	gr	fa	**mo**	pe	**fo**	po	**mo**	non important
Recharge de plage										
Dynamique sédimentaire	augmentation des MES	-	gr	fa	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Qualité de l'eau, des sédiments et des sols	contamination des sédiments	-	gr	fa	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Faune avienne	dérangement	-	mo	fa	**fa**	te	**fa**	po	**mi**	non important
Habitat faunique	amélioration de l'habitat	+	gr	fa	**fa**	te	**fa**	po	**mi**	effet positif
Qualité de vie	amélioration de la qualité de vie des résidents	+	gr	fo	**fo**	pe	**fo**	lo	**ma**	non important
Transport du matériel										
Qualité de l'eau, des sédiments et des sols	risque de contamination	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Faune avienne	dérangement	-	mo	fa	**fa**	te	**fa**	po	**mi**	non important
Qualité de l'air	bruits et poussières	-	gr	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important
Économie locale et régionale	gains économiques	+	gr	mo	**fo**	pe	**fo**	lo	**ma**	effet positif
Sécurité	risque d'accidents	-	gr	fa	**mo**	te	**mo**	po	**mi**	non important
Qualité de vie	préservation du littoral	-	tg	mo	**fo**	te	**fo**	po	**mo**	non important

Légende

Valeur environr
très grande : tg
grande: gr
moyenne : mo
faible : fa

Degré de perturb
fort : fo
moyen : mo
faible : fa

Intensité:
fort : fo
moyen : mo
faible : fa

Durée de l'effet
permanente : pe
temporaire : te
momentanée : mo

Étendue de l'effet
régionale : re
locale : lo
ponctuelle: po

Importance de l'e
majeur : ma
moyenne : mo
mineure : mi

Économie locale et régionale

Les travaux de stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes seront réalisés en 2012. Ils s'étaleront pendant une durée approximative d'un mois. Le coût global des travaux n'est pas connu à ce jour, toutefois il est estimé à près de 2,4 M$, incluant le déplacement de la route et la relocalisation des résidences de ce secteur (section 3.3.1). Dans le cadre de ces travaux, l'achat des biens et services sera effectué de manière à favoriser les ressources locales et régionales, ce qui sera bénéfique pour l'économie régionale qui repose en partie sur l'achat des biens et services pendant la saison estivale. L'aménagement des aires de travail et d'entretien, notamment, aura une incidence sur l'économie locale et régionale, en termes d'augmentation des retombées économiques. Considérant la grande valeur accordée à la composante économie locale et régionale, cet effet positif est jugé d'importance majeure en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue régionale.

Sécurité

Les effets associés à la sécurité sont surtout causés par les activités de chantier, en général, et par la circulation des engins de chantier, qui accroissent les risques d'accident pour les travailleurs et le public. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante sécurité du public, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. Des mesures d'atténuation appropriées permettront de réduire l'effet négatif anticipé. Ces mesures d'atténuation sont les suivantes :

- mettre en place un plan d'urgence qui sera communiqué à tous les travailleurs et sous-traitants;
- se conformer aux exigences municipales et provinciales pour ce qui est des normes de sécurité concernant les excavations et la protection des travailleurs, notamment le Code de sécurité pour les travaux de construction, administré par la Commission de la santé et de la sécurité au travail;
- conserver les numéros de téléphone d'urgence, afin d'accélérer le processus d'intervention en cas d'incident. Tous les intervenants sur le site devront être familiarisés avec le plan d'intervention, ce qui permettra de minimiser les délais d'intervention;
- assurer la sécurité des travailleurs et du public en balisant le site des travaux et en installant une signalisation adéquate;
- mettre en place les infrastructures (clôture ou autre) nécessaires, pour empêcher toute intrusion sur le chantier;

- s'assurer que le chantier est libre de tout matériel ou débris à la fin de chaque journée de travail;
- ne laisser aucune excavation ouverte sans protection durant les travaux et à la fin de chaque journée de travail. Au besoin, baliser et clôturer les espaces excavés.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, l'effet résiduel est jugé non important.

Patrimoine culturel, historique et archéologique

Les effets associés au patrimoine culturel, historique et archéologique sont surtout causés par les activités de chantier, en général, et par la circulation des engins de chantier, qui accroissent les risques liés à la présence éventuelle de vestiges archéologiques. Il a été mentionné par Patex (2011) que le site immédiat des travaux recèle un potentiel archéologique intéressant, puisque plusieurs sites archéologiques ont été répertoriés sur la Péninsule de Manicouagan et ailleurs dans la région. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante patrimoine culturel, historique et archéologique, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. Des mesures de prévention telle qu'il sera mentionné au devis, permettront de réduire l'effet négatif anticipé. Ces mesures d'atténuation comprennent deux visites de reconnaissance par un archéologue expérimenté sur le site des travaux, préalablement à la réalisation de travaux et au passage de la machinerie sur la plage.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, l'effet résiduel est jugé non important.

Paysage

La présence de la machinerie sur l'aire de travail prévue à cette fin, entraînera une modification du paysage, ce qui peut s'avérer désagréable pour les résidents du secteur, car cette aire sera possiblement visible de la rue Labrie. Toutefois, les observateurs qui se situent au-delà de la rue Labrie, sont à une distance de quelques kilomètres; ce qui ne leur permet pas de percevoir de façon précise les aménagements réalisés. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante paysage, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. Les effets résiduels sur le paysage sont jugés non importants.

5.2.7.2 Transport du matériel (circulation lourde)

Qualité de l'eau, des sols et des sédiments

Des bris accidentels de machinerie et d'équipements peuvent survenir pendant la phase construction. Ces bris, ainsi que l'entretien de la machinerie, pourraient engendrer un impact sur la qualité de l'eau dans la zone côtière, des sédiments et des sols en place. Compte tenu de la grande valeur accordée aux composantes qualité de l'eau et qualité des sols et des sédiments, cet effet est jugé d'importance moyenne, en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

Il faut noter que des mesures d'atténuation seront mises de l'avant dans le cadre de la réalisation du projet, afin d'éviter les risques de déversements accidentels dans l'environnement. Ces mesures d'atténuation sont essentiellement les mêmes que celles présentées plus haut. Elles sont listées ci-dessous :

- disposer en tout temps, à proximité de l'aire des travaux, de trousses d'intervention d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.), afin de confiner tout déversement;
- utiliser des bacs de récupération sous les appareils et les équipements stationnaires qui montrent des fuites d'hydrocarbures ou qui doivent être réapprovisionnés périodiquement (génératrices, pelles hydrauliques, etc.);
- respecter une distance de 30 m minimum de la ligne naturelle des hautes eaux, afin d'effectuer le plein d'essence et le stationnement de la machinerie. Si cette distance ne peut être respectée en raison de l'étroitesse du site des travaux, l'entrepreneur devra placer le réservoir dans une enceinte confinée sur coussin absorbant pour réaliser ces activités;
- élaborer et afficher dans la roulotte de chantier un plan d'urgence dans lequel on trouve le nom des personnes et autorités à contacter, de même que les mesures à mettre en œuvre en cas de déversement;
- posséder et savoir utiliser une trousse de mesures d'urgence en cas de déversement accidentel. Advenant un déversement d'hydrocarbures ou de toutes autres substances nocives, tous les moyens nécessaires pour arrêter la fuite et confiner le produit déversé devront être pris. Procéder à la récupération du produit et restaurer les lieux. Faire appel au réseau d'alerte d'Environnement Canada (1-866-363-4735) ou Urgence environnement - MDDEP (1-866-694-5454) sans délai;

- maintenir la machinerie, les équipements et les camions utilisés lors des travaux en parfait état et exempts de fuite d'huile, d'essence ou de tout autre liquide qui risquent de polluer l'environnement. Réparer dans les plus brefs délais la machinerie et les véhicules défectueux;
- entretenir et vérifier la machinerie en dehors de la zone des travaux.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sont jugés non importants.

Qualité de l'air

L'utilisation de la machinerie (camion, pelle mécanique, etc.) est susceptible d'entraîner, dans le secteur des travaux, une augmentation significative des poussières et du bruit ambiant. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante qualité de l'air, cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées permettra de réduire les effets négatifs anticipés.

Les mesures d'atténuation limitant l'augmentation du niveau de poussière ambiant sont les suivantes :

- lorsque les véhicules circulent sur une fondation granulaire et que les conditions climatiques sèches causent un excès de poussière nuisible à la circulation et à l'environnement (quantité de poussière soulevée supérieure à 40 mg/m³ lors du passage d'un véhicule), la surface doit être traitée à l'aide d'eau ou d'un abat-poussière certifié par le Bureau de normalisation du Québec et répondant aux exigences écotoxicologiques stipulées dans la norme NQ 2410-300 « Abat-poussière pour routes non pavées et autres surfaces similaires ». Ces exigences ainsi que celles de l'article 12.4 du CCDG-CR doivent être respectées en tout temps;
- le traitement contre la poussière doit aussi être appliqué à proximité des chemins de déviation, ainsi que sur les routes privées, utilisées pour le transport des matériaux d'emprunt;
- l'abat-poussière ne doit pas être épandu lorsque la route est déjà saturée en eau par une averse antérieure, durant une averse ou lorsqu'une averse est prévue dans la journée.

Les mesures d'atténuation limitant l'augmentation du niveau de bruit ambiant sont les suivantes :

- l'entrepreneur doit employer les dispositifs d'atténuation du bruit, dont sont munis certains équipements (par exemple, fermer les panneaux latéraux des compresseurs, etc.);

- les équipements et la machinerie lourde sont maintenus en bon état de fonctionnement (silencieux adéquats, entretien régulier, etc.), afin de conserver leur niveau de bruit le plus bas possible;
- se conformer aux politiques de la Municipalité et de la MRC pour le transport des matériaux granulaires, et autres, en empruntant seulement les voies autorisées pendant les heures autorisées;
- prendre les précautions nécessaires, afin de minimiser le niveau sonore général, en assurant des conditions de fonctionnement et d'entretien optimales des équipements utilisés;
- éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des camions, lorsque ces derniers ne sont pas utilisés;
- dans la mesure du possible, les équipements fixes sont localisés loin des endroits sensibles au bruit ou de manière à réduire l'impact causé sur le niveau sonore ambiant.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sont jugés non importants.

Faune avienne

L'utilisation de la machinerie (camion, pelle mécanique, etc.) est susceptible d'entraîner, dans le secteur des travaux, une augmentation significative du bruit ambiant qui pourrait perturber les colonies d'oiseaux présents sur la côte, notamment l'hirondelle de rivages. Compte tenu de la valeur moyenne accordée à la composante faune avienne, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées, telles des restrictions de circulation de la machinerie pendant les périodes critiques pour cette espèce permettra de réduire les effets négatifs anticipés.

Sécurité

Le transport et la circulation de la machinerie pendant les travaux pourraient avoir une incidence sur la sécurité des différents utilisateurs du secteur des travaux, à Pointe-aux-Outardes. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante sécurité, cet effet est jugé d'importance mineure, en raison de son intensité moyenne, sa durée momentanée et son étendue ponctuelle. Des mesures d'atténuation, limitant les effets négatifs sur la sécurité, seront mises en place pendant les travaux. La prévention des risques d'accident sera assurée, dès le début des travaux, par la mise en place d'un programme de sécurité. Ce programme assurera une signalisation adéquate, une restriction de la circulation aux divers sites des travaux et une diffusion des

consignes appropriées aux résidents et à l'entrepreneur, etc. Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sur la sécurité sont jugés non importants.

Qualité de vie

Les effets négatifs de l'utilisation de la machinerie sur la qualité de l'air (augmentation du niveau sonore ambiant), générés pendant la durée des travaux, pourraient diminuer la qualité de vie des résidents du secteur. Cependant, une partie des habitations est utilisée ponctuellement comme résidence secondaire, par leurs propriétaires. Compte tenu de la très grande valeur accordée à la composante qualité de vie, cet effet est jugé d'importance moyenne, en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. Des mesures d'atténuation limitant les effets négatifs sur la qualité de vie seront mises en place pendant les travaux. Il s'agit des mesures visant à limiter l'augmentation du bruit ambiant. Par ailleurs, les mesures d'atténuation suivantes devront être appliquées:

- respecter la réglementation municipale relative au bruit;
- informer les résidents du secteur du déroulement et de l'horaire des travaux.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sur la qualité de vie sont jugés non importants.

5.2.7.3 Stabilisation de la berge

Faune benthique

Les travaux de remblayage et d'enrochement auront pour conséquence de détruire la faune benthique qui colonise l'aire touchée par les travaux. Cependant, la surface affectée est très limitée (2900 m^2), en comparaison des vastes estrans qu'on trouve dans cette région. Par ailleurs, la zone remblayée ne constitue pas une aire de production importante dans l'écosystème côtier local, étant déjà perturbée par l'érosion sévère. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante faune benthique, cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée permanente et son étendue ponctuelle. L'effet résiduel est jugé non important.

Habitat faunique

L'empiétement permanent représente une superficie de 22 320 m^2, ce qui aura pour conséquence, une perte nette d'habitat faunique. Compte tenu que cet habitat se détériore au fil des ans dû à l'érosion sévère qui caractérise le littoral de Pointe-aux-Outardes, il est possible que les apports sableux favorisés par la présence des épis, favorisent par le fait même la recolonisation du littoral par les communautés benthiques. La mise en place d'épis et la recharge

de plage pourraient en effet favoriser l'établissement de communautés benthiques adaptées aux nouvelles conditions. Par conséquent, compte tenu de la valeur moyenne accordée à la composante habitat faunique, l'effet est jugé d'importance moyenne, en raison de sa durée permanente et de son étendue ponctuelle. L'effet résiduel est jugé non important.

Faune ichthyenne

Les activités de mise en place des épis, comprend l'apport de nouveaux matériaux (matériaux granulaires, pierre de carapace, etc.), susceptibles de perturber la faune ichtyenne. Les travaux comprennent la mise en place d'une assise de tout-venant. Par la suite, les épis en enrochement seront érigés. Ces travaux pourraient engendrer une augmentation des particules en suspension dans les eaux côtières. L'augmentation des MES dans le secteur des travaux, due à la mise en place d'épis, pourrait contribuer à l'éloignement temporaire de la faune ichtyenne. Toutefois, il faut rappeler que les travaux seront réalisés à marée basse, que les matériaux qui caractérisent le substrat littoral sont principalement des sables (sédimentation rapide) et que le milieu est peu fréquenté par la faune ichtyenne. Compte tenu de la valeur moyenne accordée à la composante faune ichtyenne, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité faible, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

5.2.7.4 Achat de biens et services

Économie locale et régionale et qualité de vie

Le coût du projet de stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes est estimé à environ 2,4 M$, incluant le déplacement de la route et la relocalisation des résidences de ce secteur. Cet investissement représente des retombées économiques relativement importantes pouvant être ressenties à l'échelle régionale. Une bonne partie des dépenses sera liée à des emplois et à la fourniture de biens et services. C'est dans ce dernier secteur que les retombées seront les plus évidentes et toucheront l'ensemble des municipalités avoisinantes. Il s'agit d'un impact positif. Des effets positifs de même importance sont aussi envisagés sur la qualité de vie des résidents, compte tenu de la création d'emplois et des revenus supplémentaires associés.

5.2.7.5 Présence des infrastructures

Hydrodynamisme

La présence des infrastructures sur la côte (épis principalement) entraînera une modification des conditions hydrodynamiques locales habituelles (i.e. sans les épis). La présence des infrastructures vise notamment à agir comme brise-lame, à stopper l'érosion et à maintenir les sédiments entraînés par la dérive littorale entre les épis. La présence des épis peut entraîner de

la turbulence localement (autour des structures) lors des conditions de tempête, notamment. Par conséquent, la construction d'épis peut entraîner une augmentation de la turbidité et des matières en suspension dans le milieu aquatique, ce qui pourrait avoir un impact sur la qualité de l'eau. Puisque les sédiments côtiers sont relativement grossiers, cet effet est semblable aux conditions naturelles. Cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité moyenne, de sa durée permanente et de son étendue ponctuelle.

Dynamique sédimentaire

Les épis piègeront les sédiments transportés par la dérive littorale et favoriseront le maintien de la plage. En piégeant les sédiments, il est probable toutefois qu'un déficit sédimentaire soit observé en aval de ces structures. Actuellement, la côte à l'ouest du quai est protégée par un empierrement. Le quai municipal, dans ce secteur, agit déjà comme un épi en trappant une partie des sédiments en transit vers ce secteur. On note qu'une fraction de la dérive littorale transite dans cette direction. Cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée permanente et son étendue ponctuelle. Il s'agit d'un impact positif, puisque les épis favoriseront l'accumulation des sédiments et l'augmentation de la largeur de la plage.

Faune benthique et ichtyenne et habitat faunique

Il est reconnu que la présence d'épis en enrochement dans le milieu côtier contribue à diversifier le milieu en microhabitats. En plus d'offrir des aires de repos et de reproduction pour la faune ichtyenne, ces matériaux constituent un substrat pour plusieurs organismes aquatiques (crustacés, mollusques, etc.). Une étude de la densité et de la répartition de la faune ichtyenne du lac Saint-Jean suite au programme de stabilisation de berges, n'a révélé aucune modification significative dans la densité des populations de poisson qui aurait pu être attribuable à la mise en place d'épis (Roche, 1997). Un comportement d'évitement peut toutefois être observé. Cet effet sur la faune benthique et ichtyenne est jugé d'importance moyenne, en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

La présence d'épis favorisera l'élargissement et le maintien de la page et favorisera de surcroît le retour des mollusques, d'autres organismes benthiques et des poissons dans la zone côtière. La présence des épis favorise donc la création d'habitats. Bien que la surface totale d'empiétement sur le littoral soit estimée à environ 22 320 m^2 [6], la présence des infrastructures sur la côte entraînera la création d'un habitat. Des mesures de compensation pour cette composante ne sont

6 Il faut toutefois noter que cette estimation a été faite en considérant une pente du littoral de 2H :1V (Leclerc et Dupuis, 2008). Si une pente de 1.5 H : 1V était utilisée lors de l'estimation (tel que c'est le cas dans les aménagements standards), l'empiétement sur le milieu aurait été considérablement réduit.

pas requises. En ce qui a trait à l'habitat faunique, la création d'un nouvel habitat fait en sorte que cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée permanente et son étendue ponctuelle.

Pêche commerciale

Outre la cueillette de myes communes, il ne se fait aucune pêche commerciale sur la côte de Pointe-aux-Outardes. Actuellement, il semble que les volumes des cueillettes tendent à diminuer au fil des années, sans que l'on puisse pointer une cause en particulier à cette tendance. Le lien entre les habitats coquilliers et l'équilibre morphosédimentaire de la côte et de l'estran n'est pas évident à établir avec les connaissances actuelles du site. On peut toutefois supposer qu'un bilan sédimentaire équilibré devrait favoriser le maintien et le renouvellement de cette exploitation, du moins stabiliser la valeur et la disponibilité des habitats, puisque les épis favoriseront l'accumulation des sédiments et l'augmentation de la largeur de la plage. Cet effet est jugé d'importance majeure en raison de son intensité forte, sa durée permanente et son étendue locale. Il s'agit d'un impact positif.

Activités récréotouristiques

Les principales activités récréotouristiques actuellement pratiquées sont les sports aquatiques tels que la planche à voile, le kayak, le canot et la moto-marine. Le *kite surf* est pratiqué tout l'été et en particulier en août de chaque année dans le cadre du Kitefest. Ce festival des surfers se produit dans le secteur du Parc Nature, situé à proximité du site des travaux, et n'est donc pas réellement touché par ces derniers. En 2011, cette activité a eu lieu du 4 au 7 août. La réalisation de ces activités devra se faire en tenant compte de la présence des infrastructures sur la côte. Comme les épis seront distants d'environ 200 m, cet effet positif est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité moyenne, sa durée permanente et son étendue ponctuelle.

Qualité de vie

La mise en place et la présence des infrastructures visent un objectif de prévention contre l'érosion côtière et le maintien des résidences à leur emplacement actuel. Par conséquent, la présence d'épis favorisera le sentiment de sécurité et donc la qualité de vie des résidents du secteur. Compte tenu de la très grande valeur accordée à la composante qualité de vie, cet effet est jugé d'importance moyenne, en raison de son intensité moyenne, sa durée permanente et son étendue ponctuelle. Il s'agit d'un impact positif.

Paysage

La mise en place et la présence des infrastructures sur la côte entraîneront une modification de l'esthétique du paysage. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante qualité de vie, cet effet est jugé d'importance moyenne, en raison de son intensité moyenne, sa durée permanente et son étendue ponctuelle.

5.2.7.6 Recharge de plage

Dynamique sédimentaire

Les épis piègeront les sédiments transportés par la dérive littorale et favoriseront le maintien de la plage. Une recharge de plage récurrente est toutefois prévue. La fréquence de recharge n'est toutefois pas connue à cette étape-ci. Cette activité entraînera une modification de la dynamique sédimentaire locale en modifiant le profil du haut de plage et en favorisant temporairement une diminution de la qualité de l'eau. Cette activité vise à maintenir un profil d'équilibre et à alimenter périodiquement la plage en sable. Cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. Il s'agit d'un impact positif, puisque les épis favoriseront l'accumulation des sédiments et l'augmentation de la largeur de la plage.

Qualité des sols et des sédiments

Les sédiments utilisés pour la recharge de plage pourront provenir de toute autre sablière ayant la même granulométrie de sol. La nature et la qualité des sédiments seront similaires à celles des sables de la plage. Par conséquent, cet effet est jugé mineur compte tenu de l'intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

Habitat faunique

Les travaux de recharge de plage seront réalisés sur une base récurrente, au besoin. Les quantités nécessaires à la recharge de plage, le cas échéant, seront évaluées lors des programmes de suivis environnementaux. La recharge de plage vise à redonner à la côte un profil dynamique stable. Compte tenu que cet habitat se détériore au fil des ans dû à l'érosion sévère qui caractérise le littoral de Pointe-aux-Outardes, il est raisonnable de croire que les apports sableux favorisés par la présence des épis, favorisent la recolonisation du littoral par les communautés benthiques. La mise en place d'épis et la recharge de plage pourraient en effet favoriser l'établissement de communautés benthiques adaptées aux nouvelles conditions. Par conséquent, cet effet est jugé mineur compte tenu de l'intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. L'effet résiduel est jugé positif.

Faune avienne

Les effets négatifs de l'utilisation de la machinerie sur la qualité de l'air (augmentation du niveau sonore ambiant), générés pendant la durée des travaux, pourraient déranger la faune avienne. La machinerie (camion, pelle mécanique, etc.) est susceptible d'entraîner, dans le secteur des travaux, une augmentation significative du bruit ambiant, ce qui pourrait perturber les colonies d'oiseaux présents sur la côte, notamment l'hirondelle de rivages. Compte tenu de la valeur moyenne accordée à la composante faune avienne, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées, telles des restrictions de circulation de la machinerie pendant les périodes critiques pour cette espèce, permettra de réduire les effets négatifs anticipés.

Qualité de vie

L'utilisation de la machinerie (camion, pelle mécanique, etc.) est susceptible d'entraîner, dans le secteur des travaux, une augmentation significative des poussières et du bruit ambiant. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante qualité de l'air, cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées permettra de réduire les effets négatifs anticipés.

Les mesures d'atténuation limitant l'augmentation du niveau de poussière ambiant sont les suivantes :

- lorsque les véhicules circulent sur une fondation granulaire et que les conditions climatiques sèches causent un excès de poussière nuisible à la circulation et à l'environnement (quantité de poussière soulevée supérieure à 40 mg/m³ lors du passage d'un véhicule), la surface doit être traitée à l'aide d'eau ou d'un abat-poussière certifié par le Bureau de normalisation du Québec et répondant aux exigences écotoxicologiques stipulées dans la norme NQ 2410-300 « Abat-poussière pour routes non pavées et autres surfaces similaires ». Ces exigences ainsi que celles de l'article 12.4 du CCDG-CR doivent être respectées en tout temps;
- le traitement contre la poussière doit aussi être appliqué à proximité des chemins de déviation, ainsi que sur les routes privées, utilisées pour le transport des matériaux d'emprunt;
- L'abat-poussière ne doit pas être épandu lorsque la route est déjà saturée en eau par une averse antérieure, durant une averse ou lorsqu'une averse est prévue dans la journée.

L'entrepreneur devra appliquer les mesures d'atténuation suivantes, afin de limiter l'augmentation du niveau de bruit ambiant :

- employer les dispositifs d'atténuation du bruit, dont sont munis certains équipements (par exemple, fermer les panneaux latéraux des compresseurs, etc.);
- maintenir les équipements et la machinerie lourde en bon état de fonctionnement (silencieux adéquats, entretien régulier, etc.) afin de conserver leur niveau de bruit le plus bas possible;
- se conformer aux politiques municipales et de la MRC pour le transport des matériaux granulaires, et autres, en empruntant seulement les voies autorisées pendant les heures autorisées;
- prendre les précautions nécessaires, afin de minimiser le niveau sonore général, en assurant des conditions de fonctionnement et d'entretien optimales des équipements utilisés;
- éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des camions, lorsque ces derniers ne sont pas utilisés;
- localiser, dans la mesure du possible, les équipements fixes loin des endroits sensibles au bruit ou de manière à réduire l'impact causé sur le niveau sonore ambiant.

Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sont jugés non importants.

5.2.7.7 Transport du matériel

Qualité de l'eau, des sédiments et des sols

Étant donné que le transport des matériaux pour la recharge de plage s'effectuera par la circulation de la machinerie sur la plage, une contamination des sédiments due à un bris de machinerie ou à un accident, quoique peu probable, est envisageable. Des bris accidentels de machinerie et d'équipements peuvent survenir pendant cette activité. Ces bris, ainsi que l'entretien de la machinerie, pourraient engendrer un impact sur la qualité des sédiments et des sols en place. Compte tenu de la grande valeur accordée aux composantes qualité des sols et des sédiments, cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

Il faut noter que des mesures d'atténuation seront mises de l'avant dans le cadre de la réalisation du projet, afin d'éviter les risques de déversement accidentel dans l'environnement. Ces mesures d'atténuation sont essentiellement les mêmes que celles présentées plus haut.

Faune avienne

Le transport du matériel requis pour les travaux pourrait déranger la faune avienne. La machinerie (camion, pelle mécanique, etc.) est susceptible d'entraîner, dans le secteur des travaux, une augmentation significative du bruit ambiant, ce qui pourrait perturber les colonies d'oiseaux présents sur la côte, notamment l'hirondelle de rivages. Compte tenu de la valeur moyenne accordée à la composante faune avienne, cet effet est jugé d'importance mineure en raison de son intensité moyenne, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées, telles des restrictions de circulation de la machinerie pendant les périodes critiques pour cette espèce, permettra de réduire les effets négatifs anticipés.

Qualité de l'air

L'utilisation de la machinerie pendant le transport du matériel (camion et pelle mécanique principalement) est susceptible d'entraîner, dans le secteur des travaux, une augmentation significative des poussières et du bruit ambiant. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante qualité de l'air, cet effet est jugé d'importance moyenne en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées, listées plus haut, permettra de réduire les effets négatifs anticipés.

Économie locale et régionale

Les travaux de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes seront effectués sur une base récurrente, dont la fréquence et le coût global ne sont toutefois pas connus à cette étape-ci. Dans le cadre de ces travaux, l'achat des biens et services sera effectué de manière à favoriser les ressources locales et régionales, ce qui sera bénéfique pour l'économie régionale qui repose en partie sur l'achat des biens et services pendant la saison estivale. L'aménagement des aires de travail et d'entretien, le cas échéant, aura une incidence positive sur l'économie locale et régionale, en termes d'augmentation des retombées économiques. Considérant la grande valeur accordée à la composante économie locale et régionale, cet effet positif est jugé d'importance majeure en raison de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue régionale.

Sécurité

Le transport et la circulation de la machinerie pendant les travaux de recharge de plage pourraient avoir une incidence sur la sécurité des différents utilisateurs du secteur des travaux à Pointe-aux-Outardes. Compte tenu de la grande valeur accordée à la composante sécurité, cet effet est jugé d'importance mineure, en raison de son intensité moyenne, sa durée momentanée et son étendue ponctuelle. Des mesures d'atténuation, limitant les effets négatifs sur la sécurité, seront mises en place pendant les travaux. La prévention des risques d'accident sera assurée, dès le

début des travaux, par la mise en place d'un programme de sécurité. Ce programme assurera une signalisation adéquate, une restriction de la circulation aux divers sites des travaux et une diffusion des consignes appropriées, aux résidents et à l'entrepreneur, etc. Suite à l'application des mesures d'atténuation, les effets résiduels sur la sécurité sont jugés non importants.

Qualité de vie

Les bruits, vibrations et poussières occasionnés par la machinerie lors de la recharge de plage, pourront causer un certain désagrément pendant la durée des travaux. La mise en place de mesures d'atténuation appropriées permettra de réduire les effets négatifs anticipés. Par conséquent, cet effet est jugé moyen, compte tenu de son intensité forte, sa durée temporaire et son étendue ponctuelle.

5.3 SOMMAIRE DES EFFETS RÉSIDUELS

Les effets résiduels constituent les effets anticipés sur l'environnement qui devraient subsister après l'application des mesures d'atténuation prescrites dans la section précédente.

L'évaluation environnementale de l'aménagement d'épis sur le littoral de la municipalité de Pointe-aux-Outardes a permis de mettre en évidence plusieurs effets positifs du projet sur l'environnement, d'importance moyenne à majeure (tableau 5-6). Le projet d'aménagement d'épis sur le littoral de la municipalité de Pointe-aux-Outardes occasionnera notamment de nombreux effets positifs sur le milieu humain. La consolidation des plages et de la berge injectera près de 2,4 M$ (incluant la relocalisation de la route et des résidences), dans l'économie régionale et son utilisation, stimulera grandement l'économie locale. Les nouvelles infrastructures optimiseront la qualité de vie des usagers, en augmentant le sentiment de sécurité compte tenu de la présence des infrastructures qui protégeront contre l'érosion. La dynamique sédimentaire locale en présence d'épis favorisera de surcroît la régénération des habitats côtiers et par le fait même le retour des bancs coquilliers, d'important économique pour la région.

L'évaluation environnementale de l'aménagement d'épis sur le littoral de la municipalité de Pointe-aux-Outardes a permis de mettre en évidence plusieurs effets positifs du projet sur l'environnement, d'importance moyenne à majeure (tableau 5-6). Suite à l'application de la méthode d'évaluation des effets environnementaux pour chaque composante environnementale, il est permis de déterminer que le projet d'aménagement d'épis sur le littoral de la municipalité de Pointe-aux-Outardes, occasionnera des effets négatifs d'importance mineure ou moyenne. Tous ces effets seront qualifiés de non importants, notamment à la suite de l'application des mesures d'atténuation. Les travaux d'aménagement d'épis sur le littoral de la municipalité de Pointe-aux-Outardes auront un impact mineur, voire non significatif sur l'hydrodynamisme de la zone d'étude.

La présence de ces infrastructures vise le maintien de la plage et à stopper l'érosion importante. De plus, compte tenu de la mise en place du programme de sécurité, d'un plan de gestion des matières résiduelles et de l'application des mesures d'atténuation, le risque de contamination de l'eau, des sols et des sédiments, suite à un déversement accidentel durant les travaux, est considéré négligeable.

Le dérangement de la faune ichtyenne, dû à l'augmentation des MES pendant les activités de mise en place des épis, est considéré négligeable. La nature grossière des sédiments ne favorise pas l'augmentation de MES. Enfin, la mise en place des épis occasionnera une perte d'habitat (substrat recouvert par les épis) pour la faune benthique et ichtyenne, qui pourrait toutefois se traduire par un gain en favorisant la diversité des habitats, suite à la mise en place d'épis.

6. PROGRAMMES DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

6.1 SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Le programme de surveillance environnementale est un ensemble de mesures qui a pour but de surveiller les activités génératrices d'effets environnementaux et de vérifier si les mesures d'atténuation prévues sont mises en place. Le programme de surveillance environnementale est sous la responsabilité du promoteur. Afin de s'assurer du respect des mesures environnementales proposées dans cette évaluation environnementale préalable, le promoteur interviendra de deux façons :

- en intégrant premièrement au devis d'appel d'offres des dispositions particulières, afin d'assurer la protection de l'environnement. Le promoteur veillera à ce que toutes les mesures d'atténuation prévues soient incluses dans les plans et devis. Ces dispositions feront partie intégrante des contrats qui seront octroyés aux entrepreneurs;
- en intégrant les clauses environnementales au plan de surveillance des travaux de construction. La Municipalité de Pointe-aux-Outardes veillera à ce que ce plan soit élaboré avant le début des travaux et qu'il comprenne les activités de surveillance, de même que les tâches et les responsabilités de chaque membre de l'équipe affectée au projet.

Pendant l'exécution des travaux, le surveillant de chantier est responsable de s'assurer que les mesures à caractère environnemental soient respectées. Le surveillant doit également s'assurer que ces mesures soient efficaces et, le cas échéant, informer la Municipalité et proposer des mesures de protection alternatives ou bien un programme de suivi adéquat.

De façon plus spécifique, les travaux de stabilisation seront réalisés dans le respect de la *Loi sur la qualité de l'environnement* et des règlements d'application, notamment :

- Le Règlement sur les carrières et sablières (L.R.Q., c.Q-2, r.2);
- Le Règlement sur les déchets solides (L.R.Q., c.Q-2, r.3.2);
- Le Règlement sur les matières dangereuses (L.R.Q., c.Q-2, r15.2).

Avant le début des travaux se tiendra une réunion préparatoire à laquelle participeront tous les intervenants. Il s'agira d'une réunion d'harmonisation où les exigences ministérielles et toutes les mesures d'atténuation prévues à l'intérieur du projet seront passées en revue. Un responsable des aspects environnementaux sur le chantier sera désigné. Son rôle et son autorité seront précisés, le mode de fonctionnement du chantier sera établi et les canaux de communication seront mis en place.

Enfin, le surveillant de chantier, en plus de vérifier l'application adéquate des mesures d'atténuation, détectera la mortalité de poissons à proximité du chantier, le cas échéant. Cependant, les probabilités de mortalité sont infimes. Toutefois, le cas échéant, la cause de ces mortalités sera recherchée et des correctifs seront apportés aux modalités de construction s'il s'avérait que ces dernières en soient la cause. Un rapport de surveillance rappellera brièvement les diverses activités de surveillance et les résultats obtenus.

En cas de problèmes majeurs, le plan d'urgence environnemental décrit ci-dessous sera appliqué et le MDDEP en sera informé en communiquant avec :

Urgence Environnement: Tél. : 1-866-694-5454

6.2 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le suivi environnemental constitue une démarche permettant de suivre l'évolution de certaines composantes affectées par le projet et de vérifier la justesse des prévisions et des enjeux environnementaux identifiés. Il permet également de vérifier l'efficacité des mesures d'atténuation à court, moyen et long termes, prévues dans l'évaluation environnementale et pour lesquelles persisteraient des incertitudes.

Un suivi environnemental est recommandé en ce qui a trait à la stabilité des ouvrages. Une visite devra être effectuée à cet effet, après le premier hiver suivant les travaux, afin de vérifier la stabilité des épis et l'efficacité des aménagements, incluant la recharge de plage. Ce suivi devrait être effectué annuellement, pendant trois ans, après la mise en place des épis. Les suivis pourront ensuite être espacés, en fonction des observations relevées sur le site. Par ailleurs, le suivi environnemental devrait aussi permettre de documenter l'effet de la présence d'un champ d'épis sur le milieu environnant. Ce suivi permettrait de valider si la présence des épis entraîne des effets de bout et dans cette éventualité, d'y remédier.

Un volet du suivi devra porter sur l'évolution morphosédimentaire de la batture. Ce volet devrait s'accompagner d'un suivi écologique des habitats coquilliers. Il serait important de mettre en place un dispositif permettant de suivre l'accumulation de sable et de valider la stabilité des talus.

Les travaux de stabilisation des berges devraient favoriser le maintien et le développement des bancs coquillers dans le secteur à l'étude. Il serait important de documenter la recolonisation du milieu côtier par les moules. Finalement, il a été soulevé que le site immédiat des travaux recèle un potentiel archéologique intéressant, compte tenu que plusieurs sites archéologiques ont été répertoriés sur la Péninsule de Manicouagan et ailleurs dans la région (Rivière-aux-Outardes, Ragueneau, Baie-Comeau, etc). Compte tenu des caractéristiques du milieu physique de la région de la zone d'étude et de celles des sites archéologiques connus, il existe une probabilité de retrouver des vestiges archéologiques amérindiens reliés à des occupations dans la zone d'étude (site des travaux). Par conséquent, deux visites de reconnaissance, sur le site même des travaux projetés, sont recommandées avant le début des travaux.

7. RÉFÉRENCES

AARQ 2008. Atlas des amphibiens et reptiles du Québec : banque de données active depuis 1988 alimentée par des bénévoles et professionnels de la faune. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.

Adams, M.A. and I.W. Whyte. 1990. Fish habitat enhancement: A manual for freshwater, estuarine and marine habitats. Department of Fisheries and Oceans Canada. DFO 4474.

Armellin A., P. Mousseau, M. Gilbert et P. Turgeon, 1994. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du lac Saint-Louis. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire 5 et 6. Environnement Canada, région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique, 221 p + annexes.

Association touristique régionale manicouagan inc., 1984. Potentiel écologique et récréatif de la pointe aux Outardes, 159p

Bernatchez, P. (2003). Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et Manicouagan-Outardes : Synthèse, processus, causes et perspectives. Thèse de doctorat. Département de Géographie, U. Laval. 531 pp.

Bousfield, E.L., 1955. Studies on the shore Fauna of the St. Lawrence Estuary and Gaspé Coast. Department of northern Affairs and National Ressources, National Museum of Canada, Bulletin no 136, pp. 95-101

Cima+, 2011. Stabilisation des berges le long du littoral du fleuve Saint-Laurent – Pointe-aux-Outardes, Québec. Évaluation environnementale de site Phase I, 13 p. + annexes.

Comité ZIP de la Rive Nord de l'estuaire, 2004. Plan d'intervention pour la réhabilitation des bancs coquillers. Municipalité de Pointe-aux-Outardes, mars 2004, 22 pages + annexes.

COSEPAC, 2004. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAQ sur le béluga (Delphinapterus leucas) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. 26 p.

COSEPAC, 2006. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAQ sur le marsouin commun (Phocoena phocoena) (population de l'Atlantique Nord-Ouest) au Canada - mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. 38 p.

Dawes, C. J., 1995. Intertidal ecology, encyclopedia of environmental biology, Academic Press inc., vol. 2, pp. 313-321.

De Repentigny, L.-G. 1987. Importance de la pointe aux Outardes pour la faune. Service canadien de la faune. N/Réf. 640C1R-86/0211. 5 p.

ECL Envirowest Environ. Consult. Ltd. New Westminster, British Columbia, Canada. 330 pp.

Environnement Canada 2002. Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime. Volume 2, Manuel du praticien de terrain. Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport, 106 p.

Environnement Canada Archives nationales d'information et de données climatologiques http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals/station_metadata_f.html?StnId=5662

Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaires 18, 340 p.

Fontaine, P.H., 2005. Baleines et phoques, Biologie et écologie. Multimondes, Québec, Canada. 432 p.

Gaskin, D.E., 1992. Status of the harbour porpoise, Phocoena phocoena, in Canada. Canadian Field Naturalist 196: 36-54.

Génivar, 1999. Caractérisation biophysique, Socio-économique et Détermination des enjeux dans un Secteur potentiel pour l'identification d'une zone de Protection marine pilote : Portion ouest de la MRC Manicouagan. Présenté Au Parc Nature de Pointe-aux-Outardes Septembre 1999. 305p + annexes.

Giguère, M. S. Brulotte, M. boudreau et M.-F. Dréan, 2008. Évaluation de huit gisements de mye commune (Mya arenaria) de la rive nord de l'estuaire du Saint-Laurent de 2002 à 2008. Rapp. Tech. can. sci. halieut. aquat. 2821: x+ 91 p.

Grant, C. et L. provencher, 2007. Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de Zostera marina (L.) de la peninsule de Manicouagan (Québec). Rapp. Tech. can. sci. halieut. aquat. 2772 : viii + 65 p.

Hammill, M.O., V. Lesage, Y. Dubé et L.M. Measures, 2001. Oil and gas exploration in the southeastern Gulf of St. Lawrence: a review of information on pinnipeds ans cetaceans in the area. Secrétaria canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2001/115. 39 p.

Hemminga, M.A. et C.M. Duarte. 2000. Seagrass ecology. Cambridge University Press.U.K. 298 p.

Jefferson, T.A, M.A.Webber et R.L. Pitman, 2008. Marine mammals of the world : a comprehensive guide to their identification. Elsevier, Academic Press, London, UK, 573p.

Lalumière, R., L. Belzile et C. Lemieux. 1989. Répartition de la zostère marine (Zostera marina L.) le long de quelques segments littoraux de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Rapport présenté à Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec. 19 p. + annexe.

Lavigueur, L.,M. O. Hammill et S. Asselin, 1993. Distribution et biologie des phoques et autres mammifères marins dans la région du parc du Saguenay. Rapp. Manuscr. Can. Sci. Halieut. Aquat. 2220: 40 p.

Leclerc, M. et P. Dupuis (2008). Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes. Pour le compte de la Ville de Pointe-aux-Outardes et du ministère de la Sécurité publique, en collaboration avec OURANOS et divers partenaires. Rapport de recherche INRS-ETE R990 et Aquapraxis Inc. 10136-100. 220 pages + 9 annexes. Octobre.

Lesage, V. et M.C.S. Kingsley, 1995. Bilan des connaissances de la population de bélugas (Delphinapterus leucas) du Saint-Laurent. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 2041. 51 p.

Mayer, Raoul Étongué, Yann Roche et Dieudonné Mouafo, 2002. Dictionnaire des termes géographiques contemporains. Édition Guérin.

Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT). Site internet visité le 4 avril 2011 http://www.mamrot.gouv.qc.ca/repertoire-des-municipalites/fiche/municipalite/25213/

Municipalité de Pointe-aux-Outardes, 2010. Stratégie de développement touristique de la Municipalité de Pointe-aux-Outardes. Document consulté en ligne, rubrique Développement : http://www.pointe-aux-outardes.ca

MRNF 2001. Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec. Fiche du dard arc-en-ciel. Site internet de Ressources naturelles et Faune Québec. Dernière mise à jour le 17 août 2001. Consultée le 8 août 2008. http://www3.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp

MRNF 2007. Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec. Fiche de la tortue de bois. Site internet de Ressources naturelles et Faune Québec. Dernière mise à jour le 4 juillet 2007. Consultée le 14 août 2008. http://www3.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche/tortue-des-bois.asp

Morneau, François 1992. Projet de stabilisation des berges de la péninsule de Manicouagan et de la région de Ragueneau, document à l'Apui à une demande de soustraction à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement, Remis au ministère des Transports et au ministère de la Sécurité publique, février 1992b

Mousseau, P., M. Gagnon, P. Bergeron, J. Leblanc et R. Siron. 1997. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Ministère des Pêches et des Océans – Région laurentienne, Division des Sciences de l'environnement marin, Institut Maurice-Lamontagne et Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaires 19, 20 et 21, 437p.

Mousseau, P. et A. Armellin. 1996. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du secteur à l'étude estuaire maritime. Sears, R., F.W. Wemdel et J.M. Williamson, 1981. Behaviour and distribution observations of cetacean along the Quebec north shore. Mingan Island Cetacean Study (MICS).

MPO. 2008. Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007. MPO, SCCS, Avis sci. 2007/051. Disponible à http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/etat/2007/SAR-AS2007_051_F.pdf (cité le 20/06/2008)

Municipalité de Pointe-aux-Outardes, 2011. Cahier des spécifications, (fichier numérique .xls) Révisé 12-01 2011

Ouranos (2007). L'évaluation des avantages et des coûts de l'adaptation aux changements climatiques. Rapport de recherche (Version préliminaire).

Réseau d'observation de mammifères marins (ROMM), 2004. Plan d'action sur le phoque commun (Phoca vitulina concolor) de l'estuaire du Saint-Laurent. Rapport produit pour le ministère des Pêches et des Océans du Canada et le Parc marin du Saguenay – Saint-Laurent en collaboration avec les partenaires de la table de concertation sur le phoque commun de l'estuaire du Saint-Laurent. Pagination multiple.

ROCHE Ltée Groupe-conseil (1997). Baie-Saint-Ludger – Protection du littoral – Faisabilité technique et environnementale de la mise en place d'épis. Rapport présenté au ministère des Transports du Québec. N/réf. 18308-303. 135 pages + 7 annexes. Janvier

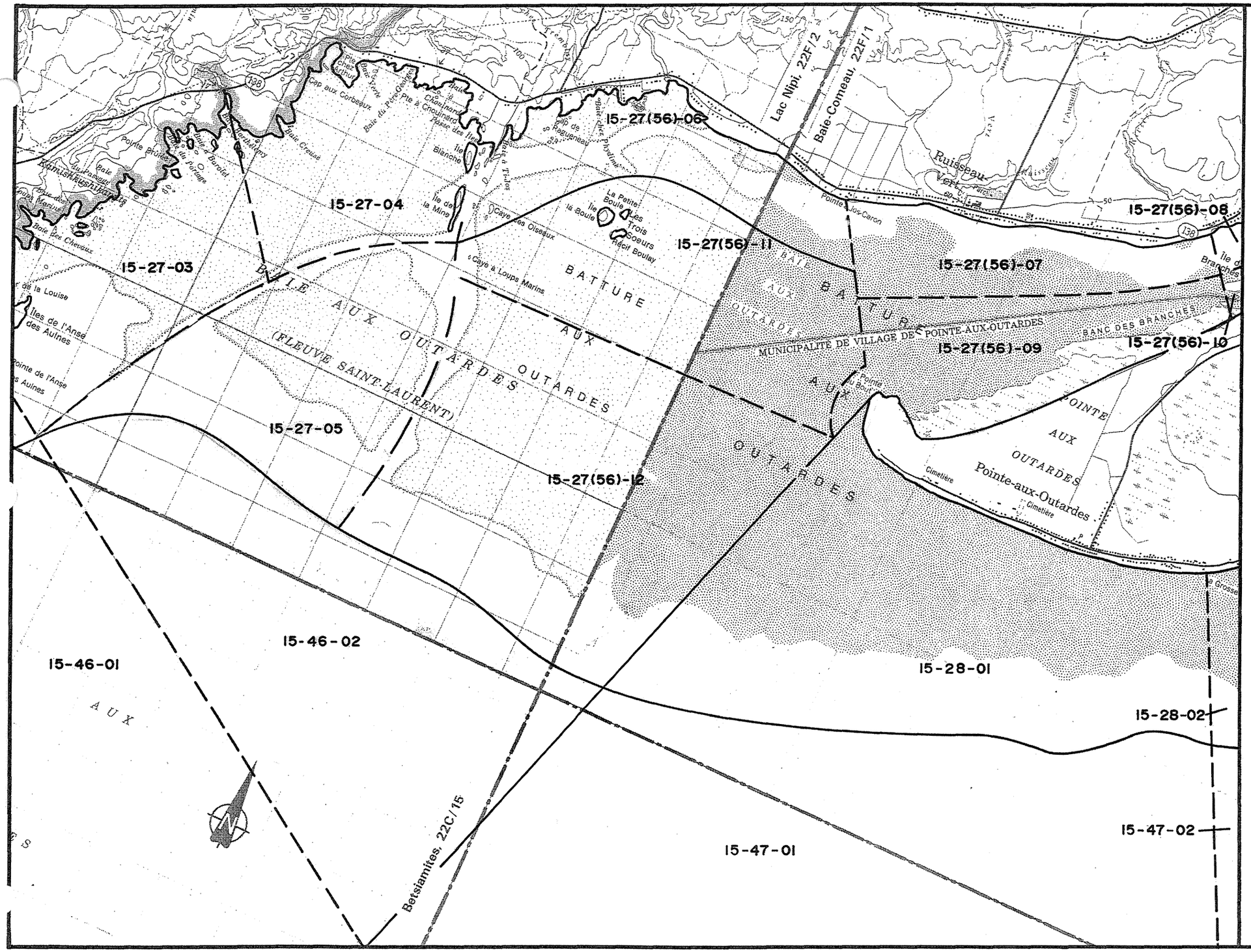
Robillard, A., V. Lesage et M. Hammill, 2005. Distribution and abundance of harbour seals (Phoca vitulina concolor) and grey seals (Halichoerus grypus) in the Estuary and gulf of St. Lawrence during 1994-2001. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 2613: 152 p.

Service canadien des glaces, 2011. Consultation en ligne http://www.ec.gc.ca/glaces-ice/default.asp?lang=Fr&n=D32C361E-1

U.S. Army Corps of Engineers, (2002), *Coastal Engineering Manual (CEM), Engineer Manual 1110-2-1100*, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (6 volumes).

A N N E X E A

Parcelle d’inventaire des zones de concentration d’oiseaux aquatiques 15 -28 -01 du MRNF


15-27(56)-06
15-27-04
15-27-03
15-27-05
15-27(56)-12
15-27(56)-11
15-27(56)-07
15-27(56)-08
15-27(56)-09
15-27(56)-10
15-46-02
15-46-01
15-28-01
15-28-02
15-47-01
15-47-02
BAIE AUX OUTARDES (FLEUVE SAINT-LAURENT)
BATTURE AUX OUTARDES
BAIE AUX OUTARDES
MUNICIPALITÉ DE VILLAGE DE POINTE-AUX-OUTARDES
BANC DES BRANCHES
Pointe-aux-Outardes
Lac Nipi, 22F/2
Baie-Comeau, 22F/1
Betsiamites, 22C/15
Caye à Loups Marins
Caye des Oiseaux
Île Blanche
Île de la Mine
Île la Boule
Les Trois Soeurs
Récif Boulay
Pointe Jos-Caron
Ruisseau Vert
Cap aux Corbeaux
Cap de la Roche Percée
Cap de la Ragueneau
Pte à Cheminard
Baie du Pure Gravel
Pointe Brûlée
Île du Portage
Île à Burdet
Baie des Cheveux
Île aux Basques
Île aux Lièvres
Île aux Pommes
Île aux Perdrix
Île aux Canards
Île aux Oeufs
Île aux Corneilles
Île aux Pierres
Île aux Pigeons
Île aux Cormorans
Île aux Goélands
Île aux Mouettes
Île aux Fraises
Île aux Fraises Plates
Île aux Fraises Rondes
Île aux Fraises Blanches
Île aux Fraises Noires
Île aux Fraises Vertes
Île aux Fraises Jaunes
Île aux Fraises Bleues
Île aux Fraises Violettes
Île aux Fraises Grises
Île aux Fraises Brunes
Île aux Fraises Roses
Île aux Fraises Oranges
Île aux Fraises Pourpres
Île aux Fraises Cramoisies
Île aux Fraises Écarlates
Île aux Fraises Vermillon
Île aux Fraises Carmin
Île aux Fraises Magenta
Île aux Fraises Fuchsia
Île aux Fraises Rose
Île aux Fraises Rouge
Île aux Fraises Orange
Île aux Fraises Jaune
Île aux Fraises Vert
Île aux Fraises Bleu
Île aux Fraises Violet
Île aux Fraises Gris
Île aux Fraises Brun
Île aux Fraises Noir
Île aux Fraises Blanc
Île aux Fraises Argent
Île aux Fraises Or
Île aux Fraises Bronze
Île aux Fraises Cuivre
Île aux Fraises Laiton
Île aux Fraises Acier
Île aux Fraises Fer
Île aux Fraises Plomb
Île aux Fraises Étain
Île aux Fraises Zinc
Île aux Fraises Nickel
Île aux Fraises Cobalt
Île aux Fraises Chrome
Île aux Fraises Manganèse
Île aux Fraises Molybdène
Île aux Fraises Tungstène
Île aux Fraises Vanadium
Île aux Fraises Titane
Île aux Fraises Zirconium
Île aux Fraises Hafnium
Île aux Fraises Tantale
Île aux Fraises Niobium
Île aux Fraises Rhénium
Île aux Fraises Osmium
Île aux Fraises Iridium
Île aux Fraises Platine
Île aux Fraises Or
Île aux Fraises Mercure
Île aux Fraises Thallium
Île aux Fraises Plomb
Île aux Fraises Bismuth
Île aux Fraises Polonium
Île aux Fraises Astate
Île aux Fraises Radon
Île aux Fraises Francium
Île aux Fraises Radium
Île aux Fraises Actinium
Île aux Fraises Thorium
Île aux Fraises Protactinium
Île aux Fraises Uranium
Île aux Fraises Neptunium
Île aux Fraises Plutonium
Île aux Fraises Américium
Île aux Fraises Curium
Île aux Fraises Berkélium
Île aux Fraises Californium
Île aux Fraises Einsteinium
Île aux Fraises Fermium
Île aux Fraises Mendélévium
Île aux Fraises Nobélium
Île aux Fraises Lawrencium
Île aux Fraises Rutherfordium
Île aux Fraises Dubnium
Île aux Fraises Seaborgium
Île aux Fraises Bohrium
Île aux Fraises Hassium
Île aux Fraises Meitnérium
Île aux Fraises Darmstadtium
Île aux Fraises Roentgenium
Île aux Fraises Copernicium
Île aux Fraises Nihonium
Île aux Fraises Flérovium
Île aux Fraises Moscovium
Île aux Fraises Livermorium
Île aux Fraises Tennessine
Île aux Fraises Oganesson
Île aux Fraises Ununennium
Île aux Fraises Unbinilium
Île aux Fraises Unbiunium
Île aux Fraises Unbitrium
Île aux Fraises Unbiquadium
Île aux Fraises Unbipentium
Île aux Fraises Unbihexium
Île aux Fraises Unbiseptium
Île aux Fraises Unbioctium
Île aux Fraises Unbienn

Goulwen Dy

De: Daniel.Dorais@mrnf.gouv.qc.ca
Envoyé: 11 mai 2011 10:17
À: Goulwen Dy
Cc: Daniel.Poirier@mrnf.gouv.qc.ca; Stephane.Guerin@mrnf.gouv.qc.ca
Objet: RE : RE : Demande CDPNQ
Pièces jointes: ImageACOA 02-09-0132.PDF; Acoa 02-09-0132.pdf

Bonjour M. Goulwen

Ci-joint une carte de localisation de la parcelle 02-09-0132 et le lien avec les anciennes dénominations des parcelles par le Service Canadien de la Faune. Ex : 02-09-0132 = 15, 28, 01.

02 = type d'habitat
09 = région
0132 = séquentiel
« L » à la suite du numéro séquentiel signifie que la parcelle possède un statut légal.
Pas de lettre signifie que la parcelle possède un statut en devenir ou informationnel(Le nombre d'oiseaux observé lors de l'inventaire ne permet pas qu'elle devienne légale.

P99 = Printemps 1999
A99 = Automne 1999

Les inventaires se sont déroulés :

1991 = 9 septembre
7 octobre
25 novembre
1992 = 27 avril
11 mai
19 mai
1999 = 11 mai
05 octobre

Bien que la parcelle 02-09-0132 ne soit pas reconnu légalement cela ne signifie en aucun cas qu'elle ne constitue pas un habitat essentiel pour les oiseaux aquatiques. En effet ce milieu est en tout point semblable au milieu adjacent qui est pourtant légal. L'absence d'oiseaux lors de l'inventaire peut être le fait de circonstance particulière ou le fruit du hasard.

Espérant le tout à votre satisfaction.

Mes salutations.

Daniel Dorais, technicien de la faune

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Direction de l'expertise de la faune, des forêts et du territoire de la Côte-Nord

625, boulevard Laflèche, bureau R.C. 702

Baie-Comeau (Québec) G5C 1C5

Téléphone : 418 295-4676, poste 270

Télécopieur : 418 295-4682

Daniel.Dorais@mrnf.gouv.qc.ca

www.mrnf.gouv.qc.ca

-----Message d'origine-----
De : Goulwen Dy [mailto:Goulwen.Dy@cima.ca]
Envoyé : 10 mai 2011 16:13
À : Dorais, Daniel (09-DEX); Guérin, Stéphane (09-DEX)
Cc : Poirier, Daniel (09-DEX)
Objet : RE: RE : Demande CDPNQ

Bonjour,

Y a-t-il moyen d'obtenir des spécifications sur l'ACOA 02-09-0132 :

- Carte de localisation
- Superficie
- Étendu

Y a-t-il des stations en particulier à Pointes aux Outardes? Si oui, je suis intéressé à recevoir la position exacte des stations.

Je ne comprends pas les codes utilisés en tête de colonne, exemple :

74L	75L	389L	78L	80L	390L	82L	83L	84	85L	86L	87L	88L
15,17,01	15,17,02	15,17,03 15,17,04	15,17,05	15,18,02	15,18,01 15,08,03	15,18,04	15,19,01	15,09,02	15,20,01	15,20,02	15,20,03	15,20,04

Je ne comprends pas non plus la différence entre les feuillets (ex : P-99 et A-99) du fichier Excel .

Enfin quelle est la date exacte de la prise des inventaires.

Merci et bonne fin de journée,

Goulwen Dy, M. Sc. biologie

Chargé de projet, Environnement

CIMA+
Partenaire de génie
2030, Boul. de la Rive-Sud, bureau 201
St-Romuald QC G6W 2S6

Tél. bur. : 418 834-2273 poste 403
Téléc. : 418 834-3356

Devez-vous vraiment imprimer ce courriel? Pensons à l'environnement!

De : Daniel.Dorais@mrnf.gouv.qc.ca [mailto:Daniel.Dorais@mrnf.gouv.qc.ca]
Envoyé : 9 mai 2011 13:05
À : Stephane.Guerin@mrnf.gouv.qc.ca; Goulwen Dy
Cc : Daniel.Poirier@mrnf.gouv.qc.ca
Objet : RE : Demande CDPNQ

M. Goulwen

Les travaux d'installation d'épis sont situés dans un ACOA (Aire de concentration d'oiseaux aquatiques) portant le numéro 02-09-0132-xxxx et dont vous retrouverez les données dans les fichiers ci-joints à la colonne 0132.

L'hirondelle de rivage utilise aussi fréquemment les falaises de sable et de tourbe pour nicher.

En plus des espèces habituellement retrouvées dans le fleuve, les espèces sensibles de ce milieu sont l'éperlan arc-en-ciel anadrome,et les mollusques dont la récolte est permise à certaine période.

Salutation

Daniel Dorais, technicien de la faune

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Direction de l'expertise de la faune, des forêts et du territoire de la Côte-Nord

625, boulevard Laflèche, bureau R.C. 702

Baie-Comeau (Québec) G5C 1C5

Téléphone : 418 295-4676, poste 270

Télécopieur : 418 295-4682

Daniel.Dorais@mrnf.gouv.qc.ca

www.mrnf.gouv.qc.ca

> -----Message d'origine-----
> **De :** Guérin, Stéphane (09-DEX)
> **Envoyé :** 5 mai 2011 10:42
> **À :** Dorais, Daniel (09-DEX); Poirier, Daniel (09-DEX)
> **Objet :** TR : Demande CDPNQ
>
> Bonjour, je transmets votre demande à mes collègues du bureau de Baie-Comeau qui se chargent de ce secteur.
>
>
> **Stéphane Guérin**, biologiste
> Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
> Direction de l'expertise de la faune, des forêts et du territoire de la Côte-Nord
> Voici mes nouvelles coordonnées:
> 456 Arnaud, bur. 1.03
> Sept-Îles (Qué.) G4R 3B1
> Tél.: (418) 964-8300, poste 268
> Téléc.: (418) 964-8680
>

stephane.guerin@mrnf.gouv.qc.ca

-----Message d'origine-----
De : Goulwen Dy [mailto:Goulwen.Dy@cima.ca]
Envoyé : 4 mai 2011 13:22
À : Guérin, Stéphane (09-DEX)
Cc : Danielle Cloutier
Objet : Demande CDPNQ

Bonjour,

CIMA+ a été mandaté afin de réaliser une étude d'impact en vue de construire un champ d'épis le long du fleuve Saint-Laurent, à Pointes-aux-Outardes.

Nous avons besoin d'obtenir toutes informations pertinentes (occurrences et habitats protégés) relativement aux espèces fauniques (espèces menacées et vulnérables et susceptibles d'être ainsi désignées) présentes dans le site à l'étude (6 km autour du centroïde). Un formulaire de demande vous est joint à cet effet.

Si de plus amples informations vous étaient nécessaires pour répondre à ma requête, n'hésitez pas à communiquer avec moi, par téléphone au numéro suivant : (418) -834-2273 p 403.

Je vous remercie de l'attention que vous porterez à cette correspondance et vous pris d'agréer, Monsieur, l'expression de mes sentiments les meilleurs,

Goulwen Dy, M. Sc. biologie

Chargé de projet, Environnement

CIMA+
Partenaire de génie
2030, Boul. de la Rive-Sud, bureau 201
St-Romuald QC G6W 2S6

Tél. bur. : 418 834-2273 poste 403
Téléc. : 418 834-3356

Devez-vous vraiment imprimer ce courriel? Pensons à l'environnement!

A N N E X E B

Inventaire de l’hirondelle des rivages



Photo 1 : site 1





Photos 2 : site 2 et site 2(2)





Photos 3 : site 5(2) et site 5(3)



Photos 4 : site 6 et site 6(2)



Photo 5 : site 7

A N N E X E C

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) - Correspondance

Ministère du
Développement durable,
de l'Environnement
et des Parcs
Québec

Direction régionale de l'analyse et de l'expertise
de la Côte-Nord

PAR COURRIEL

Baie-Comeau, le 18 mai 2011

Monsieur Goulwen Dy, M. Sc. biologie
Chargé de projet
CIMA +
2030, boulevard de la Rive-Sud, bureau 201
St-Romuald (Québec) G6W 2S6

N/Réf. : 5142-00-00

Objet : Espèces floristiques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être désignées - Pointe-aux-Outardes

Monsieur,

La présente fait suite à votre demande d'information du 4 mai dernier concernant la présence d'espèces floristiques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées un secteur de la municipalité de Pointe-aux-Outardes.

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) est un outil servant à colliger, analyser et diffuser l'information sur les espèces menacées. Les espèces provenant de différentes sources y sont intégrées, et ce, depuis 1988. Une partie des données existantes n'est toujours par incorporée au centre, si bien que l'information fournie peut s'avérer incomplète. La banque de données ne fait pas de distinction entre les portions de territoires reconnues comme étant dépourvues de telles espèces et celles non inventoriées. **Pour ces raisons, l'avis du CDPNQ concernant la présence, l'absence ou l'état des espèces menacées d'un territoire particulier n'est jamais définitif et ne doit pas être considéré comme un substitut aux inventaires de terrain requis dans le cadre des évaluations environnementales.**

À la suite de la consultation du CDPNQ, nous vous avisons de l'absence, pour votre zone à l'étude, de mention de plante menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée.

...2

20, boulevard Comeau, bureau 2.12
Baie-Comeau (Québec) G4Z 3A8
Téléphone : 418 294-8888, poste 227
Télécopieur : 418 294-8018
Courriel : zara.dionne@mddep.gouv.qc.ca
Internet : http://www.mddep.gouv.qc.ca
Ce papier contient des fibres recyclées après consommation.

Nous espérons ces renseignements satisfaisants et utiles à vos besoins. Nous vous remercions de l'intérêt porté à l'égard du CDPNQ et demeurons disponibles pour répondre à vos questions.

N'hésitez pas à communiquer avec la soussignée pour toute question ou précision

Veuillez accepter, Monsieur, nos salutations distinguées.

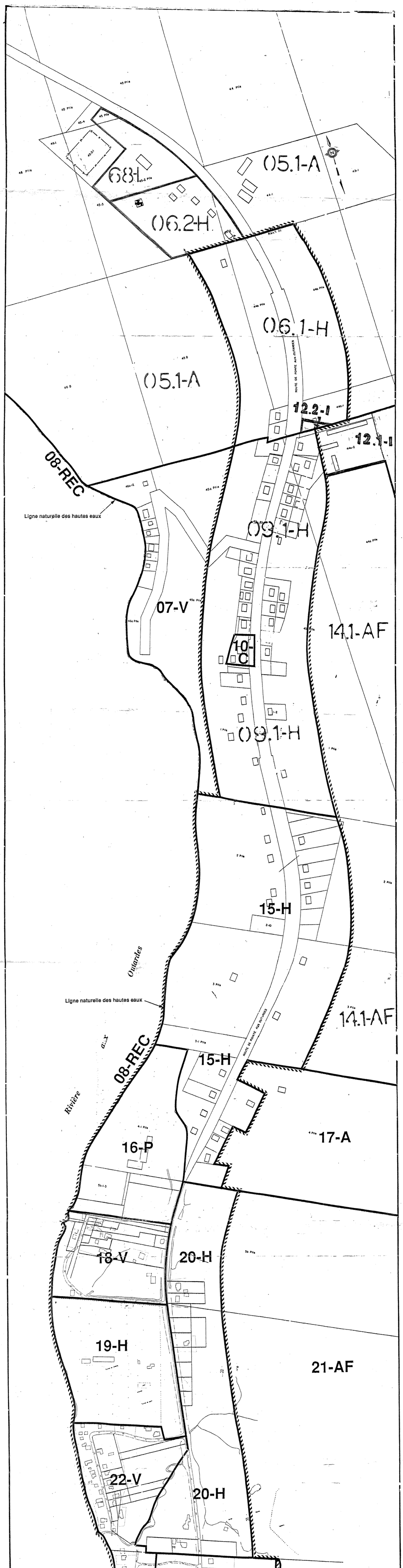
Zara Dionne

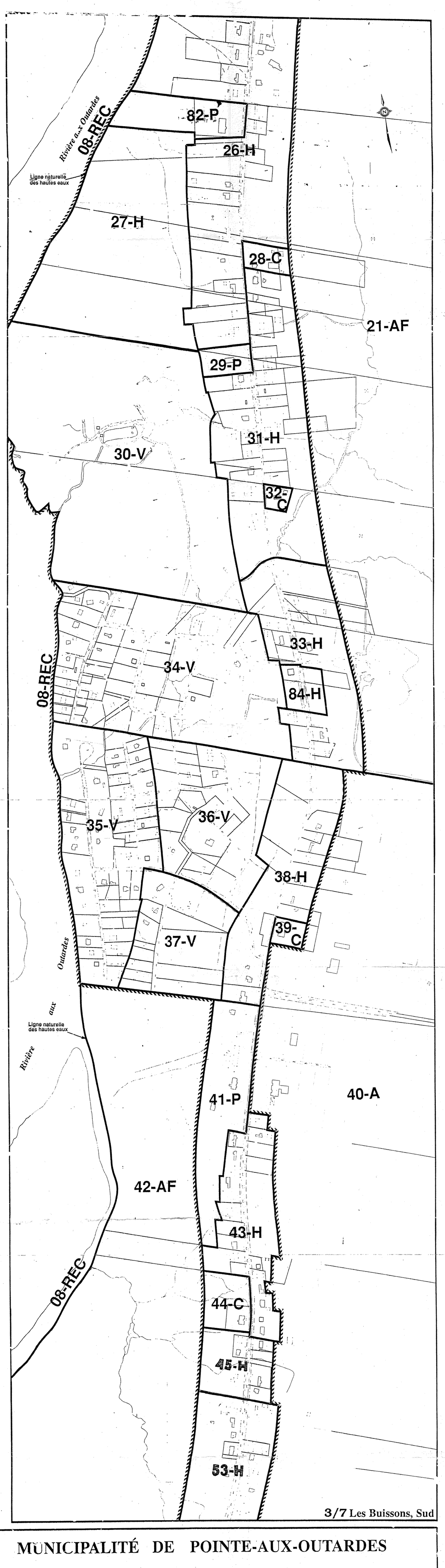
ZD/hj

Zara Dionne, biologiste

A N N E X E D

Zonage et affectation





MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

PLAN DE ZONAGE

Habitation	H
Commercial et service	C
Multifonctionnel	M
Public et institutionnel	P
Agro-forestier	AF
Agricole	A
Villégiature	V
Industriel	I
Récréatif	REC

Source d'alimentation en eau potable	
Site archéologique	
Talus sujet à l'érosion	
Écran tampon	
Périmètre d'urbanisation	
Limite de zone	
Limite municipale	

02-F Numéro d'identification de la zone

Groupe d'usage

Ce plan fait partie intégrante du règlement no : 155-91
sous la cote no : A-2 et A-3
Adopté le _____ Authentifié le _____
Maire _____
Secrétaire trésorier (ère) _____

RÈGL. NO	MISE À JOUR	DATE
195-93	82-P	20/10/93
1218-96	84-H	13-01-97
233-98	25-P	02-11-98
255-00	16P,39-C	
259-01	12-I et 21-AF	
261-01		
266-02	MOUV. DE TERRAIN	
277-05	AGRANDIR 12-I	
286-07	NOUVELLE ZONE INDUSTRIELLE ET DIVISIONNAIRE	

Unitechnic Inc
61 D'Auteuil
Québec, Qué.
G1R 4C2

1 : 2 500

MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

PLAN DE ZONAGE

Habitation	H
Commercial et service	C
Multifonctionnel	M
Public et institutionnel	P
Agro-forestier	AF
Agricole	A
Villégiature	V
Industriel	I
Récréatif	REC

Source d'alimentation en eau potable	
Site archéologique	
Talus sujet à l'érosion	
Écran tampon	
Périmètre d'urbanisation	
Limite de zone	
Limite municipale	

02-F Numéro d'identification de la zone

Groupe d'usage

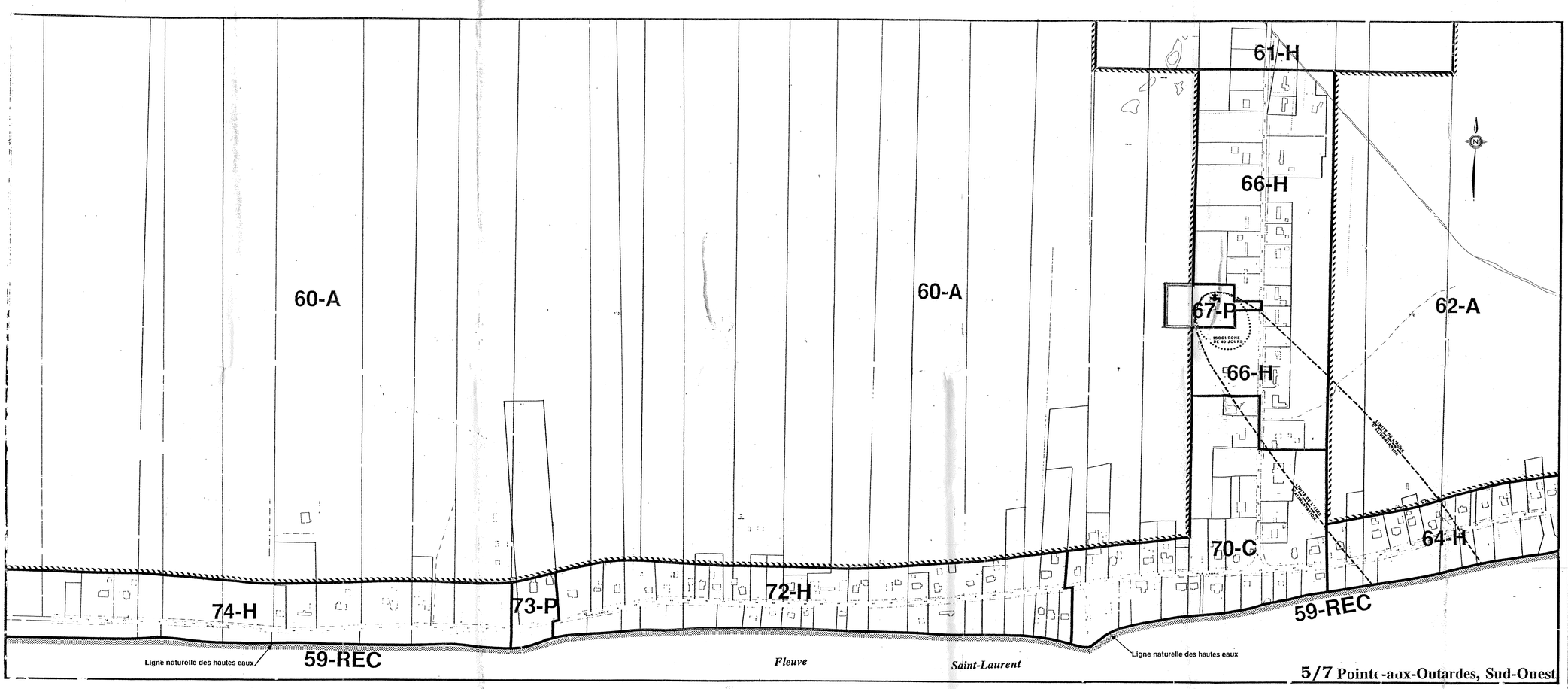
Ce plan fait partie intégrante du règlement no : 155-91
sous la cote no : A-5 et A-6
Adopté le _____ Authentifié le _____
Maire _____
Secrétaire trésorier (ère) _____

MISE À JOUR		
RÈGL. NO		DATE
216-96	70-C	13-01-97
217-96	63-I	13-01-97
233-98	aire aimen.	02-11-98
246-4-99	62-H, 66-H, 79-A, 80-A	
254-00	62-H, 66-H, 79-A, 80-A	
261-01		
266-02	MOINS DE TERRAIN	
265-02	60-A ET 67-P	

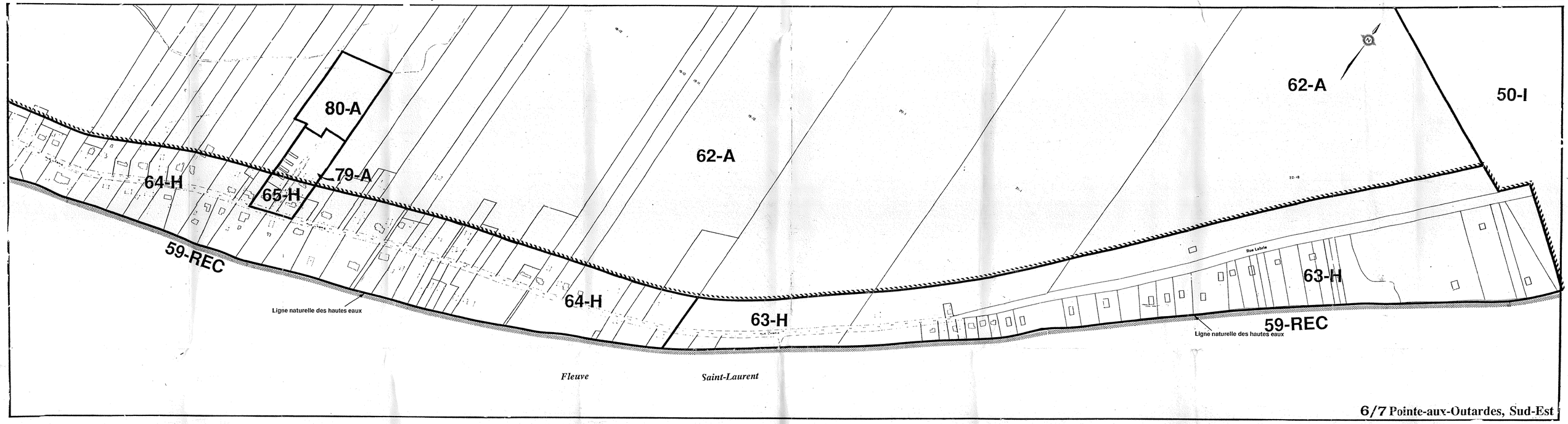
Urbatique Inc.
81 D'Auteuil
Québec, Qué.
G1R 4J2

50m 25 0 50 100m

1 : 2 500



5/7 Pointe-aux-Outardes, Sud-Ouest



6/7 Pointe-aux-Outardes, Sud-Est

MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

PLAN DE ZONAGE

Habitation	H
Commercial et service	C
Multifonctionnel	M
Public et institutionnel	P
Agro-forestier	AF
Agricole	A
Villégiature	V
Industriel	I
Récréatif	REC

Source d'alimentation en eau potable

Site archéologique

Talus sujet à l'érosion

Glissement de terrain Rel. M.E.R. (N. du dernier rectif. DV 03 01)

Écran tampon

Périmètre d'urbanisation

Limite de zone

Limite municipale

02-F Numéro d'identification de la zone

Groupe d'usage

MUNICIPALITÉ DE BAIE-COMEAU

MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

MUNICIPALITÉ DE POINTE-LEBEL

MUNICIPALITÉ DE CHUTE-AUX-OUTARDES

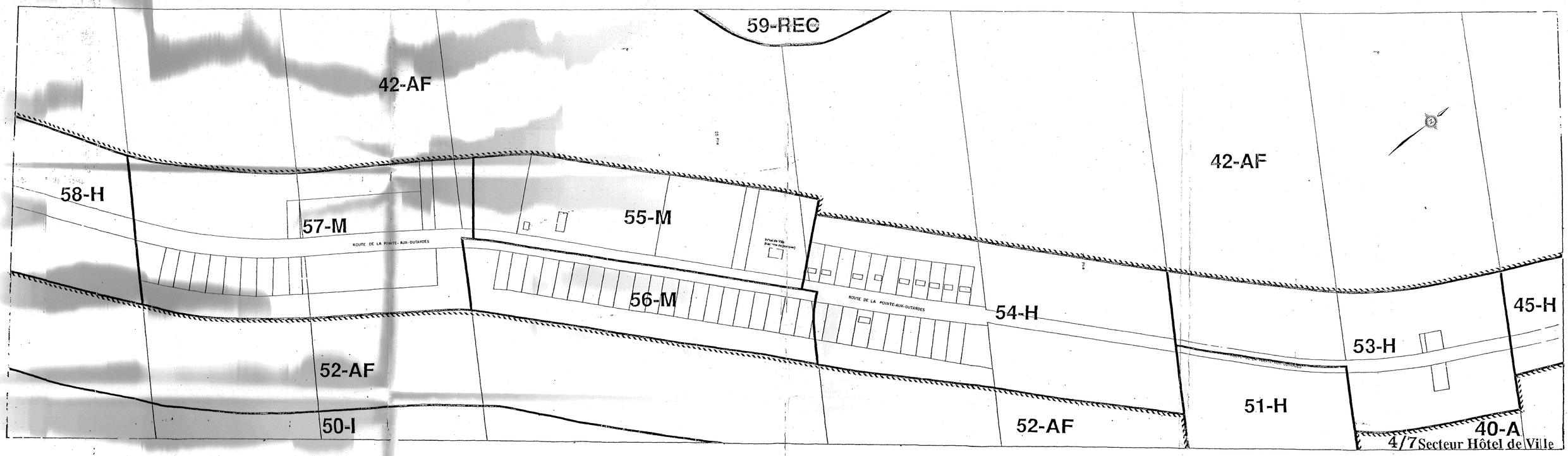
Ligne naturelle des hautes eaux

Ligne naturelle des hautes eaux

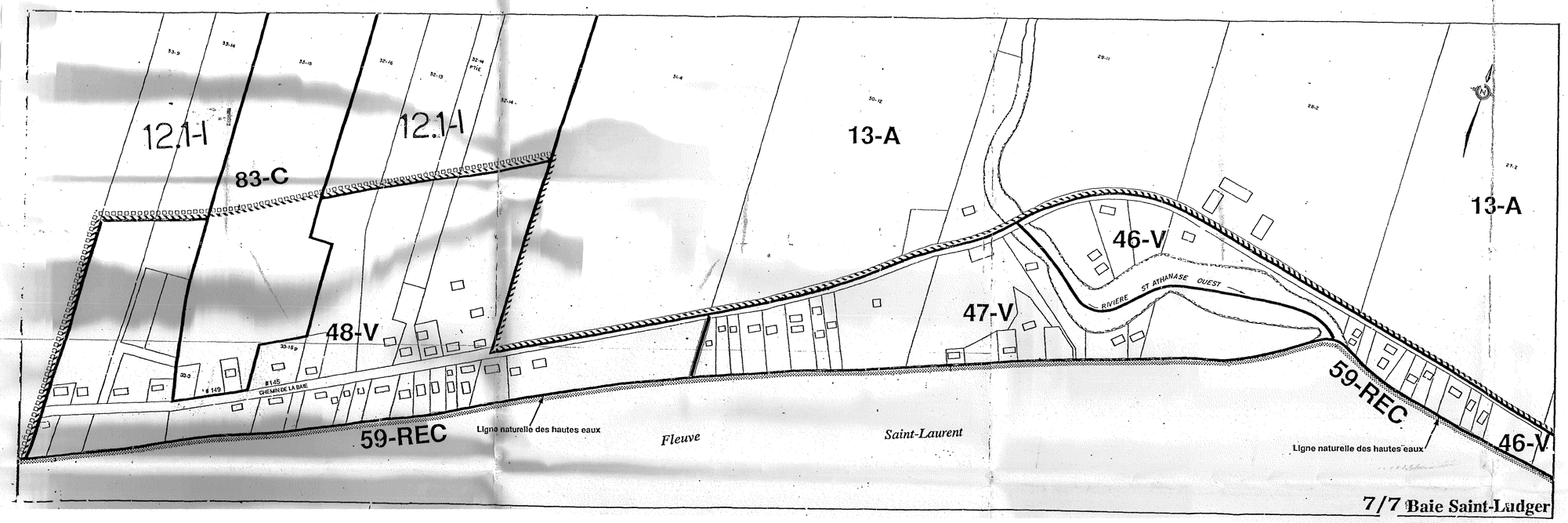
Rivière aux Outardes

Rivière aux Outardes

Rivière aux Outardes



4/7 Secteur Hôtel de Ville



7/7 Baie Saint-Ladger

MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

PLAN DE ZONAGE

Habitation	H
Commercial et service	C
Multifonctionnel	M
Public et institutionnel	P
Agro-forestier	AF
Agricole	A
Villégiature	V
Industriel	I
Récréatif	REC

Source d'alimentation en eau potable	
Site archéologique	K
Talus sujet à l'érosion	
Écran tampon	
Périmètre d'urbanisation	
Limite de zone	
Limite municipale	

02-F Numéro d'identification de la zone

Groupe d'usage

Ce plan fait partie intégrante du règlement no : 155-91
sous la cote no : A-4 et A-7
Adopté le _____ Authentifié le _____
Maire _____
Secrétaire trésorier (ère) _____

RÈGL. NO	MISE À JOUR	DATE
233-98	83-C	02-11-98
257-01	13-A	
261-01		
266-02	MOUV. DE TERRAIN	

60m 25 0 50 100m

1 : 2 500

Urbatique inc.
61 D'Auteuil
Québec, Qué.
G1R 4C2

POINTE-AUX-OUTARDES

AFFECTATION DU TERRITOIRE

- Affectation forestière
- Affectation agricole
- Affectation minière (tourbière)
- Affectation récréo-touristique
- Périmètre d'urbanisation

TERRITOIRE D'INTÉRÊT PARTICULIER

Esthétique : corridor panoramique

Écologique : concentration de la sauvagine
zone de protection (eau potable
zone marécageuse (avifaune) E

Historique : sites archéologiques

Culturelle : C

ÉQUIPEMENTS ET INFRASTRUCTURES PROPOSÉS

- Ouvrage de protection des berges
- Parc régional

ZONES DE CONTRAINTES

- Érosion
- Glissements de terrain : risques faibles, risques moyens, risques élevés
- Hydro-Québec : zones d'instabilité reconnue, zones de servitude

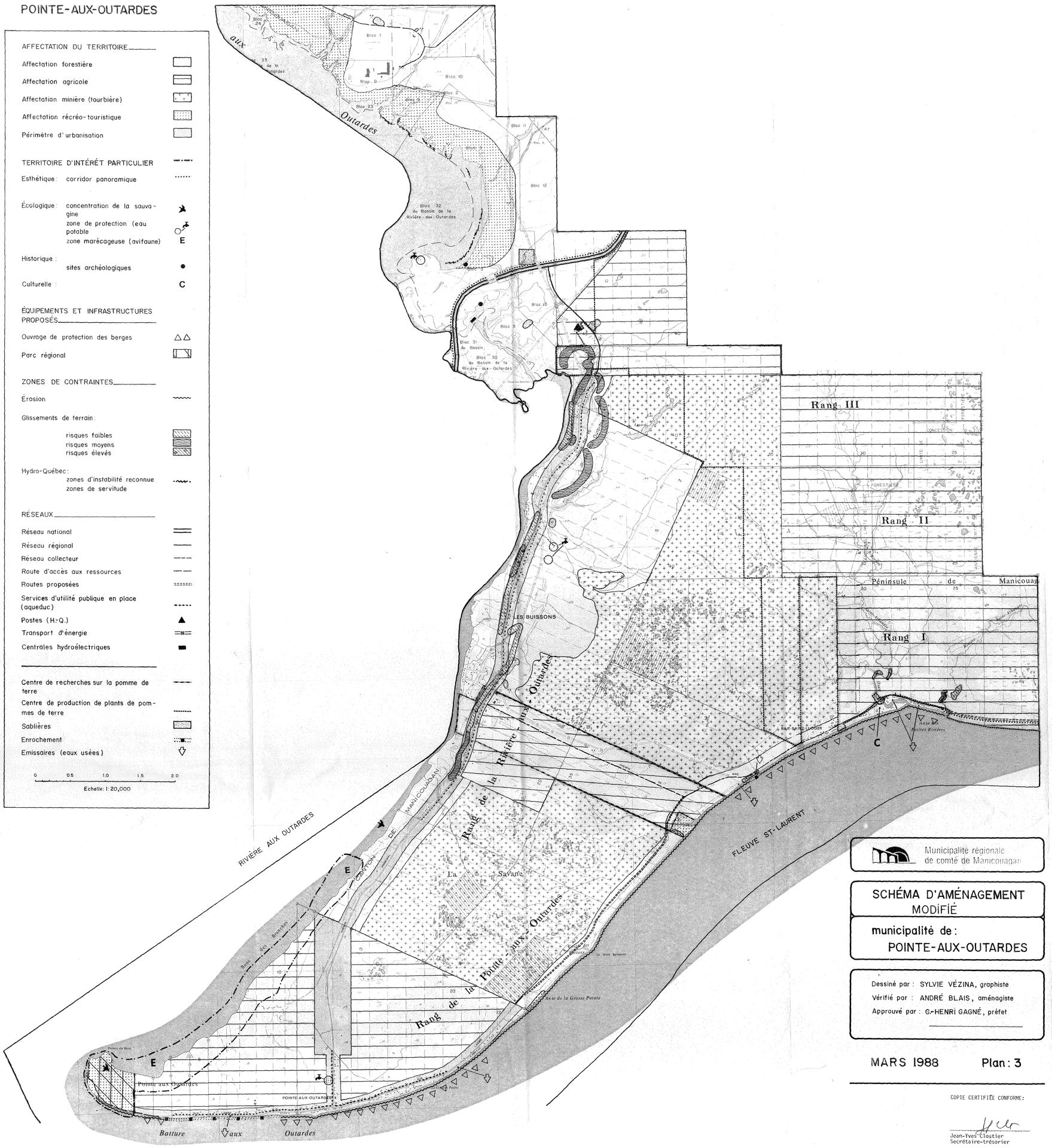
RÉSEAUX

- Réseau national
- Réseau régional
- Réseau collecteur
- Route d'accès aux ressources
- Routes proposées
- Services d'utilité publique en place (aqueduc)
- Postes (H.-Q.)
- Transport d'énergie
- Centrales hydroélectriques

- Centre de recherches sur la pomme de terre
- Centre de production de plants de pommes de terre
- Sablières
- Enrochement
- Emissaires (eaux usées)

0 0.5 1.0 1.5 2.0

Echelle: 1:20,000



Municipalité régionale de comté de Manicouagan

SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT MODIFIÉ

municipalité de :
POINTE-AUX-OUTARDES

Dessiné par : SYLVIE VÉZINA, graphiste
Vérifié par : ANDRÉ BLAIS, aménagiste
Approuvé par : G.-HENRI GAGNÉ, préfet

MARS 1988 Plan : 3

COPIE CERTIFIÉE CONFORME:

Jean-Yves Cloutier
Secrétaire-trésorier

A N N E X E E

Cartes du zonage du risque

Carte du zonage du risque (100 ans) du secteur est de Pointe-aux-Outardes, municipalité de Pointe-aux-Outardes (MRC de la Manicouagan)



Source: Photo-interprétation multidates effectuée par Pascal Bernatchez. Recommandations du comité d'experts sur l'érosion des berges. Fond de carte numérique: BDTQ au 1: 20 000 du MRNFP. Cartographie effectuée par Sieeve Dugas. Carte numéro 030c

1:20 000

Carte du zonage du risque (100 ans) du secteur du parc Nature de Pointe-aux-Outardes, municipalité de Pointe-aux-Outardes (MRC de la Manicouagan)



Source: Photo-interprétation multicates effectuée par Pascal Bernatchez. Recommandations du comité d'experts sur l'érosion des berges. Fond de carte numérique: BDTQ au 1: 20 000 du MRNFP. Cartographie effectuée par Steeve Dugas. Carte numéro 029c

1:20 000

LÉGENDE DE LA CARTE DU ZONAGE DU RISQUE ET DES RECOMMANDATIONS DE GESTION DU LITTORAL

Voies de communication

- Route municipale
- Route 138
- Chemin non carrossable
- Pont

Hydrographie

- Barrage
- Cours d'eau
- Cours d'eau intermittent
- Lac et estuaire du Saint-Laurent

Autres

- Bâtiment
- Courbes de niveau (10 m)
- Ligne de rivage de 1996
- Côte rocheuse
- Géomorphologie de 1996
- Limite de submersion approximative
- Limite d'unité de gestion
- Limite municipale
- Milieu humide
- Végétation

État des infrastructures de protection en place

- Bon
- Partiellement endommagé
- Très emdommagé

Recommandations

- Déplacement de corridor routier

- Marge de sécurité
- Propositions d'aménagements et solutions envisageables
- Étude des risques de mouvement de masse ou de suffosion
- Étude sur les risques d'inondation ou de submersion

Types d'aléas


- Mouvement de masse


- Submersion


- Érosion



- Suffosion

Niveau d'aléa

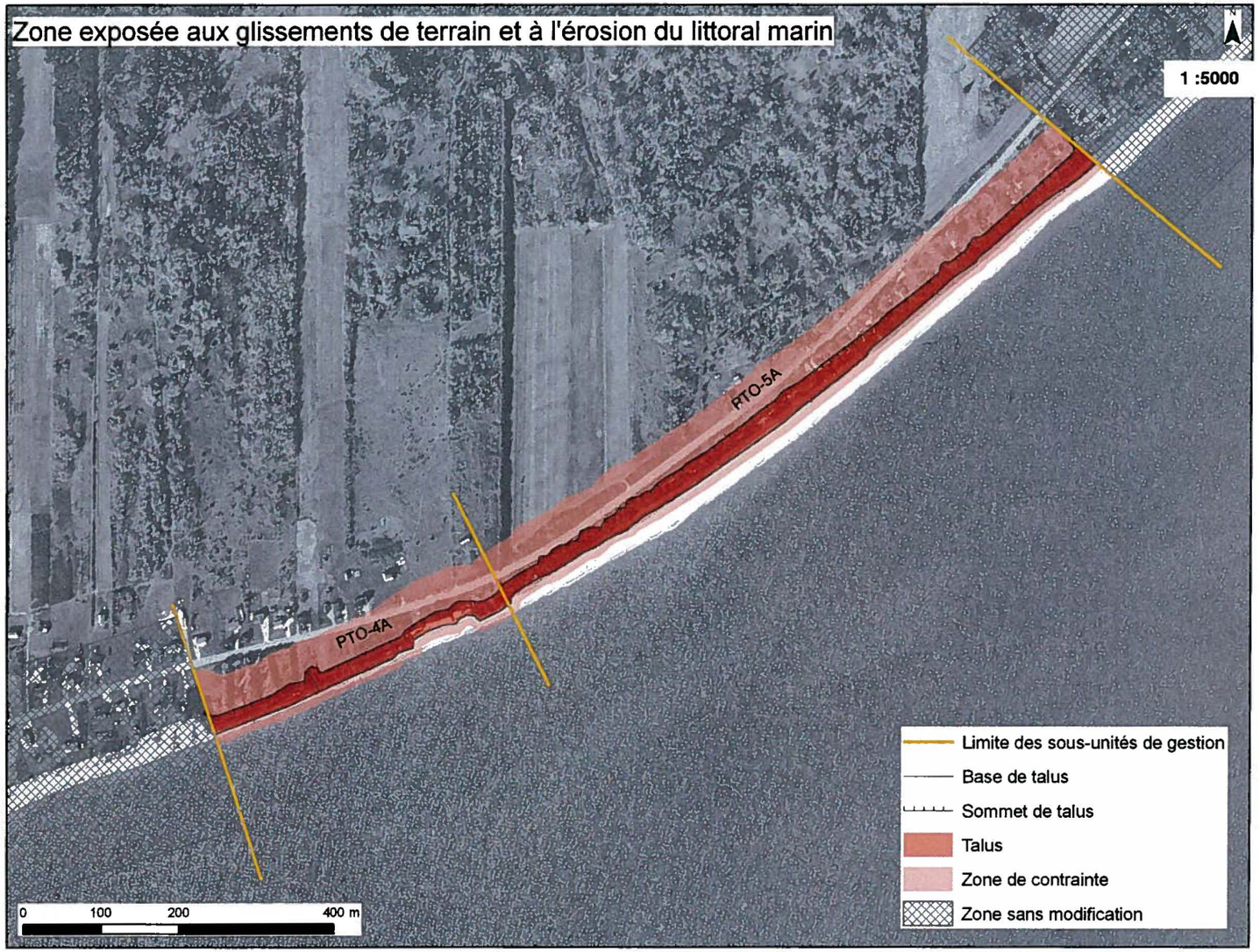
- Faible à nul
- Modéré
- Élevé

A N N E X E F

Règlement 2010-05 modifiant le règlement de remplacement du règlement de contrôle intérimaire 2006-08 relatif à l'érosion des berges du fleuve St-Laurent

PLAN A

Règlement 2010-05 modifiant le règlement de remplacement du règlement de contrôle intérimaire 2006-08 relatif à l'érosion des berges du fleuve St-Laurent



A N N E X E G

Étude de potentiel archéologique

Pointe-aux-Outardes / CIMA+

Projet de stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes

Étude de potentiel archéologique

Version finale

préparée par :

PATRIMOINE EXPERTS

Consultants en Patrimoine et Archéologie

1013, Laurent-Leroux, L'Assomption (Québec), J5W 6H5

1523, Frédéric-Moisan, Québec (Québec), G2G 1X7

patrimoine_experts@videotron.ca

Novembre 2011

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Patrimoine Experts s.e.n.c.

Josée Villeneuve	archéologue (recherche, analyse et rédaction)
Alain Prévost	anthropologue-archéologue (recherche, analyse et rédaction)
Robert Nadeau	archéologue (recherche et analyse)

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES III

LISTE DES TABLEAUX IV

1.1 Mandat et contenu de l'étude 1
1.2 Localisation et description de la zone d'étude 1
1.3 État des connaissances en archéologie 3
1.3.1 Sites archéologiques du secteur de la péninsule de Manicouagan 4
1.3.2 Sites archéologiques du secteur de Baie-Comeau 5
1.3.3 Sites archéologiques du secteur de la Rivière-aux-Outardes sud 9
1.3.4 Sites archéologiques du secteur de Ragueneau 11

2.0 MÉTHODOLOGIE 13

2.1 Les objectifs 13
2.2 Le potentiel archéologique amérindien (préhistorique et historique) 13
2.3 Le potentiel archéologique euroquébécois 14

3.0 MILIEU PHYSIQUE 15

3.1 Physiographie du secteur à l'étude (site des travaux) 15

4.0 L'OCCUPATION AMÉRINDIENNE 16

4.1 L'habitabilité 16
4.2 La présence amérindienne 16
4.3 Le potentiel archéologique amérindien 20
4.3 Recommandations 21

5.0 L'OCCUPATION EUROQUÉBÉCOISE 22

5.1 Le potentiel archéologique euroquébécois 22
5.2 Recommandations 23

6.0 RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION 24

7.0 OUVRAGES CONSULTÉS OU CITÉS 25

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude (trait rouge) et du site des travaux (bande jaune) 2

Figure 2: Photographie aérienne du 24 mai 1950, montrant le site des travaux (source : Photothèque nationale de l'air, échelle 1 / 40 000) 2

Figure 3: Photographie aérienne du 30 août 1982, montrant le site des travaux (source : Photothèque nationale de l'air, échelle 1 / 20 000) 3

Figure 4: Localisation des sites archéologiques du secteur de la péninsule de Manicouagan (source ISAQ) 4

Figure 5: Localisation des sites archéologiques du secteur de Baie-Comeau (source ISAQ) 5

Figure 6: Localisation des sites archéologiques du secteur de la Rivière-aux-Outardes sud (source ISAQ) 9

Figure 7: Localisation des sites archéologiques du secteur de Ragueneau (source ISAQ) 11

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Identification et description des sites archéologiques du secteur de la péninsule de Manicouagan 4

Tableau 2: Identification et description des sites archéologiques du secteur de Baie-Comeau 6

Tableau 3: Identification et description des sites archéologiques du secteur de la Rivière-aux-Outardes sud 9

Tableau 4: Identification et description des sites archéologiques du secteur de Ragueneau 11

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mandat et contenu de l'étude

La firme Patrimoine Experts s'est vue confier le mandat de réaliser une étude de potentiel archéologique dans le cadre de l'étude d'impact pour le projet de stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes. Comme les travaux d'aménagement seront très localisés, il a été convenu que l'étude de potentiel porterait sur le site des travaux et non sur l'ensemble de la zone d'étude (figure 1).

Cette étude présentera une synthèse de l'histoire de l'occupation humaine dans la zone d'étude, en tenant compte de l'évolution du paysage naturel et culturel. À partir des données colligées et de leur analyse, cette étude déterminera si des traces résiduelles d'occupation humaines sont susceptibles d'être présentes dans les limites du site des travaux. Enfin, des recommandations seront présentées quant à la méthodologie et aux techniques à employer pour vérifier le potentiel archéologique et pour sauvegarder les ressources archéologiques qui pourraient être menacées par la réalisation de ce projet.

1.2 Localisation et description de la zone d'étude

La Côte-Nord est divisée en trois ensembles physiographiques : le plateau laurentien, le piémont laurentien et les basses-terres du Saint-Laurent. La péninsule de Manicouagan fait partie de ce dernier groupe. C'est une plaine côtière sablonneuse dont les dénivellations moyennes sont inférieures à 30 m (Berthold 2010). Pointe-aux-Outardes y occupe un emplacement au sud, sur une terrasse fluviatile, en front du fleuve Saint-Laurent. La péninsule est encadrée par deux importantes rivières : la Rivière-aux-Outardes à l'ouest et la rivière Manicouagan à l'est. Ces cours d'eau et d'autres comme la rivière Franquelin fournissent à la Côte-Nord des voies de pénétration et un accès aux ressources de l'arrière-pays.

Le secteur à l'étude qui correspond pour l'archéologie au site des travaux se situe à Pointe-aux-Outardes du côté sud de la rue Labrie, en arrière des bâtiments actuels. Cette étroite bande débute à l'est du quai s'étend sur environ 1 700 m. Elle comprend le haut de plage (micro-falaise) et la haute-plage, soit une largeur estimée de 20 à 30 m. Cette bande de terrain n'est pas rectiligne puisqu'elle épouse les contours changeants de la plage et qu'elle doit supporter les aménagements liés aux bâtiments installés au sud de la rue Labrie. La plupart de ceux-ci semblent s'être installés à cet endroit entre 1950 et 1982 comme l'indique la comparaison des deux photos aériennes (figures 2 et 3). Le côté nord de la rue Labrie regroupe le bas des lots originaux du canton de Manicouagan 22 à 41.

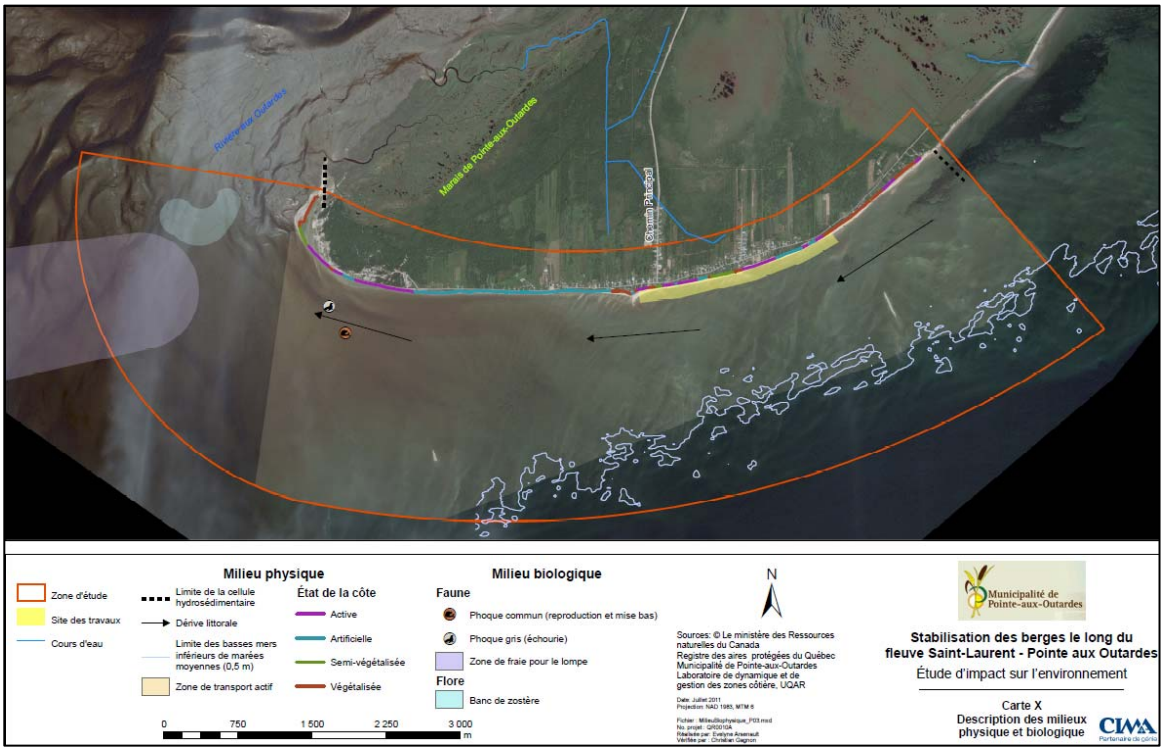


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (trait rouge) et du site des travaux (bande jaune)



Figure 2 : Photographie aérienne du 24 mai 1950, montrant le site des travaux (source : Photothèque nationale de l'air, échelle 1 / 40 000)



Figure 3 : Photographie aérienne du 30 août 1982, montrant le site des travaux (source : Photothèque nationale de l'air, échelle 1 / 20 000)

1.3 État des connaissances en archéologie

L'examen du registre de l'inventaire des sites archéologiques du Québec ('ISAQ) du ministère de la Culture, des Communications et de la condition féminine du Québec (MCCCFQ), indique qu'entre 1976 et 2011, sept inventaires archéologiques ont été menés dans l'ensemble du territoire adjacent à la municipalité de Pointe-aux-Outardes, soit à l'intérieur d'une zone mesurant environ 30 km de longueur par 20 km de largeur, s'étendant de Ragueneau à Baie-Comeau. De celles-ci, deux inventaires archéologiques concernent plus particulièrement Pointe-aux-Outardes : l'inventaire des archéologues Denis Émond et André Cyr (1979) à la Pointe-du-Bout et celui de l'archéologue Jean-Yves Pintal (2003e) le long du Chemin Principal qui relie la route 138 à la rue Labrie. Aucune de ces deux expertises n'a permis la mise au jour d'un site archéologique dans les limites de la municipalité de Pointe-aux-Outardes.

Par ailleurs, la consultation du registre (ISAQ) révèle un total de 44 sites archéologiques situés dans un territoire adjacent à l'aire d'étude. De ces sites, aucun ne se retrouve dans l'aire d'étude (site des travaux). Les sites répertoriés ont été répartis en quatre secteurs (péninsule de Manicouagan ; Baie-Comeau ; Rivière-aux-Outardes sud et Ragueneau) déterminés par leur distance et leur localisation en relation avec le secteur à l'étude (site des travaux). Les caractéristiques privilégiées pour chacun des sites sont l'altitude, la localisation et les détails pertinents au contenu du site (matériel archéologique et structure d'aménagement). L'analyse de ces données permet d'évaluer le potentiel archéologique du site des travaux de Pointe-aux-Outardes en fonction de sa localisation relativement aux autres sites régionaux et aux occupations déjà connues sur le territoire.

1.3.1 Sites archéologiques du secteur de la péninsule de Manicouagan

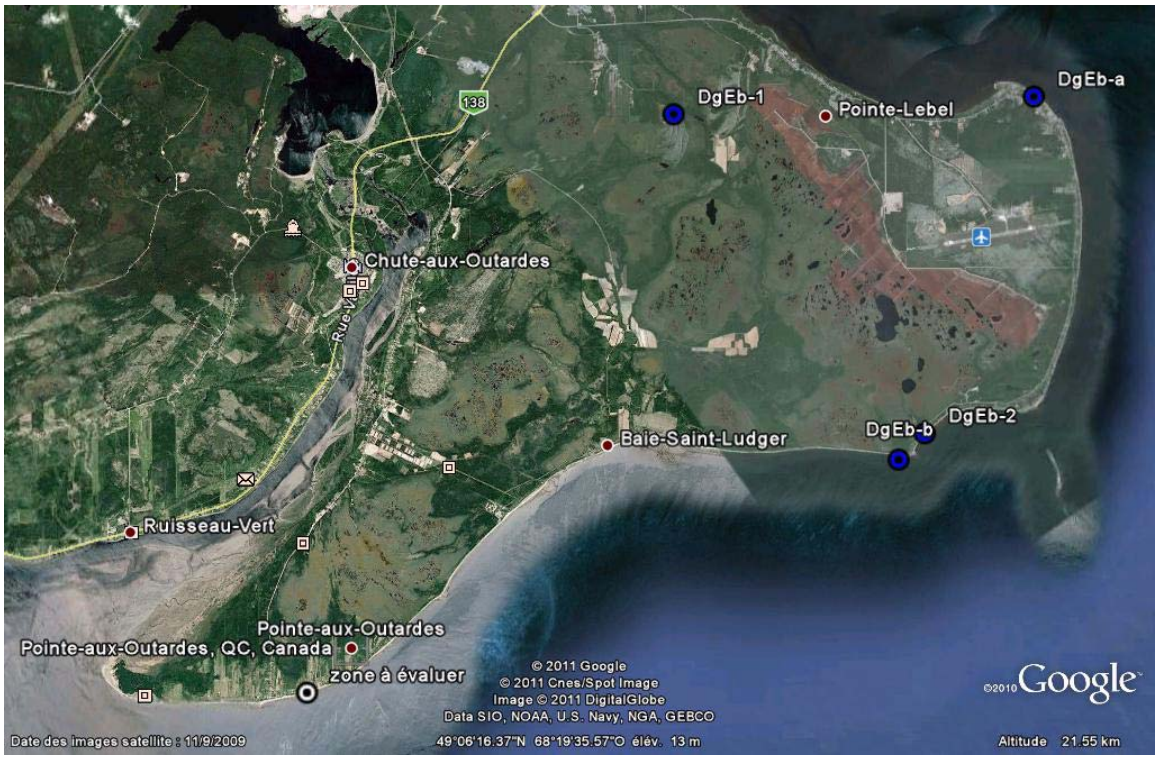


Figure 4 : Localisation des sites archéologiques de la péninsule de Manicouagan (source ISAQ).

Tableau 1 : Identification et description des sites archéologiques du secteur de la péninsule de Manicouagan				
Nom	Alt.	Localisation	Identité culturelle	Détails
DgEb-a	3	Sur la rive sud de la rivière Manicouagan, à son embouchure. Près du 21, rue Chouinard à Pointe-Lebel	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Découverte fortuite d'une hache polie
DgEb-b		Au sud-ouest de Pointe Paradis sur les battures, à Pointe-Lebel	Euroquébécoise indéterminée	Découverte fortuite d'une épave submergée
DgEb-1	30	À quelques kilomètres au nord de l'embouchure de la rivière Saint-Athanase, à Pointe-aux-Outardes	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage
DgEb-2		Sur la plage de Pointe Paradis, à l'ouest du ruisseau, dans l'Anse à la Peinture, à Pointe-Lebel.	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Découverte fortuite d'une pointe de projectile

Les sites archéologiques répertoriés sur la péninsule de Manicouagan sont situés à une distance moyenne de 14 à 19 km du site des travaux, vers l'est. Parmi ceux-ci, trois (DgEb-a, DgEb-1, DgEb-2) correspondent à des occupations amérindiennes préhistoriques indéterminées (12 000 à 450 ans AA) et le dernier site (DgEb-b) correspond, pour sa part, à une épave submergée de la période euroquébécoise indéterminée (voir tableau 1). Deux de ces sites (DgEb-a et DgEb-2) se retrouvent dans un contexte de plage, un dans un contexte de battures (DgEb-b) tandis que le quatrième se trouve à l'intérieur des terres à une altitude d'environ 30 mètres (DgEb-1).

En raison de similitudes environnementales (haut de plage (micro-falaise) et la haute-plage) des sites archéologiques DgEb-a et DgEb-2 avec la zone à l'étude (site des travaux), ces derniers fournissent une indication quand au type d'établissement (amérindien préhistorique) qu'il est plausible de mettre au jour dans ce contexte.

1.3.2 Sites archéologiques du secteur de Baie-Comeau



Figure 5 : Localisation des sites archéologiques de Baie-Comeau (source ISAQ)

Tableau 2 : Identification et description des sites archéologiques du secteur de Baie-Comeau				
Nom	Alt.	Localisation	Identité culturelle	Détails
DhEb-1	46	Sur le campus du Cégep de Baie-Comeau. Sur la rive est de la rivière Manicouagan, dans le haut du parc de la Falaise	Amérindienne préhistorique archaïque ancien ou inférieur (9500 à 7 000 ans AA) ; Amérindienne préhistorique archaïque moyen (7000 à 5 500 ans AA).	Foyers, atelier de taille
DhEb-2	45	Rive ouest, près de l'embouchure de la rivière Manicouagan à Pointe-aux-Outardes	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage, couteau (biface) en pierre
DhEb-3	60	Rive est de la rivière Manicouagan, près de son embouchure à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Fragments d'outils en pierre et éclats de débitage
DhEb-4	60	Rive est de la rivière Manicouagan, près de son embouchure à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage
DhEb-5		Rive ouest de la rivière Amédée à Baie-Comeau	Euroquébécoise (1900-1950)	Moulin, poste de traite céramique, métal
DhEb-6	50	1,10 kilomètre au nord-est d'une baie de la rivière Manicouagan à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA)	Éclats de débitage
DhEb-7	60	1,65 kilomètre au nord-est d'une baie de la rivière Manicouagan à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA) ; Amérindienne préhistorique sylvicole moyen (2 400 à 1 000 ans AA)	Couteau (biface) en pierre et éclats de débitage
DhEb-8	7	Parc des Explorateurs, à 5 mètres de la rivière Manicouagan au nord et à 25 mètres au nord-ouest d'un stationnement sur un cran rocheux à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA)	Foyers, éclats de débitage
DhEb-9	10	Sur un replat dans la baie au sud ouest du parc de la Falaise à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA)	Foyers, éclats de débitage, couteau (biface) en pierre
DhEb-10	10	Sur le replat entre la baie au nord ouest et DhEb-9 du parc de la Falaise à Baie-Comeau	Amérindienne historique ancien (1500 à 1899)	Foyer, poêle, couteau, grattoir , éclats de débitage , pierres à fusil
DhEb-11	5	Parc de la Falaise, au nord ouest d'une large baie et à l'est du cran rocheux à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique sylvicole supérieur (1 000 à 450 ans AA)	Foyers, grattoir, racloir, couteau (biface), hache, pointe, percuteur, mortier, éclats de débitage

DhEb-12	15	Dans le sentier principal qui relie la rivière Amédée au fleuve à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA) ; Euroquébécoise (1800-1899) Euroquébécoise (1900-1950)	Foyers, habitation, céramique euro-québécoise, verre, bouteille, clou, éclats de débitage
DhEb-13	5	Près de l'embouchure de la rivière Manicouagan, au sud de la station de pompage sur le boulevard Schmon à Baie-Comeau	Amérindienne préhistorique sylvicole supérieur (1 000 à 450 ans AA) ; Amérindienne historique ancien (1500 à 1899) Euroquébécoise (1760-1899)	Fragments d'outils en pierre, éclats de débitage, couteau Céramique euro-québécoise, pipe, bouteille, verre.
DhEc-3	50	150 mètres de la rive ouest de la rivière Manicouagan, en amont du barrage McCormick	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA)	Éclats de débitage
DhEc-4	55	375 mètres de la rive ouest de la rivière Manicouagan, en amont du barrage McCormick	Amérindienne préhistorique archaïque (9 500 à 3 000 ans AA)	Couteau (biface) en pierre, pointe, éclats de débitage
DhEc-5	60	550 mètres de la rive ouest de la rivière Manicouagan, en amont du barrage McCormick	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Nucleus, éclats de débitage

Le secteur de Baie-Comeau compte 16 sites archéologiques (voir tableau 2). La portion centrale de ce secteur est située à environ 20,5 kilomètres au nord-est du secteur à l'étude. Neuf sites sont localisés à plus de 45 m au-dessus du niveau de la mer, tandis que les autres se situent entre 5 et 15 m d'altitude.

L'analyse des ces sites archéologiques à dominance amérindienne préhistorique montre que ces derniers se retrouvent à une altitude élevée (entre 45 m et 60 m) et se localisent en majorité à l'ouest de Hauterive, à proximité de la rivière Manicouagan, à l'exception des sites DhEb-1 et DhEb-2 qui eux, se situent respectivement à Hauterive et sur la rive ouest de la rivière Manicouagan.

Le site DhEb-1, localisé sur le plateau du parc de la Falaise, a livré un assemblage artefactuel composé de 39 outils en pierre, 2 893 éclats de débitage et des os calcinés répartis dans deux structures de combustion (foyers). L'analyse au carbone 14 (^{14}C) d'un des foyers a livré la date de 7 410±110 ans AA, ce qui en fait un des plus anciens sites archaïques datés de la Haute-Côte-Nord. À cette époque, le niveau de la mer étant plus élevé, le plateau abritant le site constituait la rive de la rivière Manicouagan (Dubreuil 1987). Quant au site DhEb-2, celui-ci a donné quelques artefacts d'origine amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA) en surface d'un sol perturbé.

Quatre autres sites à haute altitude sont localisés au nord-ouest de l'embouchure de la rivière Manicouagan. Les sites DhEb-3 et DhEb-4 ont livré des fragments d'outils en pierre et des éclats de débitage en surface d'un sol bouleversé ne pouvant être associés à une période culturelle amérindienne préhistorique précise. Le site DhEb-6, pour sa part, a fourni 200 éclats de débitage associés à la période de l'archaïque (9 500 à 3 000 ans AA) (Cérane 1989k) et le site DhEb-7 a livré un couteau (biface) en pierre et des éclats de débitage. Ce dernier site comprend

une occupation à l'Archaïque (9 500 à 3 000 ans AA) et une autre au Sylvicole moyen (2 400 à 1 000 ans AA) (Pintal 1995). Enfin, la liste des sites à haute altitude se complète avec trois autres sites situés sur la rive ouest de la rivière Manicouagan, à la hauteur du barrage McCormick. Ainsi, les sites DhEc-3, DhEc-4 et DhEc-5 ont livré du matériel amérindien préhistorique lithique (couteau (biface), pointe, nucleus et éclats de débitage) dans un sol remanié; deux sites (DhEc-3, DhEc-4) ont été attribués à la période de l'archaïque ancien (9 500 à 7 000 ans AA) et le troisième (DhEc-5) est d'identité amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA) (Cerane 1989k).

Par ailleurs, six sites archéologiques à composante amérindienne préhistorique et historique se situent à une altitude de moins de 15 m. À l'ouest de Hauterive, sur la rive est de la rivière Manicouagan, le site DhEb-8 a livré des foyers et des éclats de débitage dans un sol non perturbé. Dans le parc de la Falaise, les sites DhEb-9, DhEb-10 et DhEb-11 ont aussi livré des foyers en association avec du matériel lithique varié (couteaux (bifaces), grattoirs, racloirs). Les sites DhEb-8, DhEb-9 ont des composantes culturelles reliées à la période de l'Archaïque (9 500 à 3 000 ans AA). le site DhEb-11 est pour sa part associé à une occupation amérindienne préhistorique du Sylvicole supérieur (1 000 à 450 ans AA) et l'identité culturelle de DhEb-10 est reliée à la période amérindienne historique ancienne (1500 à 1899).

Enfin, deux autres sites de faible altitude se localisent sur le littoral du fleuve au sud de Baie-Comeau. Le site DhEb-12 a fait l'objet d'un inventaire et d'une fouille (Pintal 1994) qui ont permis la mise au jour de foyers et d'éclats de débitage attribuables à la culture de l'Archaïque (9 500 à 3 000 ans AA). On y a aussi découvert des vestiges euroquébécois et des artefacts de la période 1800-1950. Quant à DhEb-13, les fouilles ont permis la découverte de divers outils lithiques et des éclats de débitage dans un contexte culturel associé au Sylvicole supérieur (1 000 à 450 ans AA) et à la période amérindienne historique (1500-1899). Notons également la présence d'artefacts euroquébécois (fragment de fourneau de pipe, tessons de vase, bille, verre, pierre à fusil) témoignant d'occupations euroquébécoises (1760-1899). Cette multiplicité des occupations observée dans un contexte stratigraphique intact fait l'intérêt du site (Dubreuil 1987) (Pintal 1996).

Soulignons, en dernier lieu, le site euroquébécois DhEb-5 localisé sur la pointe sud-est de Hauterive. Ce site dénommé le Vieux-Poste, correspond à un poste de traite, un moulin et une scierie datés du début du 20^{e} siècle.

1.3.3 Sites archéologiques du secteur de la Rivière-aux-Outardes sud

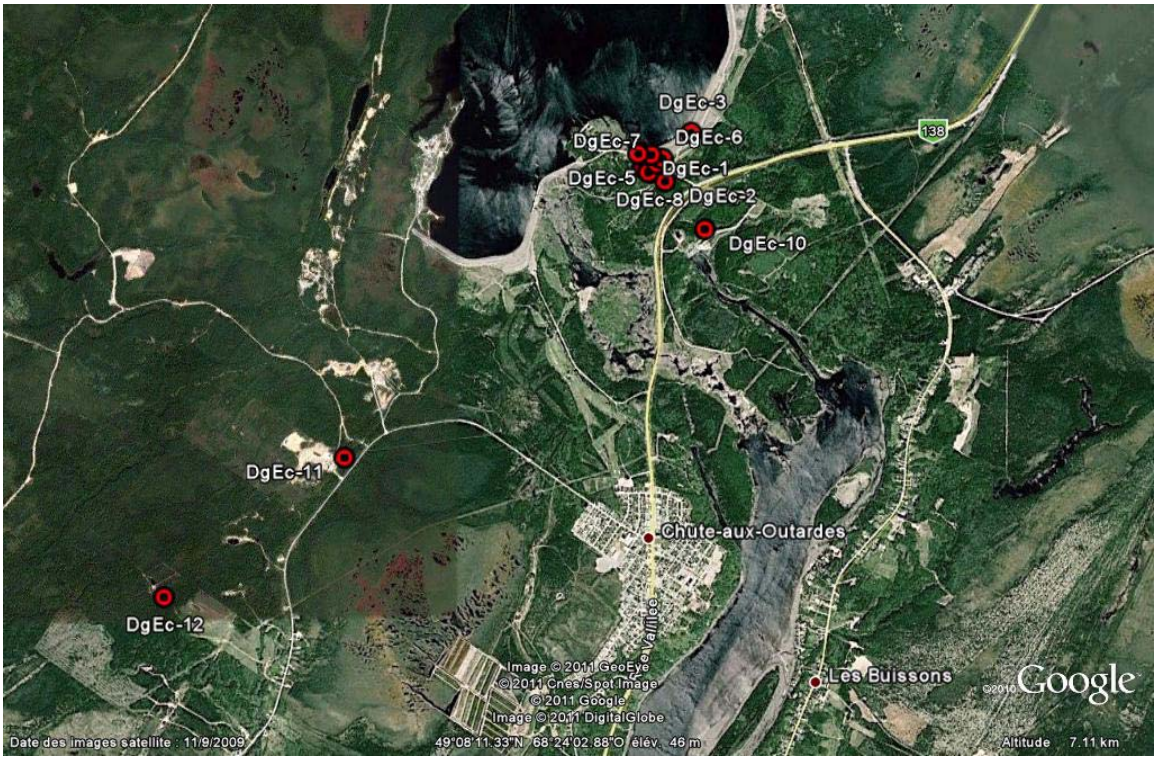


Figure 6 : Localisation des sites archéologiques de la Rivière-aux-Outardes sud (source ISAQ)

Tableau 3 : Identification et description des sites archéologiques du secteur de la Rivière-aux-Outardes sud				
Nom	Alt.	Localisation	Identité culturelle	Détails
DgEc-1	76	Rive est de la rivière aux Outardes, au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindienne préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Éclats de débitage
DgEc-2	76	Rive est de la rivière aux Outardes, à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindien préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Couteau, biface, microlame, racloir, grattoir, pointe, perçoir, ébauche, éclats de débitage
DgEc-3	76	Rive est de la rivière aux Outardes à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindienne préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Grattoir, ébauche, éclats de débitage
DgEc-4	76	Rive est de la rivière aux Outardes	Amérindienne préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Grattoir, éclats de débitage

DgEc-5		Rive est de la rivière aux Outardes au nord du village Chute-aux-Outardes	Amérindienne préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Couteau, biface, microlame, racloir, grattoir, pointe, perçoir, ébauche, éclats de débitage
DgEc-6	76	Rive est de la rivière aux Outardes, à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes.	Amérindienne préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Couteau, éclats de débitage
DgEc-7	76	Rive est de la rivière aux Outardes, à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindien préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage
DgEc-8	76	Rive est de la rivière aux Outardes, à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindienne préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Couteau, racloir, grattoir, pointe, éclats de débitage
DgEc-9	76	Rive est de la rivière aux Outardes, à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindien préhistorique sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA)	Ébauche, éclat de débitage, grattoir, racloir, pointe, microlame
DgEc-10		Rive est de la rivière aux Outardes, à quelques kilomètres au nord de Chute-aux-Outardes	Amérindien préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Herminette
DgEc-11	76	À Chute-aux-Outardes, dans une gravière au nord-ouest de la ville.	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclat retouché
DgEc-12	73	Dans une gravière, à environ 500 mètres au nord de la rivière à la Truite.	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Fragment d'outil en pierre

Douze sites archéologiques ont été localisés dans la partie sud de la Rivière-aux-Outardes (voir tableau 3). La position centrale de la localisation de ces sites se situe à environ 10,5 km au nord du secteur à l'étude (site des travaux).

Les sites DgEc-1 à DgEc-10 sont localisés près de la Rivière-aux-Outardes, au nord de Chute-aux-Outardes, tandis que les sites DgEc-11 et DgEc-12 se retrouvent au sud-ouest de la municipalité. L'altitude de ces sites se situe entre 73 et 76 mètres. Leurs contextes archéologiques ont tous été bouleversés par les activités de machinerie lourde liées à la construction du barrage hydro-électrique sur la Rivière-aux-Outardes. Les travaux des archéologues Groison et Mandeville (1975) ont attribué à huit de ces sites (DgEc-1à DgEc-6; DgEc-8 et DgEc-9) une affiliation culturelle au Sylvicole inférieur (3 000 à 2 400 ans AA). Le matériel artefactuel des autres sites (DgEc-7, DgEc-10 à DgEc-12DgEc-1 n'a pas permis une affiliation aussi précise se contentant des les affilier à une période amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 AA).

1.3.4 Sites archéologiques du secteur de Ragueneau



Figure 7 : Localisation des sites archéologiques de Ragueneau (source ISAQ)

Tableau 4 : Identification et description des sites archéologiques du secteur de Ragueneau				
Nom	Alt.	Localisation	Identité culturelle	Détails
DgEd-1	12	Sur une terrasse, donnant sur la baie à Chouinard, à environ 35 mètres du bord du fleuve à Ragueneau	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage
DgEd-2	12	Sur une terrasse, donnant sur la baie à Chouinard, à environ 35 mètres du bord du fleuve à Ragueneau	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Pointes de projectiles, éclats de débitage
DgEd-3	8	Sur une terrasse, donnant sur la baie à Chouinard, à environ 54 mètres du bord du fleuve à Ragueneau	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	fragment d'outil, éclats de débitage
DgEd-4	8	Sur un plateau rocheux, côtier, à environ 15 mètres du bord du fleuve dans la baie à Chouinard à Ragueneau	Amérindienne préhistorique sylvicole supérieur tardif (650 à 450 ans AA) ; Amérindienne historique ancien (1500 à 1899) ; Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage, pierre à fusil, cuir

Tableau 4 : Identification et description des sites archéologiques du secteur de Ragueneau				
Nom	Alt.	Localisation	Identité culturelle	Détails
DgEd-5	8	Au nord du Cap de Ragueneau, à environ 100 mètres du bord du fleuve.	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Couteau, éclats de débitage
DgEd-6	10	Sur un plateau rocheux, côtier, près du chemin menant à un grand quai et à environ 50 mètres du bord du fleuve dans la baie à Ti-Jos	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 AA)	Fragment d'outil, éclats de débitage
DgEd-7	15	Sur un plateau rocheux, côtier, à l'est de la baie de Ti-Jos à environ 75 mètres du bord du fleuve	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Fragment d'outil, éclats de débitage, racloir
DgEd-8	19	À l'est du ruisseau "chez Tremblay" et à environ 250 mètres du bord du fleuve	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Fragment d'outil, éclats de débitage
DgEd-9	8	Sur un plateau rocheux, côtier, à l'est de la baie à Ti-Jos et à environ 45 mètres du bord du fleuve	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA) ; Euroquébécoise indéterminée	Fragment d'outil, éclats, pierre à fusil, clou
DgEd-20	3	Palier de 3 mètres à l'extrémité nord de l'île Blanche	Amérindienne préhistorique sylvicole supérieur tardif (650 à 450 ans AA)	Tesson de vase, éclats de débitage
DgEd-21	12	Associé au palier de 12 à 15 mètres du tiers nord de l'île Blanche	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Outils en pierre polie
DgEd-22	6	Associé au palier de 6 mètres à l'extrémité nord de l'île Blanche, à 30 mètres au sud-ouest de DgEd-20	Amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA)	Éclats de débitage

Douze sites archéologiques sont localisés dans le secteur de Ragueneau et la position centrale de ces sites est située à environ 10,5 km à l'ouest du secteur à l'étude (site des travaux) dans un contexte littoral fluviatile comparable à celui de Pointe-aux-Outardes (voir tableau 4). L'ensemble de ces sites est localisé à une altitude inférieure à 20 mètres. Les sites DgEd-1, DgEd-2 et DgEd-3 sont situés sur une terrasse adjacente à la baie Chouinard. Ils ont livré des pointes de projectiles et des éclats de débitage dont le contexte culturel n'a pu être précisé au-delà d'amérindien préhistorique indéterminé (12 000 à 450 ans AA). Les sites DgEd-4 à DgEd-7 ainsi que DgEd-9, qui sont localisés sur des plateaux rocheux près du fleuve Saint-Laurent, au sud-ouest de Ragueneau, partagent tous également une identité amérindienne préhistorique indéterminée. Il est à noter que le site DgEd-9 comprenait également du matériel euroquébécois dont la période chronologique reste indéterminée. Par contre, le site DgEd-4 a fourni des éléments artefactuels permettant de relier ce site à la période du sylvicole supérieur tardif (650 à 450 ans AA) et à une occupation amérindienne historique (1500-1899). Le site DgEd-8, pour sa part, se situe à environ 250 m du fleuve et son altitude est de 19 m. L'identité culturelle du matériel collecté est amérindienne

préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA). Enfin, l'Île Blanche, au sud-ouest de Ragueneau, abrite trois sites. Deux de ceux-ci sont de culture amérindienne préhistorique indéterminée (12 000 à 450 ans AA) (DgEd-21et DgEd-22) alors que le troisième (DgEd-20) a livré des tessons de vase et du matériel lithique le reliant au Sylvicole supérieur tardif (650 à 450 ans AA)

2.0 MÉTHODOLOGIE

2.1 Les objectifs

L'étude de potentiel archéologique est une approche théorique qui vise à identifier les emplacements où des sites archéologiques peuvent être présents dans une superficie prédéterminée. Les sites archéologiques sont souvent imperceptibles à la surface du sol, et l'étude de potentiel archéologique s'avère souvent nécessaire pour planifier la recherche archéologique. L'étude de potentiel peut permettre de localiser des zones où il est possible d'y découvrir des vestiges archéologiques.

L'étude de potentiel archéologique nécessite de recueillir toutes les données relatives à l'occupation humaine pendant les périodes préhistoriques et historiques. Ces données peuvent permettre de caractériser les occupations humaines dans divers contextes géographiques et paléogéographiques. Cette caractérisation permet de définir un ou des modèles prédictifs qui servent à déterminer et délimiter des zones à potentiel archéologique. Toutefois, en ce qui a trait aux contextes d'occupations humaines pendant la période euroquébécoise, ce sont des données d'archives, textuelles et cartographiques qui servent à cette détermination et délimitation des zones à potentiel archéologique.

L'étude de potentiel archéologique permet donc d'établir un corpus documentaire qui, appuyé par une cartographie, permet de comprendre l'évolution de l'organisation spatiale du paysage naturel et culturel dans un milieu donné. Elle fournit aussi un outil de gestion et de planification qui peut être utilisé dans le processus de sauvegarde et de mise en valeur des biens archéologiques.

L'étude de potentiel se subdivise en deux volets :

- Le potentiel archéologique amérindien (préhistorique et historique).
- Le potentiel archéologique euroquébécois.

2.2 Le potentiel archéologique amérindien (préhistorique et historique)

L'étude de potentiel archéologique amérindien vise à identifier, à l'aide de caractéristiques environnementales et culturelles, des zones à potentiel archéologique. Une zone est ainsi définie lorsqu'il y a une probabilité d'y retrouver des traces d'occupations amérindiennes anciennes, des périodes préhistorique et historique.

Ces groupes humains, dont le mode de vie reposait sur l'exploitation des ressources naturelles, possédaient une connaissance de leur environnement. Cette connaissance s'applique particulièrement au milieu physique, climatique et biologique.

L'étude de potentiel archéologique doit donc prendre en compte non seulement une connaissance particulière des avantages et des contraintes de l'environnement naturel récepteur, mais elle doit aussi chercher à expliquer dans quel cadre a pu s'opérer la relation dynamique entre des groupes humains et leur milieu. Ainsi, la sélection de « zones à potentiel archéologique » découle de la prémisse que, synchroniquement, la présence d'un site archéologique amérindien à un endroit donné n'est pas aléatoire, et qu'elle est déterminée par des facteurs environnementaux (topographie, hydrographie, biomasse), ainsi que par des facteurs socioculturels (territorialité, géopolitique, pression démographique, croyance, etc.) propres à chaque groupe humain. L'étude de potentiel, en analysant ces caractéristiques ou des combinaisons de caractéristiques ayant trait à l'environnement naturel et culturel, peut identifier, dans un espace donné, des zones où il existe une certaine probabilité d'y mettre au jour des vestiges d'occupations humaines anciennes.

L'évaluation du potentiel archéologique amérindien a été réalisée, d'une part grâce à l'analyse des données archéologiques régionales qui a permis de mieux saisir certaines particularités concernant les schèmes d'établissement et les voies de circulation des populations autochtones qui ont fréquenté le territoire de la zone d'étude. D'autre part, l'interprétation de photographies aériennes au 1:15 000, de cartes topographiques aux échelles variées (1 : 50 000 et 1 : 20 000) et de cartes et plans géologiques et de matériaux de surface de la région de la zone d'étude, a permis d'identifier des caractéristiques environnementales (formes de terrain, dépôts bien drainés, localisation, accessibilité, cours d'eau et plans d'eau, perturbations, etc.) propices à l'occupation humaine. Cette collecte de données fut complétée par une consultation des données environnementales publiées (géomorphologie, géologie, pédologie, hydrographie et biomasse) permettant de mieux comprendre l'évolution du paysage depuis la dernière glaciation et l'implication de cette évolution par rapport à son habitabilité par des groupes humains. L'analyse de ces données a permis de sélectionner des critères permettant de délimiter des zones favorables à la présence humaine pendant la période préhistorique et la présence amérindienne pendant la période historique.

2.3 Le potentiel archéologique euroquébécois

De façon générale, l'étude de potentiel archéologique de la période euro-québécoise a aussi comme objectif d'identifier les emplacements susceptibles de contenir des traces d'occupations humaines anciennes. Toutefois, dans ce cas, il est des traces d'occupations, qui sont parfois plus visibles ou perceptibles à la surface du sol. Les emplacements sont aussi parfois révélés par la cartographie ancienne ou la documentation historique. Ces indices ou ces données peuvent témoigner de l'occupation humaine dans une zone étudiée, et possiblement de son évolution. Les divisions cadastrales, les axes routiers, le bâti ancien, etc. peuvent aussi permettre de situer des zones initiales de peuplement, de suivre l'évolution de l'espace aménagé et de comprendre les particularités de l'occupation et de l'exploitation du territoire.

Ainsi, les deux principales composantes associées à l'occupation historique d'un territoire se définissent d'une part, par le fait que cette occupation se fait généralement dans un contexte de continuité, où les traces matérielles et

humaines s'ajoutent, ou se remplacent et, d'autre part, par le fait que cette occupation entraîne nécessairement des aménagements de l'espace, dont les traces peuvent encore être perceptibles.

L'approche privilégiée lors de l'étude de potentiel archéologique repose essentiellement sur le postulat suivant : le paysage culturel est le produit des choix qu'effectuent les individus dans leurs façons d'occuper, d'exploiter et d'aménager l'espace. En d'autres mots, le paysage d'aujourd'hui est le reflet cumulatif de l'ensemble des actions des êtres humains dans leurs rapports sociaux et dans leur utilisation de l'espace.

Dans le cadre de cette étude, la notion de zone à potentiel archéologique revêt un sens assez général. En effet, il ne s'agit pas de tenter de localiser précisément tous les emplacements archéologiques historiques potentiellement présents dans une zone d'étude ainsi que la nature de ces emplacements. Il s'agit plutôt de circonscrire des espaces pouvant recéler des concentrations de tels vestiges.

Le potentiel archéologique de la période euroquébécoise a été évalué essentiellement à partir de l'analyse des sources documentaires et iconographiques. Les principales sources consultées furent les monographies, thèses, études historiques et plans anciens.

3.0 MILIEU PHYSIQUE

3.1 Physiographie du secteur à l'étude (site des travaux)

La zone d'étude fait partie de la région naturelle de la Plaine de la Haute et de la Moyenne-Côte-Nord. Celle-ci correspond à une longue frange côtière où le relief est généralement plat. À l'époque glaciaire, l'Inlandsis laurentidien recouvrait la région de la zone d'étude. Lors du retrait des glaces, amorcé il y a environ 14 000 ans, la mer post-glaciaire de Goldthwait a graduellement envahi une partie du continent libéré des glaces sur ce qui est aujourd'hui la Côte-Nord du Saint-Laurent. Cette transgression marine a probablement débuté vers 11 500 à 12 000 AA. La limite marine, il y a environ 10 000 ans, atteignait 23 km au nord de l'actuel rivage de Ragueneau. Durant cette transgression marine, des sédiments fins se sont déposés en eau profonde et les collines rocheuses bordant cette mer ont pour leur part été délavées, débarrassées de leurs dépôts meubles et laissés à nu (Genivar 2006).

L'effet du soulèvement de la croûte terrestre à la suite de la fonte progressive des glaces a entraîné le recul des eaux marines et la migration vers le sud de la frange côtière. Des dépôts deltaïques se trouvaient alors en marge du glacier. La rivière des Outardes s'est alors encaissée dans les dépôts deltaïques en les érodant. Ces sédiments plus grossiers, constitués majoritairement de sable et de gravier, ont alors été déposés sur les argiles marines. De vastes deltas sablonneux se sont alors formés à l'embouchure des trois principales rivières de la région (Betsiamites, Outardes et Manicouagan). Suite au dépôt de ces sables et en conjugaison au relèvement isostatique simultané des rives et à l'action hydrodynamique de la mer, on assista progressivement à l'émergence de la péninsule Manicouagan.

La péninsule de Manicouagan doit donc sa formation à la mise en place de dépôts meubles au cours de la dernière période glaciaire et post glaciaire. Après le retrait des glaces, la mer de Goldthwait, aurait recouvert la péninsule et aurait favorisé la déposition de sédiments marins sur le littoral Nord-côtier actuel (Cima+ 2011).

D'autre part, le retrait des glaciers vers le nord serait à l'origine des dépôts deltaïques de la péninsule qui auraient été incisés par l'écoulement des eaux de fonte, suite au retrait de cette mer glaciaire. Ainsi, la combinaison des deltas emboités des rivières Manicouagan et aux Outardes, forment une plaine côtière étagée caractérisée par des niveaux de terrasses marines et fluviales. Sur les plus hauts replats, on peut aussi observer quelques collines rocheuses d'origine précambrienne (Cima+ 2011).

La compacité des dépôts deltaïques est variable. Les sables fins à moyens, stratifiés et bien triés, forment la majeure partie des talus ou des falaises de la région de Pointe-Aux-Outardes. Sur la côte de Pointe-aux-Outardes, on observe un talus composé d'argile à sa base, surmontée d'une unité de sable (Cima+ 2011).

La péninsule de Manicouagan constitue en elle-même une unité sédimentaire. Le secteur d'étude situé à Pointe-aux-Outardes est limité à l'ouest par l'estuaire de la rivière aux Outardes et à l'est par l'anse de la Grosse-Pointe. Cette dernière présente une plage sableuse qui s'étend sur une longueur de près de 8 km, laquelle est limitée à l'est par les exutoires de deux ruisseaux et à l'ouest par la flèche sableuse, appelée Pointe-du-Bout. Le littoral de Pointe-aux-Outardes est généralement exposé aux vents et aux vagues provenant du sud au sud. Le site des travaux est toutefois orienté sud-sud-est. Rectiligne dans son ensemble, la configuration du trait de côte présente certaines irrégularités engendrées par les infrastructures anthropiques (encoche, cicatrices longitudinales, traces d'effet de bout, petit ravin, etc.) ou par différents processus associés au ruissellement de surface (suffosion, ravinement, etc.) (Cima+ 2011).

4.0 L'OCCUPATION AMÉRINDIENNE

4.1 L'habitabilité

Les données paléoenvironnementales indiquent que la zone à l'étude (site des travaux) fait partir d'une bande littorale dont la portion supérieure n'aurait été exondée qu'entre 3 280 et 3 150 AA si l'on se fie aux données récoltées dans la région de Baie Sainte-Catherine (Plourde 1993). Cela signifierait que l'occupation humaine la plus ancienne pourrait être associée à la période amérindienne préhistorique du Sylvicole inférieur datée entre 3 000 ans à 2 400 ans AA.

4.2 La présence amérindienne

La période paléoindienne (12 000 ans AA à 8 000 ans AA)

La période paléoindienne correspond à l'époque initiale du peuplement humain de la région du Nord-Est américain. Le Paléoindien se divise en deux phases : une phase ancienne (12 500 ans AA à 10 000 ans AA) et une phase récente (10 000 ans AA à 8 000 ans AA) (Plourde 2006). C'est le caractère diagnostique des pointes de projectile qui permet de distinguer ces deux phases. La phase ancienne est caractérisée par la production de pointes de projectile à cannelure identifiées à des populations nommées Clovis et Folsom. La phase récente se distingue par une pointe

de forme lancéolée, retouchée parallèlement en pelure, caractéristique d'une culture nommée Plano. Cette période est caractérisée par le nomadisme des populations et un mode de subsistance basé sur la chasse et la cueillette. Ces populations étaient adaptées à l'exploitation d'une faune aujourd'hui en grande partie éteinte : mammouth, mastodonte, bisons, caribous, etc. Dans le Nord-Est américain, les caribous étaient vraisemblablement une ressource privilégiée par les paléoindiens, mais ceux-ci exploitaient également la biomasse locale. Les groupes paléoindiens étaient adaptés à un environnement froid de type subarctique. Au Québec, la région du lac Mégantic, dans L'Estrie, a livré des traces de culture matérielle datant entre 12 500 ans AA et 12 200 AA, qui peuvent être associées au Paléoindien ancien (Chapdelaine et coll. 2007). Plus près de la zone à l'étude, les sites archéologiques les plus anciens actuellement connus au sud de l'estuaire du Saint-Laurent sont de la phase du Paléoindien récent (entre 9 000 ans AA et 8 000 ans AA). Le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie forment une des régions les plus importantes de cette période, avec près d'une cinquantaine de sites qui y ont été découverts à ce jour. Le contexte géomorphologique de ces sites archéologiques indique qu'ils sont associés, pour la plupart, à d'anciennes rives de la mer postglaciaire de Goldthwait (Plourde 2006).

Compte tenu des caractéristiques du milieu physique et de celles des sites archéologiques connus dans la région de la zone d'étude, il n'existe pas de possibilité de retrouver dans la zone d'étude (site des travaux) des sites de cette période.

La période de l'Archaïque (8 000 ans AA à 3 000 ans AA)

La période de l'Archaïque fait référence à des manifestations culturelles variées. Celles-ci se retrouvent dans un intervalle de temps compris entre la disparition des traits distinctifs du Paléoindien récent et l'apparition de la technologie céramique du Sylvicole. La période de l'Archaïque est divisée en trois phases : l'Archaïque ancien (8 000 ans AA à 7 000 ans AA), l'Archaïque moyen (7 000 ans AA à 5 500 ans AA) et l'Archaïque récent ou supérieur (5 500 ans AA à 3 000 ans AA). Sur des bases chronologiques et typologiques, la phase récente de l'Archaïque a été divisée en deux manifestations distinctes : l'Archaïque laurentien (5 500 ans AA à 4 200 ans AA) et l'Archaïque post-laurentien (4 200 ans AA à 3 000 ans AA). La période de l'archaïque se démarque de la période paléoindienne par le recours à une très grande variété de matériaux de taille de la pierre, aux qualités inégales, et par l'introduction de la technique du polissage de la pierre à partir de laquelle étaient fabriqués les haches, gouges, poids de filet, poids de propulseur et baïonnettes. L'emmanchement des pointes de projectile était assuré par des encoches ou un pédoncule. Le soin apporté à la finition et à la symétrie des outils taillés était moins important que pendant la période paléoindienne et plusieurs objets en os étaient fabriqués pour les besoins de la pêche. Cette période correspond également à l'introduction du cuivre natif dans l'attirail technologique. Les sites d'habitation étaient aussi plus variables dans leurs formes et fonctions (Plourde 2006).

Alors que les groupes paléoindiens récents occupaient le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie, des groupes de la période de l'Archaïque ancien, probablement issus des populations paléoindiennes anciennes arrivées précédemment, étaient présents plus au sud, en Nouvelle-Angleterre, ainsi qu'au nord-est, dans le détroit de Belle-Isle. D'autre part, au même moment, des groupes humains étaient déjà présents dans le Témiscouata et à Price ainsi qu'à l'embouchure de la rivière Chaudière, dans la région de Québec (Plourde 2006).

En ce qui concerne la Côte-Nord, le peuplement semble débuter à l'Archaïque ancien comme en font foi les sites de Tadoussac et de Baie-Comeau. Selon Pintal (2007), « … les conditions environnementales prévalant il y environ 9

500 ans permettaient une présence humaine, Toutefois, ces conditions étaient extrêmes et il est fort probable que le peuplement initial de la région n'a pas débuté avant 9 000 ans AA ». Plourde (1993) pense, quant à lui, que le territoire était habitable dès 7 000 ans AA, mais qu'il devient plus habitable à partir de 5 000 ans AA, en raison d'une stabilisation des conditions du milieu. Dans ce contexte, les caps rocheux et l'embouchure des rivières, qui fournissent des ressources en mammifères marins et en poissons, sont des emplacements propices à des établissements de courte ou de moyenne durée.

On a mis au jour des sites de l'archaïque moyen sur la Haute-Côte-Nord à Cap-de-Bon-Désir et à Baie-Comeau (DhEb-1). Ces sites sont petits et dispersés et on y a recueilli des outils et des déchets de taille de pierre près de petits foyers en forme de fosse. Les restes osseux qu'on y a recueillis sont liés à l'exploitation des ressources du littoral : phoques, morues, cétacés et castors (Pintal 2007). Certains secteurs semblent avoir été plus utilisés comme l'embouchure du Saguenay et la région de Baie-Comeau où on relève neuf sites attribuables à la période archaïque. De ceux-ci, le site DhEb-1 a fourni un matériel artefactuel important et une datation au carbone 14 (^{14}C) de 7 410 ans AA (Pintal 2007).Quant aux autres sites de la région de Baie-Comeau, la plupart s'échelonnent de l'Archaïque ancien à l'Amérindien historique ancien (1500-1899). L'identité culturelle de plusieurs sites est restée imprécise à cause de l'insuffisance de matériel diagnostique.

Compte tenu des caractéristiques du milieu physique et de celles des sites archéologiques connus dans la région de la zone d'étude, il n'existe pas de possibilité de retrouver dans la zone d'étude (site des travaux) des sites de cette période.

La période Sylvicole (3 000 ans AA à 450 ans AA)

Dans le Nord-Est américain, la période Sylvicole désigne la dernière tranche chronologique de la période de pré-contact qui correspond à l'apparition des vases en argile cuite. L'évolution morpho-stylistique des vases en céramique permet ainsi le découpage du Sylvicole en trois grands épisodes : le Sylvicole inférieur (3 000 ans AA - 2 500 ans AA à 2 400 ans AA), le Sylvicole moyen (2 400 ans AA à 1 000 ans AA) et le Sylvicole supérieur (1 000 ans AA à 400 ans AA). Dans la région de la plaine de Montréal, le Sylvicole correspond à une période caractérisée par une augmentation démographique constante et par un changement dans le mode d'utilisation du territoire et dans la mobilité des groupes. Cette tendance évoluera par la suite vers l'implantation de l'horticulture, qui s'ajoutera à un mode de subsistance axé sur la prédation et la cueillette, de même que vers une sédentarisation et une complexification de la structure sociale et politique (Plourde 2006).

Le Sylvicole est donc un concept qui, en plus de véhiculer un sens chronologique, supporte aussi une idée d'évolution culturelle. Ceci peut porter à confusion lorsqu'on étudie la préhistoire de régions qui se trouvent à la périphérie de l'espace sylvicole comme tel. Le marqueur qu'est la céramique n'a, par exemple, jamais constitué un élément important chez les populations du subarctique ou de la région du golfe du Saint-Laurent, quoique celles-ci en avaient acquis par échanges ou qu'elles en aient parfois fabriqué à partir de modèles méridionaux. Conséquemment, la découverte d'un site archéologique dans lequel on retrouve de la céramique, dans la région de l'estuaire ou du Témiscouata, soulève toujours la question de l'identité culturelle. Les sites à céramique sont-ils le produit d'une incursion de groupes méridionaux dans des territoires étrangers ou sont-ils des emplacements « autochtones » contenant des éléments technologiques empruntés ou copiés (P. Dumais 1991)?

Plusieurs sites sylvicoles ont été mis au jour un peu partout dans le sud du Québec. Sur la Haute-Côte-Nord, plusieurs sites du Sylvicole sont connus dans la région de Manicouagan. Ils sont localisés pour la plupart sur le littoral des rivières, des fleuves et des lacs et aux embouchures des rivières. Dans la région de Baie-Comeau, il faut noter un site du Sylvicole moyen (DhEb-7) et un autre du Sylvicole supérieur (DhEb-13). Quant à la Rivière-aux-Outardes, elle abrite sur son parcours huit sites attribués au Sylvicole inférieur (DgEc-1 à DgEc-6, DgEc-8, DgEc-9). Enfin, à Ragueneau on note un site reconnu du Sylvicole supérieur tardif (DgEd-4) (Plourde 1993).

Compte tenu des caractéristiques du milieu physique de la région de la zone d'étude et de celles des sites archéologiques connus, il existe une probabilité de retrouver des vestiges reliés à des occupations de cette période dans la zone d'étude (site des travaux).

Les Amérindiens de la période historique

Vers 1500, les Européens, attirés par la pêche à la baleine et la chasse aux phoques, commencent à fréquenter régulièrement l'estuaire du Saint-Laurent. À cette époque, toute la Côte-Nord est occupée par les Amérindiens de deux grandes familles linguistiques : Iroquoiens et Algonquiens. Les Innus (Montagnais) de Tadoussac et de Betsiamites fréquentent plus spécifiquement la Haute-Côte-Nord où ils occupent sensiblement les mêmes emplacements fréquentés au Sylvicole supérieur. Selon Plourde (1993), les Papinachois (Montagnais) fréquentent l'embouchure de la rivière Escoumins et longent la côte jusqu'à la rivière aux Outardes. D'autres groupes circulent aussi sur le territoire comme les Iroquoiens de la région de Québec et les Micmacs-Malécites de la rive sud du Saint-Laurent (Pintal 2007). La fin du Sylvicole est marquée par l'arrivée des Européens (Basques, Français, Anglais). Bien que leur mode de vie ancestral soit toujours présent, les interactions entre les arrivants et les Amérindiens apportent de subtils changements à la culture de ces ethnies semi-nomades. C'est la période de contact. La subsistance des autochtones était axée sur les ressources de l'intérieur des terres, en l'occurrence l'orignal, et il semble que la chasse aux mammifères marins s'accroit au XVIIIe siècle sous l'effet conjugué de la pénurie d'orignal et de la promotion de l'industrie de l'huile de loup-marin dans les postes côtiers (Plourde 1993).

Au 17e et 18e siècle, la colonisation française amène la création de postes de traite de fourrures le long de la Côte-Nord. Cette activité économique se poursuit au Régime anglais avec la Compagnie de la Baie d'Hudson (HBC) et persiste jusqu'au 20e siècle à certains endroits. Dans la région de la Haute-Côte-Nord, les principaux établissements sont : le poste Chauvin à Tadoussac (1599-1859), Bon-Désir près de Grandes-Bergeronnes (1600-1786), Portneuf (1653-1853), Ilets-Jérémie (1650-1859), Betsiamites (1733-), Papinachois (1680-1853), Pointe-à-la-Croix (1650-1770), Godbout (1670-1880) et Sept-Îles (1671-1935). La présence de ces postes favorise la sédentarisation des autochtones aux environs. Les missionnaires français y érigent des chapelles, mais le peuplement euroquébécois demeure limité. C'est ainsi que les populations autochtones de la région seront localisées dans des réserves et leurs complètes sédentarisations s'effectueront vers 1954.

Compte tenu des caractéristiques du milieu physique de la région de la zone d'étude et de celles des sites archéologiques connus, il existe une probabilité de retrouver des vestiges reliés à des occupations de cette période dans la zone d'étude (site des travaux).

4.3 Le potentiel archéologique amérindien

Les données qui concernent l'occupation amérindienne dans la région de la zone d'étude (secteur d'intervention) sont assez nombreuses et la détermination du potentiel, dans ce contexte, doit s'appuyer sur des notions théoriques, mais aussi des données archéologiques d'ordre comparatif pour définir l'habitabilité de la zone d'étude (secteur d'intervention), au cours des millénaires. Le concept d'habitabilité fait intervenir le paléoenvironnement, les facteurs biotiques et physiques, comme étant des éléments favorables ou contraignants pour l'établissement humain. Dans un contexte climatique favorable, les possibilités d'occupation humaine dépendent en grande partie de la disponibilité des ressources (eau, biomasse, matières premières) et des caractéristiques physiographiques (accessibilité, topographie, drainage du sol, type de dépôts, etc.). De plus, certains facteurs socioculturels (territorialité, géopolitique, pression démographique, croyances, etc.) ont pu jouer un rôle non négligeable dans le choix des espaces d'habitation ou d'exploitation des ressources.

Le front de mer de Pointe-aux-Outardes prend place dans un paysage géographique qu'il partage avec le littoral des municipalités voisines à l'est et à l'ouest. Les caractéristiques en sont une faible altitude et un environnement de basses-terres, de plages et de battures. Ces facteurs constituent la base de notre analyse des données archéologiques. Par ailleurs, les connaissances géomorphologiques actuelles indiquent que la ligne de rivage de 10 m n'ayant été exondée qu'entre 3 280 et 3 150 AA suivant les estimations, le peuplement humain de la zone côtière n'a pu commencer avant cette date. En conséquence, les traces (vestiges ou artefacts), qui pourraient être trouvées dans la bande de terrain concernée, seraient vraisemblablement associées à des occupations amérindiennes du Sylvicole inférieur à la période historique (±3 000 ans AA à 1 899).

Dans ce cadre, les sites voisins de Pointe-Lebel (DgEb-a) et de Pointe-Paradis (DgEb-2) sont exemplaires parce qu'ils sont aussi situés le long du littoral de la péninsule dans une situation de basses-terres. Tous les deux sont le résultat d'une découverte fortuite. L'un d'une hache polie; l'autre d'une pointe de projectile. Ce type de découverte, d'objets ou de fragments de pierre taillée peut être fait dans tous les lieux de passage ou d'occupation, car ils sont facilement perdus ou jetés lors d'activités de transit. Sans autres éléments de datation, on n'a pu que constater que ces objets sont de facture amérindienne préhistorique (12 000 à 450 ans AA). Il est loisible de penser que des découvertes de même nature seraient possibles dans un contexte comme celui de la plage de Pointe-aux-Outardes.

Sur les 16 sites examinés dans la région de Baie-Comeau, nous en avons retenu cinq dont la situation se compare à celle du secteur à l'étude par l'altitude et le contexte. Bien que les sites non retenus soient importants dans l'établissement d'une chronologie régionale, ils cadrent peu avec les caractéristiques du secteur à l'étude par leur altitude supérieure à 45 m et leur position à l'écart de la côte. Cependant, leur contenu artefactuel témoigne du type de matériel recueilli en relation avec les différentes occupations amérindiennes et en ce sens, il offre des indications utiles à la détermination du potentiel de la région. Par ailleurs, les sites retenus montrent une élévation qui varie de 5 à 10 m. Ainsi, les sites DhEb-9, DhEb-10 et Dheb-11 sont situés dans le parc de la Falaise à Baie-Comeau. Le site DhEb-8 est dans le parc des Explorateurs près de la rivière Manicouagan et le site DhEb-13 se trouve sur le littoral dans la partie sud-est de Baie-Comeau. On y a trouvé des traces d'occupation amérindienne (foyers et artefacts) datées de la période de l'archaïque à la période historique (3 000 ans AA à 1 899).

Au nord du secteur à l'étude, la rivière aux Outardes abrite 12 sites archéologiques dans sa partie sud. Tous sont localisés à une altitude supérieure à 73 m. Les éléments récoltés sur huit de ces sites ont permis de les rattacher à la période amérindienne préhistorique du Sylvicole inférieur. Dans ce secteur, l'environnement diffère substantiellement de celui du secteur à l'étude et l'état bouleversé des sols examinés restreint les comparaisons qui pourraient être faites. Par contre, il semble clair que des populations ont fréquenté assidûment cette rivière qui était une voie de pénétration importante vers les territoires giboyeux de l'intérieur. Ces mêmes populations ont pu, au cours de leurs déplacements, traverser ou exercer des activités dans la zone limitrophe de Pointe-aux-Outardes au sud et y laisser des traces.

Quant au secteur de Ragueneau, il se compare aisément au front de mer de Pointe-aux-Outardes par sa situation en bordure du fleuve bien qu'il montre un profil côtier plus accidenté que la plage à aspect linéaire du littoral de la péninsule. Les sites qu'on y retrouve sont en général de basse altitude et on y a récolté du matériel lithique amérindien préhistorique indéterminé sur 11 sites alors que deux autres (DgEd-4, DgEd-20) ont livré des artefacts reliés à la période amérindienne préhistorique du Sylvicole supérieur tardif (1 000 ans à 450 ans AA).

À l'issue de ce tour d'horizon archéologique, quels sont les éléments à retenir pour déterminer le potentiel archéologique du front de mer de Pointe-aux-Outardes?

Dans un premier temps, le nombre de sites archéologiques (44) dans un rayon de 20 kilomètres autour du secteur à l'étude est un indicateur qui témoigne de l'importance du potentiel archéologique amérindien régional.

On distingue deux types de localisation des sites archéologiques amérindiens : des sites à l'embouchure et sur les rives des rivières de l'intérieur et des sites côtiers à basse altitude. La zone de Pointe-aux-Outardes fait partie de ces derniers comme l'est de la péninsule et le secteur de Ragueneau.

On n'a, jusqu'à maintenant, relevé aucune trace archéologique d'une présence amérindienne ancienne dans les limites de la municipalité de Pointe-aux-Outardes et les traces d'occupation amérindienne ancienne découvertes sur le littoral de la péninsule sont minimes. Bien que la possibilité de trouver un site amérindien ancien dans un sol non perturbé dans la zone à l'étude (site des travaux) semble faible en raison notamment du phénomène d'érosion important qui caractérise cet endroit, il n'en demeure pas moins qu'il existe néanmoins une probabilité de découvrir des traces d'activités humaines anciennes dans les limites de l'aire d'étude (site des travaux). En effet, la zone d'étude (site des travaux) comprend des formes de terrain qui ont pu être occupées par des campements amérindiens, sur de courtes périodes, à partir de la fin de la période archaïque jusqu'à la période historique (3 000 ans AA à 1899). De plus, la région où s'inscrit la zone d'étude (site des travaux) pouvait être perçue comme une zone d'exploitation occasionnelle de la biomasse, notamment pour les ressources halieutiques et terrestres.

4.3 Recommandations

Il est recommandé qu'un inventaire archéologique systématique soit réalisé avant le début des travaux afin de vérifier le potentiel archéologique dans les limites d'emprise du secteur à l'étude (site des travaux). Cet inventaire devrait prendre la forme d'un examen visuel du talus de terrasse et de la plage environnante suivis de la production

de puits de sondages, excavés manuellement. Les puits de sondage manuel pourraient être distant d'au plus 15 m et disposés en quinconce. En cas de puits de sondage positifs, des puits de sondage supplémentaires devront être pratiqués en périphérie à une distance maximale de 5 m les uns des autres, afin de délimiter l'espace archéologiquement positif.

5.0 L'OCCUPATION EUROQUÉBÉCOISE

Mis à part les postes de traite de fourrures aux 17e et 18e siècles, le peuplement euroquébécois demeure limité dans le secteur de la péninsule de Manicouagan. Il faut attendre le 19e siècle pour noter une augmentation de la présence euroquébécoise et le 20e siècle pour l'érection des premières paroisses. C'est ainsi qu'on voit qu'après 1867, l'exploitation de la forêt entraîne l'attribution de vastes concessions forestières dans les terres-hautes du piémont et du plateau laurentien, mais que les basses-terres de la région de Manicouagan échappent à ce processus. On note cependant l'installation de quelques squatters avant la création du Township de Manicouagan en 1882. À Pointe-aux-Outardes, une église est construite vers 1918, probablement au lieu-dit Les Buissons dont la desserte sera autorisée par le Ministère de la Colonisation en 1931, en même temps que la desserte de Pointe-Lebel. Le père Ludger Lebel devient curé de la paroisse de St-Antoine (Les Buissons) en 1932 et la paroisse de St-Jean-Baptiste est érigée en 1948 à Pointe-aux-Outardes. La municipalité est constituée officiellement en 1964. La construction des ouvrages hydro-électriques de la Rivière aux Outardes amène ensuite un essor économique dans l'ensemble de la région de Baie-Comeau, ainsi que la compagnie Abitibi-Consolidated qui construit une scierie à Pointe-aux-Outardes.

L'Histoire, somme toute récente, de la municipalité n'a généré jusqu'ici que peu d'études historiques et aucun examen visuel n'a été mené pour vérifier la présence d'éléments d'intérêt archéologique dans le secteur à l'étude. Dans le cadre de la présente étude, des photos aériennes ont été utilisées pour évaluer la nature des occupations et le contexte environnemental.

5.1 Le potentiel archéologique euroquébécois

La recherche documentaire n'a pas permis d'identifier la présence de vestiges ou de structures d'avant 1950 dans le secteur à l'étude. Une photo aérienne de 1950 (figure 2) montre six emplacements de bâtiments du côté sud de la rue Labrie. Il semble donc que l'essentiel du développement résidentiel s'est réalisé après cette date. La zone de talus et de plage qui nous concerne est située à l'arrière des bâtiments cette rue. Des artefacts historiques de deux ordres pourraient être mis au jour à cet endroit : des objets liés à l'occupation contemporaine et des objets abandonnés lors d'activités de transit liées à la navigation, à la chasse ou à la pêche. Les artefacts les plus fréquents dans ce contexte seraient : céramique, pipes, verre, bouteille, métal, clous, outils, agrès, pierres à fusil, etc. Des vestiges récents pourraient également être présents comme des aires d'accès, des aménagements pour piétons et véhicules et des zones de rebut.

5.2 Recommandations

Même si la recherche documentaire n'a pas permis de trouver d'éléments associés à la période euroquébécoise, il demeure possible de trouver des traces d'une occupation de cette période. Les établissements temporaires ne sont pas toujours répertoriés et n'apparaissent pas obligatoirement sur des cartes et des plans. C'est pour cette raison qu'il est recommandé qu'un inventaire archéologique soit réalisé avant le début des travaux afin de vérifier le potentiel archéologique euroquébécois dans les limites d'emprise du secteur à l'étude (site des travaux). Mais comme l'espace prévu pour les travaux de stabilisation correspond principalement au talus et à la plage, cet inventaire devrait prendre la forme d'un examen visuel du rebord de terrasse pour identifier des structures d'habitation ou des éléments archéologiques qui ont pu être mis au jour par l'érosion.

6.0 RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

L'analyse des données archéologiques et environnementales confirme que des éléments archéologiques amérindiens et euroquébécois pourraient être présents à l'intérieur des limites du site des travaux. L'inspection visuelle pourra être réalisée pour le potentiel amérindien et euroquébécois en même temps. Les puits de sondage nécessaire pour le potentiel amérindien pourraient être effectués par la suite.

7.0 OUVRAGES CONSULTÉS OU CITÉS

BERNATCHEZ, Pascal. (2003) *Évolution littorale et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et de Manicouagan-Outardes : Syhthèse, processus, causes et perspectives*, Thèse de doctorat, Département de géographie, Université Laval. 459 p.

BERTHOLD, Étienne. (2010) *La Côte-Nord*. Québec, Presses de l'Université Laval. 180 p.

BUSSIÈRES, Paul. (1963-1964) *La population de la Côte-Nord*. Extrait des Cahiers de Géographie de Québec, vol. VII, nº 14, avril-septembre 1963 – vol. VIII, nº 15, octobre 1963-Mars 1964.

CARON, Diane. (1984) *Les postes de traite de fourrures sur la Côte-Nord et dans l'Outaouais*. Québec, Ministère des Affaires Culturelles. 150 p.

CIMA+, 2011. Étude d'impact environnemental pour la réalisation de travaux de stabilisation le long des berges du fleuve Saint-Laurent sur le territoire de la municipalité de Pointe-aux-Outardes. 116 pages + annexes

CÉRANE. (1989k) *Projet Reynolds, inventaire archéologique.* Québec, Hydro-Québec, Région Montmorency, rapport inédit. 36 p.

CHAPDELAINE, Claude. (2004) *Des chasseurs de la fin de l'âge glaciaire dans la région du lac Mégantic. Découverte des premières pointes à cannelure au Québec.* Recherches amérindiennes au Québec, vol. XXXIV, no 1, p. 3-19. Montréal.

COMITÉ-ZIP Côte-Nord du Golfe. (2007) *L'Érosion des berges au Québec Maritime*. Sept-Îles, document d'information, Mars 2007. 44 p.

CONSEIL DE LA M.R.C. DU COMTÉ DE MANICOUAGAN, (1987) *Schéma d'Aménagement*. Vol. 1. Baie-Comeau. 161 p.

DIONNE, Jean-Claude. (1976) *La mer de Goldthwait au Québec (État de nos connaissances)*. Québec, Environnement Canada. 109 p.

DUBREUIL, Steve. (1987) *Étude sur les* sites *archéologiques préhistoriques et historiques caractéristiques de la région de la Côte-Nord du Québec*. Québec, Musée régional de la Côte-Nord à Sept-Îles. 146 p.

ÉMOND, Denis et André CYR. (1979) *Reconnaissance archéologique sur la Haute-Côte-Nord, été 1979*, Ministère des Affaires Culturelles, rapport inédit. 204 p.

GÉNIVAR. (2006) Protection linéaire en enrochement des berges de la rivière aux Outardes à Ragueneau. Municipalité de Ragueneau et Direction territoriale de la Côte-Nord, Baie-Comeau (MTQ). 247 p. et annexes

GROISON, Dominique. (1983) *Analyse des collections des sites de la région Manicouagan-Outardes*. Québec, Ministère des Affaires Culturelles, rapport inédit. 311 p.

GROISON, Dominique, MANDEVILLE, Jean. (1975) *Fouilles de sauvetage à l'embouchure de la rivière aux Outardes, automne 1975*. Québec, Ministère des Affaires Culturelles, rapport inédit. 11 p.

MESSIER Danielle, HARDY Léon, Savard Jean-Pierre. (1999) *Mesures de protection des berges en milieu marin : Étude de solutions novatrices*. Actes du Colloque sur l'érosion des berges. Baie-Comeau, février 1999. pp 155 à 164.

PINTAL, Jean-Yves. (2008) *Hélimax Parc Éolien de Saint-Valentin : Étude de Potentiel*. Québec, Bureau d'Audiences Publiques sur l'environnement. 53 p.

PINTAL, Jean-Yves. (2007) *Aménagement hydro-électrique des Chutes à Thompson, rivière Franquelin : Étude de potentiel Archéologique*. Québec, Groupe Axor inc. 42 p.

PINTAL, Jean-Yves. (2006) *Inventaires archéologiques (été 2005). Direction de la Côte-Nord.* MTQ, rapport inédit. 18 p.

PINTAL, Jean-Yves. (2004e) *Interventions archéologiques, direction de la Côte-Nord (été 2003)*. Québec, Ministère des Transports du Québec, rapport inédit. 89 p.

PINTAL, Jean-Yves. (2003e) *Interventions archéologiques, direction de la Côte-Nord (été 2002)*. Québec, Ministère des Transports du Québec, Service du Soutien technique, rapport inédit. 31 p.

PINTAL, Jean-Yves. (1996) *Inventaire et fouilles archéologiques à Baie-Comeau, les interventions de 1995.* La Société des parcs de Baie-Comeau/Ville de Baie-Comeau/MCCQ, rapport inédit. 84 p.

PINTAL, Jean-Yves. (1995) *Inventaires et fouilles archéologiques à Baie-Comeau, les interventions de 1994, secteur Marquette et Mingan.* La Société des parcs de Baie-Comeau, rapport inédit. 118 p.

PLOURDE, Michel. (1993) *D'Escanimes à Pletipishtuk : Perspectives sur la préhistoire amérindienne de la Haute-Côte-Nord du Saint-Laurent*. Québec, Ministère de la Culture. 87 p.

A N N E X E H

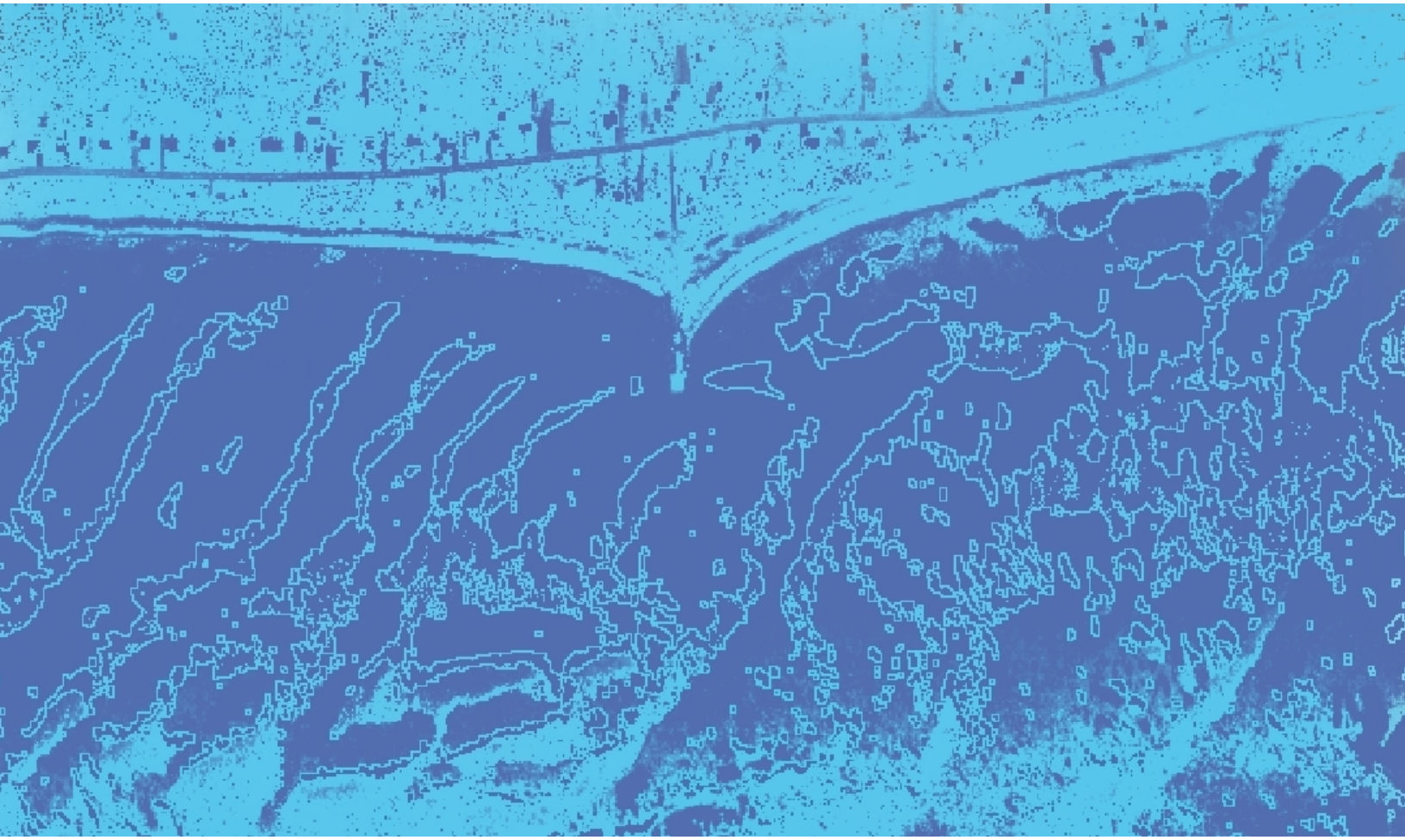
Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes – Résumé du rapport

INRS
Université d'avant-garde

Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes

Résumé du rapport

Rapport de recherche INRS-ETE #R990 et Aquapraxis Inc. #10136-100 - Octobre 2008



Municipalité de Pointe-aux-Outardes

Sécurité publique Québec

OURANOS

Aquapraxis

Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes

Pour le compte de la

Municipalité de Pointe-aux-Outardes

en collaboration avec le

Ministère de la Sécurité publique

OURANOS

et divers partenaires

Rapport de recherche INRS-ETE R990
et Aquapraxis Inc. 10136-100

Octobre 2008

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Référence pour fins de citation : Leclerc, M. et P. Dupuis (2008). *Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*. Pour le compte de la Ville de Pointe-aux-Outardes et du Ministère de la Sécurité publique, en collaboration avec OURANOS et divers partenaires. Rapport de recherche INRS-ETE R990 et Aquapraxis Inc. 10136-100. 220 pages + 9 annexes. Octobre.

© INRS-ETE et Aquapraxis Inc., 2008

isbn : 978-2-89146-573-1

Le mandat

Subissant depuis de nombreuses années une érosion significative de ses côtes, la municipalité de Pointe-aux-Outardes a mandaté l'INRS-ETE pour analyser différents types de solutions pouvant pallier à cette problématique d'érosion des berges qui menace l'existence de plusieurs résidences et infrastructures implantées en berges et donc exposées à cet aléa.

En partenariat avec le Service de l'Atténuation des Risques (SAR) du Ministère de la Sécurité publique, le mandat visait aussi à expérimenter l'approche *d'analyse coûts/avantages* (ACA) ainsi que *l'analyse multi-critères* (AMC) dans une perspective de prévention et de réponse durable aux risques naturels.

Remarque : le présent rapport a donné lieu à un apport complémentaire par la firme Écoressources[1] spécialisée en économie de l'environnement qui a permis de rectifier à la marge certaines approches retenues ici par rapport avec la méthodologie classique d'analyse coûts/avantages. Ces éléments nouveaux ont notamment trait aux éléments intangibles de la problématique et ne sont pas intégrés ici. Ils sont documentés dans un résumé complémentaire qui reprend essentiellement les éléments présentés ici, sauf le volet technique. Toutefois, les conclusions ainsi obtenues ne modifient pas celles présentées ici. Le lecteur est donc renvoyé à ce document (Écoressources, 2009) pour de plus amples détails.

[1] ÉcoRessources Consultants (2009), Révision de la partie économique et synthèse du rapport Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes, pour le compte du Ministère de la Sécurité publique, 29 pages.

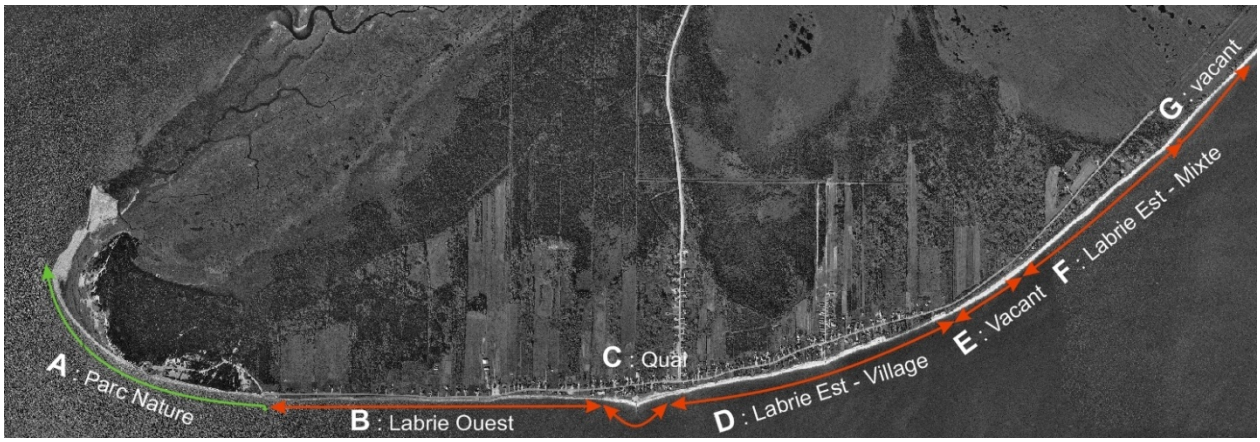
Les options possibles

Trois types de mesure possibles. Trois types d'approches de base ont été explorées :

- Le *retrait simple* sans intervention physique visant à atténuer ou contrôler les processus d'érosion
- Les *protections dures* sans égard particulier pour leur impact sur l'équilibre morpho-sédimentaire de la côte
- Les *stabilisations douces* (recharge de plage seule ou associée à des épis ou brise-lames d'avant-côte) incluant les approches brevetées dites *« stabilisatrices de courant »* visant au rétablissement d'un équilibre sédimentaire dynamique

Une combinaison de ces approches de base s'avère une *solution mixte* et une nomenclature spéciale a été développée pour faciliter l'identification des solutions (Option R pour retrait, option P pour protection, option MX pour mixte avec protection et retrait)

Segmentation de la côte. Afin de mieux situer les segments de côte où sont considérées les différentes mesures, une segmentation de celle-ci a été effectuée. Nous y référons ci-après.



Remarques sur l'analyse coûts/avantages En analyse coûts/avantages, on cherche à établir l'ensemble des couts et des avantages de diverses options de façon à préciser les bénéfices nets d'un projet et à comparer entre elles les différentes options de solutions. Cette démarche permet ainsi de déterminer l'avantage net de l'intervention alors que la comparaison des options vise à aider les décideurs à choisir l'option la plus avantageuse sur le plan des couts et des bénéfices.

Bien que l'analyse couts/avantages s'exprime en termes monétaires exclusivement, elle ne constitue pas une analyse financière en tant que telle. Normalement, elle vise seulement à établir les couts et les avantages des options pour l'*ensemble de la société* sans préciser les conséquences financières pour *chacun des acteurs*. Toutefois, les données requises pour aborder cette question importante peuvent en bonne partie être extraites des résultats de l'analyse économique, ce qui fut fait et qui est rapporté ici, afin de mettre en lumière le facteur d'équité entre les acteurs que nous considérons comme un élément important de décision.

De même, en analyse coûts/avantages, une seule option de référence est normalement considérée et à laquelle toutes les autres options sont comparées. Nous avons opté pour en définir deux qui font partie des approches classiques habituellement appliquées bien que la deuxième option de

référence mentionnée (P3, enrochements) ci-après aurait aussi pu être considérée comme toute autre solution technique. Ce faisant, *l'avantage net* d'une solution alternative par rapport à une option de référence est ainsi rendu plus difficile à déterminer étant donné cette double base de comparaison. En pratique, la méthode d'analyse et la présentation de toutes les options demeurent strictement les mêmes et leur comparaison peut aussi être effectuée sans égard à leur statut particulier.

Moyennant certaines hypothèses, toutes les options ont été définies temporellement sur un horizon de 30 ans et leurs coûts ont été estimés, puis actualisés en *valeur présente nette* (4%/an) pour fins de comparaison sur le plan économique. Des calculs de sensibilité complémentaires ont été réalisés afin de faire ressortir l'impact d'un taux d'actualisation différent (2% et 6%) ainsi que d'autres facteurs comme le coût des matériaux, les paramètres des programmes gouvernementaux ou l'impact des changements climatiques. Ces données de sensibilité ne font pas partie du présent rapport mais elles pourront être rendues disponibles et considérées avant toute prise de décision.

Les options de référence. Deux *options de référence*, considérées dans la bibliographie technique comme des solutions ultimes, ont donc été définies et analysées (voir la figure précédente pour la délimitation des secteurs visés):

- Le *retrait général progressif assisté financièrement* (Option R1 ou Rréf) par les pouvoirs publics (Programme général d'assistance financière – Volet Mouvements de sols) lequel vise à la fois les individus (bâtiments résidentiels) et la Municipalité (infrastructures). Cette option s'appliquerait aux segments D (Labrie Est Village) et F (Labrie Est – Usage mixte). En plus des bâtiments, deux segments de la rue Labrie Est sont visés pour être déplacés vers le nord (minimum 60 m): une parte de D (0,7 km) jouxtant le Chemin principal et E au complet (0,9 km).
- La *protection linéaire en enrochements* (Option P3 ou Préf) qui pourrait donner lieu à un PAS (Protocole d'Application de Solutions d'atténuation). Cette option s'appliquerait aux segments D, E et F (3,9 km).

Les options alternatives. Plusieurs alternatives aux options de référence ont été examinées, chacune comportant une part variable des différents types de mesures offertes, y compris celles de référence. Seuls l'empierrement linéaire (sauf comme option de référence) et les brise-lames d'avant-côte semblent à écarter à Pointe-aux-Outardes, pour les raisons citées à l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges) soit à cause des conséquences indésirables associées à ce type de mesure (impacts sur la morphologie des côtes et le bilan sédimentaire, effets de bout, coûts d'entretien), ou à cause de l'absence de conditions propices. De même, l'option de recharge de plage uniquement n'a pas été retenue pour le même type de raison, l'absence de conditions propices à la rétention du matériau sur les plages.

Les options retenues pour analyse sont constituées d'un mélange variable de champs d'épis et de retrait progressif selon le segment de côte considéré:

1. *Champs d'épis conventionnels uniquement* assorti d'une r*echarge de sable initiale et périodique de plage* (Option P1) visant le rétablissement le plus tôt possible d'un équilibre morpho-sédimentaire. L'option a été définie pour l'entièreté des segments D, E et F (3,9 km).
2. *Champ d'épis de type Holmberg dits « stabilisateurs de courants » avec recharge initiale et périodique de plage* (Option P2). L'option est aussi définie pour les segments D, E et F (3,9 km).

3. *Champs d'épis conventionnels (3) dit Équilibré avec recharge initiale de plage seulement* (Option P4) qui maintient un apport sédimentaire minimum de 20 000 m^3/an à partir de segments de côtes érodables mais inhabitées (E et G); les épis viseraient deux segments menacés à court et moyen termes à l'est du Chemin principal (D et partie de F) en plus de chercher à compenser l'impact des empierrements linéaires vers le Parc nature (extrémité ouest du segment A). L'option comporte le retrait partiel (voirie, réseaux de services) de la rue Labrie Est sur 0,9 km, soit le segment E.
4. *Variante de P4 avec des épis Holmberg* (P5).
5. *Champs d'épis Réduit* (P6) qui vise les mêmes objectifs et utilise les mêmes mesures que P4 sauf celui de retenir le sable en transit avant sa sortie du système et de chercher à compenser les impacts de l'empierrement linéaire sur la rue Labrie Ouest. L'extrémité ouest du segment A est donc retirée de l'option P4.
6. *Solution mixte* (MX1) comportant un seul champ d'épis à l'est du quai municipal (segment D, Labrie Est - Village); les segments E et F seraient traités par des mesures de retrait des bâtiments (mixité d'usages résidentiel et de villégiature) et de la rue Labrie.

Hypothèses concernant la recharge initiale de plage. Tous les scénarios de type épis incluent l'aménagement d'accès pour la construction et les opérations d'entretien. Nous posons l'hypothèse que, sans être idéal pour une recharge stable de plage, le matériau sableux formant les talus serait adéquat pour ce faire et, le cas échéant, le déblai d'excavation pour aménager les accès pourrait servir à cette fin au moment de la mise en place d'épis. Plusieurs terrains actuellement vacants se prêteraient à cette fonction. Il semble également opportun que certains de ces chemins soient conservés et aménagés, afin de faciliter l'accès à la côte à l'ensemble de la communauté et permettre éventuellement d'accéder aux ouvrages pour leur entretien lorsque requis. En plusieurs sites, les talus existants devraient être reprofilés afin de les ramener à une pente d'équilibre favorisant la revégétalisation. Là aussi, du sable de recharge pourrait être rendu disponible. Du point de vue économique, ces matériaux constitueraient une contribution tangible devant être escomptée en valeur monétaire et s'ajoutant aux autres items des options. Toutefois, on s'attend à ce que ces items forment une contribution en nature de la communauté des riverains et de la municipalité et soit comptabilisée monétairement dans le montage financier.

Traitement des variantes. Il existe une multitude de variantes pouvant être dérivées des options de base retenues pour l'analyse. Les implications propres à chacune d'elles dépendent de plusieurs facteurs dont la quantification demeure parfois incertaine à l'étape présente. Les options présentées ont donc été définies et quantifiées au meilleur de nos connaissances actuelles, notamment au niveau des possibilités d'intervention, du dimensionnement caractéristique des ouvrages, et en nous appuyant sur des valeurs couramment utilisées pour les paramètres de base. Ces paramètres visent notamment le contexte économique, le bilan sédimentaire, l'évolution des taux de recul, la dimension et les coûts unitaires des matériaux, ou les paramètres des programmes d'assistance financière. Les valeurs retenues ont cependant été appliquées uniformément pour tous les scénarios.

Approche de présélection

Une analyse axée sur le développement durable. Le développement durable tente d'adresser simultanément les dimensions économique, sociale et environnementale de projets afin de trouver une approche dite « soutenable » (*sustainable*) à long terme. L'analyse des options a donc été

réalisée sur un horizon minimum de 30 ans, période cadrant le volet d'actualisation des coûts, mais aussi afin d'incarner cette préoccupation pour le *développement durable* et *l'économie de moyens à long terme*, notamment au niveau des coûts récurrents.

La prise en compte de la *dimension sociale* considère les aspects intangibles (paysage, sentiment de sécurité, accessibilité aux rives) mais elle n'est pas étrangère aussi aux aspects financiers. En plus de monétariser ces aspects, elle s'effectue aussi en considérant la question de *l'équité* et de la *concertation* entre les parties prenantes (équilibre des coûts et avantages pour chacune des parties).

De même, la *question environnementale* est adressée à double titre : d'abord, par le souci (certaines options) de compenser les impacts d'interventions antérieures (empierrements); ensuite, par la perspective de rétablir un équilibre morpho-sédimentaire dynamique propice au maintien d'usages récréotouristiques (plages) et des habitats coquilliers présents sur la batture, lesquels représentent un enjeu écologique et financier important pour la communauté et les cueilleurs. Toutefois, la présente étude ne constitue pas une étude d'impact environnemental proprement dite, étude qui devra être réalisée pour fins d'autorisation si une option d'intervention structurelle était finalement retenue.

Les conséquences intangibles : approche multi-critères. Les approches purement économiques cherchent à « monétariser » toutes les conséquences des options par souci d'homogénéité, bien que certaines incidences ne sont pas aisément traduisibles en valeur monétaire (ex : valeur d'une vue directe sur la mer, paix sociale). Nous nous sommes pliés à cette exigence en attribuant une telle valeur à ces différents items en liant cette évaluation aux options. Devant les difficultés de cette approche et ses incertitudes, notre choix méthodologique s'est également portée sur une approche multi-critères qui combine en valeur adimensionnelle les items monétaires et intangibles. La critériologie retenue est assortie d'une pondération explicite qui reflète le jugement des auteurs seulement, et indirectement celui du Comité de concertation auquel elles ont été soumises.

Les critères d'évaluation : un choix concerté. Un Comité de concertation (CC) formé de la plupart des intervenants potentiels au dossier (parties prenantes, gestionnaires, décideurs, spécialistes) a immédiatement été mobilisé en début de mandat afin de mettre en place un processus d'accompagnement et de cheminement collectif (Gestion participative). Ce comité a été saisi d'une liste de critères devant refléter leur compréhension du dossier et les valeurs qu'ils privilégient. Sept (7) critères ont été retenus par le CC et paramétrisés par l'équipe d'analyse avec différents jeux et formules de pondérations explicitement décrits dans ce rapport. Ce sont :

1. *L'efficacité par rapport au risque résiduel*
2. *L'économie de moyens*
3. *L'équité entre les intervenants*
4. *Les impacts écologiques et hydro-sédimentaires*
5. *La durabilité*
6. *Les possibilités de synergie pour la mise en valeur* de la côte
7. *L'impact social et la concertation*

Analyse économique des options

Ci-après nous résumons dans un premier tableau synthèse le coût global de toutes les options (de référence ou alternatives) en *valeur présente nette* (actualisée à 4% en 2008) qui inclut la valeur monétaire des contributions en nature. Le tableau correspondant du rapport principal (Tableau 37) précise aussi l'imputation et la nature de ces coûts et contributions. Les chiffres cités ci-après comportent donc parfois des contributions en nature attendues du secteur riverain. Le deuxième tableau synthèse présente les résultats de l'analyse multi-critères laquelle inclut une prise en compte dominante des aspects économiques et de l'équité. Pour le bilan économique des options seulement, les scénarios qui se démarquent *a priori* sont :

1. R1 (ou Rréf) : *Retrait progressif généralisé assisté financièrement* (3,62 M$)
2. P4 : *Champs d'épis conventionnels seulement (3),* option dite *Équilibrée, avec recharge initiale de plage seulement* (2,4 M$)
3. P6 : *Champs d'épis,* option dite *Réduite* (option P4 sans mesure de stabilisation à l'ouest du quai municipal) (2,85 M$)
4. MX1 : *Solution mixte* comportant à la fois des épis à l'est du quai et des mesures de retrait graduel à l'extrémité est de la rue Labrie (3,53 M$)

Analyse multi-critères des options

Lorsqu'on considère les critères d'évaluation des options (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) qui incluent, rappelons-le, le volet économique, la somme des avantages apportés et le bilan des inconvénients permettent de démarquer quelque peu l'option P6 (cote de 74%), les trois autres options se qualifiant un peu moins bien (66-74%). Toutefois, cette évaluation est strictement basée sur le jugement propre des auteurs (*via* le jeu de paramètres et de pondérations des critères) et n'engage donc que l'opinion de ceux-ci.

Bien que les options P4 *(Épis Équilibré)* et P6 *(Épis Réduit)* se distinguent assez peu l'une de l'autre sur le plan des critères globaux (74% *vs* 76%), *la solution P4 semble préférable à P6 si l'approche retenue devait se porter principalement vers la stabilisation.* En effet, l'option P6 ne permet pas d'entreprendre le processus de remédiation aux impacts des stabilisations antérieures en enrochement à l'ouest du quai, ni de retenir le sable de recharge des épis et des plages avant sa sortie de la cellule morphosédimentaire. Cette composante de l'option P4, soustraite dans P6, pourrait cependant être mise en œuvre séparément dans la mesure où d'autres souscripteurs pourraient y voir leur intérêt.

Toutefois, l'implication financière et en nature du village implique un esprit communautaire et une cohésion sociale suffisantes pour couvrir une part satisfaisante de coûts, financiers ou en nature de toute option structurelle. Nous ne pouvons que poser l'hypothèse de cette cohésion.

Tableau synthèse des options : Bilan en valeur actualisée de l'ACA et des mesures applicables (1 de 2)
Les valeurs entre parenthèses sont des gains

Symbole	Désignation	Descriptif	Protections Zones	Bilan de l'ACA en M$	Autres avantages en M$	Mesures					
						Allocation de départ	Retrait bâtiment	Retrait route	Épis	Recharge	Empierrement
						Unités M$	Unités M$	km M$	km M$	m^3/m – km M$	km M$
R1 ou Rréf	Retrait généralisé assisté	Mesures de retrait seulement incluant 1,56 km de rue Labrie Est	**D+E+F**	**3,62**	1,08	5 0,41	31 1,32	1,56 0,96	Aucun	Aucun	Aucun
P1	Épis conven-tionnels partout	20 épis sur 3,9 km- Recharges initiale et périodique (20 Km^3/an)- Contribution riveraine à 50%	**D+E+F**	**7,3**	(1,55)	Aucun	Aucun	Aucun	3,9 2,34	90 m^3/m 3,9 6,94	Aucun
P2	Épis Holmberg partout	20 épis Holmberg sur 3,9 km - Recharge initiale et périodique (20 Km^3/an)– Contribution riveraine à 50%	**D+E+F**	**18,3**	(1,55)	Aucun	Aucun	Aucun	3,9 2,34	3,9 6,94	Aucun
P3 ou Préf	Empierre-ments partout	Empierrement conventionnel sur 3,9 km - Aucun retrait - Recharge initiale et périodique	**D+E+F**	**25,1**	7,6	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	15,6m^3/m/an 3,9 10,4	3,9 7,5

Note : Les montants sont exprimés en valeur présente nette actualisée à 2008 au taux de 4%/an.

Tableau synthèse (suite): Bilan en valeur présente nette de l'ACA et des mesures applicables (2 de 2) –
Les valeurs entre parenthèses sont des gains

Symbole	Désignation	Descriptif	Protections Zones	Bilan de l'ACA en M$	Autres avantages en M$	Mesures					
						Allocation de départ	**Retrait bâtiment**	**Retrait route**	**Épis**	**Recharge**	**Empierrement**
						Unités M$	Unités M$	km M$	Km M$	Type – km M$	km M$
P4	Épis conventionnels Équilibré	12 épis conventionnels dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue 0,9 km	**A+D+F**	**2,4**	(1,55)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,4 1,65	90 m^3/m 2,4 2,16	Aucun
P5	Épis Holmberg Équilibré	12 épis dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	**A+D+F**	**9,26**	(1,55)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,4 8,3	90 m^3/m 2,4 2,16	Aucun
P6	Épis conventionnels Réduit	11 épis (sauf celui avant le Parc Nature) - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	**D+F**	**2,85**	(0,82)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,2 1,33	90 m^3/m 2,2 1,97	Aucun
MX1	Épis conventionnels + Retrait	8 épis – Recharge initiale - Contribution riveraine à 50%- Retrait rue Labrie sur 1,4 km - Retrait partiel des résidences	**D**	**3,53**	(0,28)	3 0,18	13 0,61	1,4 1,17	1,5 0,91	90 m^3/m 1,5 1,35	Aucun

Note : Les montants sont exprimés en valeur présente nette actualisée à 2008 au taux de 4%/an.

Tableau synthèse de l'analyse multi-critères des options (En gris, une pré-sélection des options les plus avantageuses)

SCÉNARIOS ► CRITÈRES ▼	R1 ou Rréf	P1	P2	P3 ou Préf	P4	P5	P6	MX1
Critères de base								
#1 Coût d'ensemble	100%	0%	0%	0%	81%	0%	87%	84%
#2 Durabilité	100%	80%	70%	20%	80%	80%	70%	85%
#3 Risque résiduel	100%	70%	70%	40%	80%	75%	80%	80%
#4 Équité	85%	80%	40%	0%	100%	40%	100%	100%
#5 Environnement - Bilan sédimentaire	50%	50%	50%	10%	90%	90%	80%	90%
#6 Synergie - Mise en valeur	50%	80%	80%	30%	90%	90%	80%	80%
#7 Impact social	20%	100%	100%	50%	100%	100%	90%	40%
Critères globaux								
#1 Poids décisif sur le coût	68%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#2 Poids majoritaire sur le coût	93%	20%	18%	6%	83%	21%	85%	85%
#3 Moyenne géométrique pondérée	56%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#4 Moyenne arithmétique pondérée	48%	0%	0%	0%	66%	0%	73%	58%
MOYENNE - CRITÈRES GLOBAUX	**66%**	**5%**	**4%**	**1%**	**74%**	**5%**	**76%**	**69%**

Note : les pourcentages attribués aux critères dépendent dans la mesure du possible de variables explicites. Autrement un justificatif est fourni dans le rapport. Une valeur de 100% signifie une parfaite concordance avec le critère.

L'option de référence R1 (Retrait assisté) présente le moins bon bilan parmi toutes les options. L'avantage financier reviendrait surtout à la Municipalité, dont l'implication monétaire ne serait requise que pour le déplacement de deux segments de la rue Labrie Est. Toutefois, l'option ne procure pas de réponse définitive à la problématique puisque le retrait progressif devra se poursuivre longtemps après l'horizon de 30 ans retenu. Cette option paraît aussi plus difficile à faire accepter socialement et à mettre en œuvre, du moins pour les riverains visés, à cause des coûts reliés aux items non-admissibles à l'assistance financière et à la perte d'avantages reliés à la réduction de l'accessibilité au littoral et à la perte de terrain.

Enfin, l*'option MX1 (Un seul champ d'épis et retrait partiel)* se positionne aussi assez favorablement. En fait, les options P4, P6 et MX1 ne se distinguent que par l'importance relative mise sur la stabilisation –*vs*- le retrait.

Examen des options les plus avantageuses

Les principaux éléments de décision pour chacune d'elles (avantages, inconvénients) sont résumés ci-après :

Option R1 (Retrait progressif) : c'est la moins coûteuse des options pour la Municipalité. Les deux déplacements de la rue Labrie Est ne sont requis que dans 5 ans (E) et 15 ans (partie de D), de sorte qu'à court terme, les engagements financiers seraient minimes puisque les coûts du retrait seraient assumés par les riverains et le gouvernement. Dans cette option les propriétaires se voient relocalisés loin de la cote et perdent ainsi tous les avantages liés aux propriétés riveraines tels l'accès immédiat à la plage et la vue du large. Si les bâtiments sont ainsi protégés par leur retrait, les terrains sont irrémédiablement perdus. L'option R1 pose des difficultés de mise en œuvre dans la mesure où elle implique des tensions sociales importantes et récurrentes sur l'horizon de 30 ans de l'étude, et aussi par la suite. L'option ne comporte aucune mesure visant la stabilisation du régime sédimentaire de la côte de sorte que la problématique actuelle de l'érosion, en bonne partie reliée à des causes anthropiques incontrôlées, continuera de se dégrader, et possiblement se répercuter sur l'habitat des mies et l'activité de cueillette. Enfin, l'option n'offre que peu de perspectives de mise en valeur du littoral pour la communauté.

Option P4 (Épis Équilibré). Cette option permet de conserver les terrains et avantages pour les propriétaires riverains en plus d'offre plusieurs accès au littoral à l'ensemble de la communauté. Une portion importante des coûts devrait cependant être assumée par le secteur riverain sous la forme d'une contribution en nature significative (50% du total) à la recharge de plage. Cet apport est formé par les déblais tirés des chemins d'accès et du reprofilage de talus actuellement instables. C'est évidemment une hypothèse importante qui devra être validée auprès de la population riveraine, mais puisque plusieurs riverains n'ont peut-être pas les moyens de participer monétairement à la solution de ce problème, cette hypothèse ouvre une perspective plus équitable pour l'ensemble des parties prenantes. L'option a aussi le grand avantage de ne causer aucun véritable dérangement qui serait associé à des mesures de retrait.

L'option P4 permet aussi de rétablir un équilibre sédimentaire dynamique acceptable et de minimiser, voire de compenser des impacts environnementaux générés par les activités humaines autour de la péninsule et à Pointe-aux-Outardes même. En réhabilitant ou protégeant les plages sur le front de mer, et en prévoyant plusieurs points d'accès pour la communauté, l'option P4 comporte une contrepartie importante positive pour les autres contribuables de la Municipalité, un avantage qui pourrait se traduire par un projet de mise en valeur récréotouristique. En contribuant à la renaturalisation du littoral, ce projet viendrait compléter le travail effectué par le

Parc Nature et donnerait un nouvel élan à cette infrastructure touristique d'interprétation écologique. La synergie est également possible dans l'optique de la mise en place prochaine d'une Zone de Protection Marine (ZPM) qui contribuera à la mise en valeur durable de la batture et de l'estuaire de la rivière aux Outardes.

Toutefois, il n'est pas assuré que le segment de côte à l'ouest du quai municipal, déjà protégé en empierrements linéaires, soit admissible pour un Protocole d'Application de Solutions à cause de la quasi-absence de vulnérabilité résidentielle en berges et du caractère surtout commercial et privé des infrastructures touristiques présentes au bout de la rue Labrie Ouest (Parc Nature). En revanche, le cercle des contributeurs à la solution P4 pourrait être élargi à la communauté et aux entreprises locales et régionales, mais cette possibilité n'a pas été escomptée dans les calculs d'équité.

Option P6 (Épis Réduit). Cette option est une variante de P4 sans aucune mesure à escompter à l'ouest du quai municipal. Elle est certes moins coûteuse à cause de sa portée réduite. Toutefois, on y perdrait les avantages possibles pour le secteur Labrie Ouest (segment A), notamment, la rétention du sable de recharge déposé à l'est du quai municipal avant sa sortie du système côtier, la protection additionnelle pour les empierrements linéaires (fragiles) actuellement en place le long de ce segment, ainsi que le maintien d'habitats coquilliers.

Option MX1 (Épis dans le village + retrait du bâti à l'est): Comme P6, cette option comporte la plupart des avantages de type hydro-sédimentaires de P4, mais à un degré moindre, puisque la stabilisation de berges ne couvre que le segment « village » (D) de la rue Labrie Est. Aucune protection n'est comprise dans cette option pour l'extrémité est de la rue Labrie (E et F). Ce projet ne permet pas d'envisager la remédiation aux impacts négatifs de l'empierrement linéaire jouxtant la rue Labrie ouest (A). La progression de l'érosion à l'est (F) forcera l'application progressive mais récurrente sur l'ensemble de la période de référence (30 ans à venir) des mesures de retrait du bâti à cet endroit.

La stabilisation des berges et le retrait de la rue Labrie de l'option MX1 impliquent certes une contribution de la communauté inférieure aux options P4 et P6 à cause de la portée réduite de la stabilisation, mais les riverains déplacés devraient assumer une part importante des coûts directs (items non admissibles à l'aide financière), une conséquence qui n'est pas toujours acceptable compte tenu des ressources financières limitées dont certains disposent. De plus, des tensions sociales inévitables sont à prévoir qui peuvent avoir pour effet de diviser la communauté.

Analyse de sensibilité au taux d'actualisation et aux changements climatiques. Une analyse de sensibilité des coûts et avantages (monétarisés) des différentes options a été conduite afin d'en mesure l'influence sur l'ordonnancement économique des options du point de vue de la société dans son ensemble, sans égard à l'équité. Le taux d'actualisation de base (4%/an) a été majoré ou minoré de 2%/an ainsi qu'il est indiqué de procéder dans une ACA. Il en est ressorti une influence généralement faible de ce facteur pour les options *a priori* les plus avantageuses, avec des valeurs comprises dans les marges d'incertitude des coûts de référence. Seul l'option de retrait se trouve impactée plus fortement par ce facteur sans toutefois modifier l'ordonnancement.

Concernant les changements climatiques, leur influence n'a été prise en compte qu'au niveau des mesures de retrait (modulation des taux de recul des berges à la hausse (pessimiste) ou à la baisse (optimiste). Là encore, l'influence est sensible mais demeure dans les marges d'incertitude. Ces résultats ne sont pas livrés ici.

L'érosion : constats relatifs aux processus physiques

Avant d'aboutir aux résultats précédents, une série d'analyses du contexte physique ont conduit aux constats rapportés ci-après.

Évolution des apports sédimentaires. Une donnée importante de l'érosion à Pointe-aux-Outardes est représentée par le *bilan sédimentaire,* résultant des flux de sédiments et des processus d'accumulation-érosion observés à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire. Il a été estimé sommairement que le transport de sédiments vers l'estuaire de la rivière aux-Outardes et la batture au large des côtes s'établit aujourd'hui à environ 37 000 m^3/an en moyenne par rapport à une valeur estimée à 20 000 m^3/an au début des années 1990, une progression obtenue à même l'expansion vers l'est des segments de côte en érosion. Les taux de recul des berges s'établissent typiquement à 1,2 m/an. Si la tendance actuelle se maintient, le volume d'apport pourrait bien atteindre et plafonner à près de 60 000 m^3/an d'ici une décennie lorsque l'ensemble de la côte visée sera soumise à l'érosion active.

Dans l'hypothèse pessimiste mais réaliste des changements climatiques anticipés (voir plus loin), le recul des côtes pourrait même s'accélérer pour apporter jusqu'à 80 000 m^3/an soit plus du double de l'apport actuel et le quadruple de l'apport de 1990. Il est possible que les apports historiques de sédiments par l'érosion aient pu être inférieurs à 5000 m^3/an autrefois mais cette hypothèse reste à démontrer.

Des impacts anthropiques cumulatifs. Plusieurs facteurs anthropiques ont pu contribuer à l'accélération de ce phénomène naturel :

- le harnachement des rivières qui a modifié le régime hydrologique saisonnier des estuaires, et donc leur régime sédimentaire,
- les protections dures linéaires implantées à la pièce sans considération pour l'équilibre morpho-sédimentaire des plages,
- les changements climatiques, l'élévation du niveau de la mer et l'absence occasionnelle de glace hivernale dans l'estuaire,
- un mode d'occupation du territoire qui ne tient pas compte de contraintes liées à l'infiltration d'eau dans des sols indurés et sa résurgence dans les talus,
- des usages invasifs et dommageables de la plage (circulation motorisée).

Les causes sont donc systémiques, cumulatives et principalement associées aux impacts anthropiques directs ou indirects et leur responsabilité relative est impossible à déterminer

Les changements climatiques. Suite à des consultations avec des spécialistes des changements climatiques d'Ouranos, il a été établi que le taux de recul des berges actuel reflète une période particulièrement active depuis près d'une décennie, en partie liée à des tempêtes plus fréquentes et à la disparition graduelle de la banquise côtière et dans un degré moindre, au relèvement graduel du niveau des mers.

Notre hypothèse de base a été de maintenir les taux de recul futurs au niveau observé dans la dernière décennie comme indicative de la tendance à long terme. Il est aussi possible que la tendance observée récemment s'accélère ou revienne à des niveaux plus faibles observés antérieurement. Dans le premier cas, nous avons induit une augmentation linéaire sur 30 ans culminant à 150% des taux actuels à la fin. Dans l'autre cas, une diminution à 66% des taux actuels a été assumée.

La principale conséquence des changements climatiques (version pessimiste) serait de précipiter l'application des mesures de retrait ou de rehausser les paramètres de dimensionnement des ouvrages de stabilisation, ce qui, dans les deux cas, entraînerait des hausses de coût par rapport aux hypothèses de base. L'hypothèse optimiste inverserait la conséquence. Selon le principe de précaution, il semble indiqué de considérer l'hypothèse pessimiste en priorité. D'ailleurs, les observations récentes dans le domaine des changements climatiques tendent à démontrer que c'est l'hypothèse pessimiste qui semble s'imposer dans cette évolution. Les résultats d'analyse de l'impact de ce facteur sur la décision à prendre ne sont pas livrés ici. Ils seront présentés aux décideurs au moment voulu.

L'analyse des caractéristiques de l'aléa. Plusieurs analyses qualitatives et quantitatives ont été réalisées afin de déterminer les principales caractéristiques des processus physiques à l'origine de l'érosion et de la vulnérabilité du milieu côtier à ce processus : *marées, vagues et surcotes liées au passage des dépressions atmosphériques*. Ces facteurs sont modulés par la *faible profondeur de la batture* et par la *granulométrie des matériaux* présents arrachés aux talus. Il en résulte un équilibre complexe qui doit être bien compris afin de maximiser les chances de réussite lors de l'implantation de tout ouvrage de stabilisation faisant appel à l'enrochement, aux épis ou à toute autre approche. Il est donc indiqué de soutirer un maximum d'information des conditions actuelles : impact du quai municipal, morphologie de la batture, granulométrie du sable et pente des plages, etc).

Certains constats proviennent d'une analyse visuelle, parfois subjective, de la topographie et de la bathymétrie, en s'appuyant sur des jeux de couleurs imposés aux élévations. D'autres constats proviennent d'un traitement poussé de séries temporelles d'observation de vents, de vagues et de niveau d'eau. Finalement, d'autres constats proviennent de l'application de formules théoriques ou de modèles, qui viennent conforter certaines des analyses qualitatives réalisées antérieurement. Ces méthodes d'analyse et de calcul font d'ailleurs l'objet de plusieurs annexes à ce rapport. La présentation des méthodes permet d'une part de divulguer l'approche retenue, établie au meilleur des connaissances des auteurs, et ouvre ainsi la porte à toute contribution externe qui permettrait de les bonifier. D'autre part, les exemples de calculs appliqués au cas de Pointe-aux-Outardes peuvent servir de gabarit pour d'autres ACA similaires.

L'analyse du cas de Pointe-aux-Outardes permet ainsi de formuler les constats suivants :

Constat #1 : Le marnage (différence entre la haute et la basse mers) d'une marée moyenne à Baie-Comeau est de 2,9 m et il est de 4,2 m pour les grandes marées. Un tel marnage tend à disqualifier certaines méthodes de protection des côtes comme les brise-lames d'avant-côte (*offshore*) qui, d'après l'expérience, ne sont valables que pour des marnages inférieurs à 1 m.

Constat #2 : Les niveaux haut et bas atteints par la marée sont respectivement de +1,5 m (géodésique) et -1,3 m pour la marée moyenne et de +2,3 m et -1,8 m pour une grande marée.

Constat #3 : L'analyse des surcotes indique une surélévation du plan d'eau pouvant atteindre 0,7 m. Ajoutée à la cote de +2,3 m associée aux grandes marées, ceci signifie que le niveau d'eau peut atteindre la cote 3 m en conditions extrêmes. Toute protection utilisant de l'enrochement, y compris les épis conventionnels, doit être réalisée en considérant cette cote de 3,0 m. La probabilité qu'il y ait simultanéité de grande marée et de surcote importante demeure toutefois faible et limitée dans le temps à la phase de marée haute.

Constat #4 : D'après l'analyse statistique des extrêmes annuels de niveau d'eau, la période de retour associée à un niveau d'eau de 3 m serait de 50 ans. Comme les statistiques sont réalisées sur un ensemble de données présentant une composante déterministe importante (marée), les

résultats de ces analyses statistiques doivent être considérés comme indicatifs de la période de retour.

Constat #5 : La largeur de plage située entre le pied des talus et la cote géodésique 0 m varie entre 20 et 50 m. Il apparaît souhaitable que cette largeur soit d'au moins 30 m (par inspection des conditions d'engraissement de plage créées localement par la présence du quai).

Constat #6 : La largeur des micro-terrasses qui subsistent aujourd'hui varie entre 5 et 15 m. Pour une recharge de plage éventuelle, une valeur minimale de 15 m devrait donc être considérée.

Constat #7 : L'ensemble de données disponibles d'enregistrements de vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent est extraordinairement pauvre et il faut se rabattre sur un modèle de transformation du vent en vagues pour obtenir une série de données de vagues horaires qui permettent l'utilisation subséquente de formules d'analyse et de dimensionnement.

Constat #8 : Le régime des vagues généré en eau profonde, au large de l'estran de Pointe-aux-Outardes et en un point qui maximise les hauteurs de vagues provenant du sud-ouest et de l'est, indique que l'intensité de la vague (Hauteur de vague significative) pour un non-dépassement de 99,9% (12 heures par an) varie entre 3 et 4 m. La vague la plus forte était de 5,4 m. Compte tenu qu'il s'agit de vagues générées, ces valeurs sont considérées représentatives des conditions locales.

Constat #9 : L'analyse des mesures de vagues réalisées par l'ISMER en 2001 sur l'estran tend à démontrer que l'atténuation des vagues générées au large en eau profonde (35 à 60%) est très significative avant d'atteindre le site du capteur situé à 230 m de la rive. La vague de dimensionnement, pour le calcul d'enrochements (pour les épis conventionnels, par exemple) doit donc être évaluée en considérant cet aspect.

Constat #10 : Au plan hydrodynamique, l'interprétation d'une image satellitaire et l'analyse des données LIDAR (balayage topographique par laser aéroporté) permettent de déduire qu'au baissant la vidange est orientée NO-SE près de l'estuaire de la rivière aux Outardes et que cette zone est surélevée par rapport à l'estran situé plus à l'est. La vidange est orientée NE-SO tout juste à l'ouest du quai. Il y a variation graduelle de l'orientation des chenaux de vidange entre ces deux points. L'orientation des courants devient approximativement normale à la côte (axe N-S), à environ 1 km à l'ouest du quai.

Constat #11 : Idéalement, un modèle hydrodynamique devrait être utilisé pour mieux décrire le patron d'écoulement durant certaines phases du cycle des marées, et pour différentes conditions de débit de la rivière aux Outardes.

Constat #12 : L'identification visuelle de la zone active pour le transport des sédiments, basée sur la recherche d'une différence observable dans la bathymétrie de l'estran, a donné une distance de l'ordre de 130 m à partir du pied de talus pour la zone située à l'est du quai. Cet ordre de grandeur de la zone active semble corroboré par des calculs théoriques qui font l'objet de l'annexe I.

Constat #13 : Il ne faut pas confondre cette zone de transport actif avec celle de 25 m, établie par Génivar dans son étude pour le compte d'Hydro-Québec, et qui identifie la haute plage impactée par les vagues de tempêtes.

Constat #14 : L'influence du quai municipal sur la topographie locale s'avère très instructive, en indiquant que le transit sédimentaire dominant procède d'est en ouest. Il nous renseigne également sur la largeur de plage (distance entre le pied de talus et la cote 0 m) qui serait souhaitable. Finalement, la zone d'engraissement s'établit sur deux fois sa longueur effective

(longueur calculée à partir de la largeur de plage souhaitable. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, on considère souhaitable que les épis soient distants de 3 fois leur longueur effective. Cette séparation s'inscrit à l'intérieur des limites théoriques couramment acceptées dans la bibliographie qui sont entre 2 et 4 fois la longueur.

La vulnérabilité : constats

Caractéristiques de la vulnérabilité. L'analyse a pris en compte les principaux éléments vulnérables exposés à l'érosion : résidences, infrastructures de services publics, certains enjeux économiques importants comme le Parc Nature, la cueillette des myes, ainsi que l'enjeu écologique de la batture.

Secteur résidentiel. La prise en compte de la vulnérabilité des résidences est individualisée (par adresse civique) dans cette étude. La plupart des données sont puisées au rôle d'évaluation (2004-2007) y compris les dimensions caractéristiques des lots, dont la profondeur détermine en partie l'exposition au recul des talus. D'autres caractérisations sur le terrain ont permis de mesurer l'exposition réelle des bâtiments d'après leur marge de recul par rapport au haut de talus et l'état d'activation de l'érosion des talus et des micro-terrasses au pied de ceux-ci.

Toutes les résidences situées du côté sud de la rue Labrie Est (à l'est du quai municipal) ont été incluses dans l'analyse (adresses 150 à 392). Au total, ces résidences sont au nombre de 64 unités pour une valeur au rôle totale de 2,86M$ se répartissant ainsi : 0,41M$ pour les terrains et 2,45M$ pour les bâtiments. Si l'on ne considère que les bâtiments résidentiels admissibles à l'assistance financière, le nombre d'immeubles s'établit à 49. La valeur totale de ces immeubles est de 2,56K$ et leur valeur moyenne est estimée à 52K$ au rôle d'évaluation; elle est escomptée à 87,1K$ en valeur de remplacement. Au parc résidentiel s'ajoute un commerce de produits de la mer, 7 terrains vacants du côté de la mer et 7 chalets, maisons mobiles ou unités non catégorisées.

Ces 49 résidences disposent de marges de recul très variables, allant de 4 m à 129 m. Quatre de celles-ci sont virtuellement perdues actuellement à cause de leur trop grande proximité des hauts de talus (<7 m) qui ne permet pas leur déplacement sécuritaire. Dans l'hypothèse du retrait graduel, les bâtiments qui pourraient encore et devraient éventuellement être déplacés sont au nombre de 31. Huit de ceux-ci devraient l'être d'ici cinq ans, six les cinq années suivantes, et ainsi de suite jusqu'en 2038 (Scénario Retrait généralisé R1). Parmi ces 31 résidences, un peu plus de la moitié ne disposent pas de suffisamment d'espace sur le même terrain pour rester sur celui-ci, si une profondeur minimum de 60 m pour les lots est appliquée. Toutefois, les changements climatiques (hypothèse pessimiste) pourraient accélérer considérablement ce processus de délocalisation résidentielle.

Infrastructures publiques : Près de 1,6 km de la rue Labrie Est seront directement exposés à l'érosion à court et moyen termes (dans l'horizon de 30 ans de l'étude). À court terme (5 ans), un segment de 0,9 km bordé de terrains vacants est menacé (les segment E entre le 194 et le 324 Labrie est). À plus long terme (15-20 ans), le défaut stabiliser les berges commencerait à menacer assez rapidement un segment de 0,7 km plus au centre du village (Partie du segment D, du Chemin principal à l'adresse 236). Nous avons considéré ici le coût de reconstruction au km linéaire de ces infrastructures comme indication du coût de cette vulnérabilité, valeur qui s'applique dans l'hypothèse où l'on devrait déplacer ces segments. Sont inclus ici la voirie, l'aqueduc, et tous les réseaux filaires. Le coût unitaire se monte à 0,85 M$/km.

Écosystème de la batture et cueillette des myes. Les habitats diversifiés (marais intertidal) de la batture supportent un écosystème productif et très diversifié. Il s'agit d'un atout important pour toute la région de sorte qu'il est question de désigner tout le secteur de l'estuaire aux Outardes Zone de Protection Marine (ZPM). Le même secteur a d'ailleurs été récemment désigné Réserve de la Biosphère de l'UNESCO visant à souligner la richesse écologique et le rapport harmonieux entre l'homme et la nature de ce secteur. De plus, la ressource halieutique (cueillette des myes) représente un apport économique d'appoint intéressant pour des dizaines de cueilleurs autorisés (plus de trente) qui écoulent leur produit sur les marchés. On estime cet enjeu économique à plus de 300K$/an à Pointe-aux-Outardes.

Mais, il semble que les volumes des cueillettes tendent à diminuer au fil des années sans que l'on puisse pointer une cause en particulier à cette tendance. Le lien entre les habitats coquilliers et l'équilibre morphosédimentaire de la côte et de l'estran n'est pas évident à établir au stade actuel de nos connaissances. On peut toutefois supposer que le maintien d'un bilan sédimentaire équilibré devrait favoriser le maintien de cette exploitation, du moins stabiliser la valeur et la disponibilité des habitats, cette hypothèse restant toutefois à valider au niveau écologique. Dans l'hypothèse où une option de stabilisation de berges serait retenue, un suivi de l'évolution morphosédimentaire de la batture à l'échelle de la cellule nous semble hautement indiqué. Ce suivi devrait s'accompagner d'un suivi écologique des habitats coquilliers. On peut également supposer que toute mesure entraînant ou aggravant le déséquilibre sédimentaire actuel pourrait s'avérer préjudiciable à la ressource.

Infrastructures récréo-touristiques : La principale infrastructure de ce type est représentée par le Parc Nature. Localisé à l'extrémité ouest de la cellule morphosédimentaire de la pointe aux Outardes, ses côtes sont tributaires à la fois des apports sédimentaires de l'estuaire aux Outardes et des côtes en érosion. Elles subissent également l'attaque des vagues et des effets de bout reliés à l'empierrement linéaire de la rue Labrie ouest.

Le Parc Nature est très actif en saison estivale en offrant diverses activités d'interprétation du milieu côtier, à la fois sur les plans écologique et physique. Son niveau d'activité varie d'année en année mais son chiffre d'affaires annuel (entrées au guichet, projets de caractérisation) ajouté à des campagnes de financement fructueuses représentent des apports économiques appréciables pour Pointe-aux-Outardes. Le Parc Nature caresse des projets de mise en valeur importants qui pourraient grandement bénéficier d'une synergie avec la Réserve de la Biosphère de l'UNESCO, de la mise en place d'une ZPM et d'un programme de stabilisation de berges. L'option P4 (Épis Équilibré)) prévoit d'ailleurs de placer des épis (au minimum un seul plus important que ceux recommandés à l'est) au bout de l'empierrement linéaire (Labrie ouest) afin de contrôler les impacts pervers de celui-ci (effet de bout) au niveau du Parc Nature et entreprendre la réhabilitation de la plage à l'ouest du quai municipal.

Éléments de conception d'ouvrages de stabilisation

Sans présumer de la décision qui sera finalement prise, nous avons jugé à propos de publier ici les résultats techniques pertinents aux stratégies de protection envisagées. Celles-ci s'appuient sur la bibliographie la plus récente en matière de génie côtier. Les références principales sont le « *Coastal Engineering Manual* » du *U.S Army Corps of Engineers* et le « *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering* » publié par le *Construction Industry Research and Information Association* (CIRIA) et le *Centre for Civil Engineering Research and Codes* (CUR). À ces volumineux ouvrages se greffent des rapports spécialisés comme le "Guide du

dimensionnement du *riprap* produit par la Société d'Énergie de la Baie James » qui abordent des types particuliers de protection.

La détermination des conditions maritimes à Pointe-aux-Outardes (voir les constats ci-haut) a permis d'identifier les solutions techniques qui s'avèrent les plus intéressantes, basées sur les constats suivants :

Constat #1 : le quai municipal a répondu à la façon d'un épi en captant le sable et en réorientant la plage pour répondre aux sollicitations d'importance;

Constat #2 : le quai s'avère un prototype en vrai grandeur de ce qui pourrait être obtenu en implantant des épis dimensionnés de façon similaire;

Constat #3 : il existe des dépôts de sable à proximité (en rive ou sur la péninsule Manicouagan) qui permettent une recharge de plage adaptée aux forces en présence;

Constat #4 : les fortes marées font en sorte que l'utilisation de brise-lames d'avant-côte (*offshore*) n'est pas recommandée. En effet, dans la bibliographie, on indique que ces ouvrages doivent être considérés lorsque la marée ne dépasse pas 1 m. D'ailleurs, une photographie satellitaire montrant un tel type d'ouvrage construit à Pointe-Lebel semble confirmer dette assertion, d'autant plus que les brise-lames semblent assortis d'enrochements linéaires en rive. Il s'agirait ici, d'un système mixte de stabilisation;

Constat #5 : les ouvrages en enrochement de grande portée ou, *a fortiori,* construits à la pièce, pour protéger les talus de Pointe-aux-Outardes ont généré des érosions importantes aux extrémités (effets de bout) et la perte de la plage située en face. De plus, ceux-ci apparaissent mal conçus et sous-dimensionnés (taille des matériaux) de sorte qu'ils représentent désormais des éléments vulnérables à l'érosion et requièrent un entretien périodique coûteux;

Constat #6 : si une approche de stabilisation douce de berges était finalement préconisée, cette protection devrait être réalisée en tenant compte dans toute la mesure du possible des processus côtiers à l'échelle de l'ensemble de la cellule morphosédimentaire identifiée, du moins jusqu'au quai existant.

En conséquence de quoi, les options de champ d'épis analysées (P4, P6 ou MX1) pour stabiliser les berges semblent représenter des solutions potentiellement efficaces, quoi qu'à des degrés divers, dans la mesure où les constats énumérés et les paramètres de dimensionnement qui en découlent sont pris en compte rigoureusement. L'approche comporte l'implantation d'épis pour contrôler le transport littoral et favoriser la rétention locale de sédiments et une recharge de plage initiale afin d'éviter l'interruption brutale des apports sédimentaires en aval de la cellule et sur la batture adjacente.

1. Largeur de la plage sèche de 15 m implantée à la cote 3 m
2. Recharge de la plage qui respecte les principes d'un profil d'équilibre tel que décrit dans l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges
3. Implantation d'épis d'une longueur totale maximale de 90 m, incluant la plage sèche, qui laisse une bande d'environ 40 m au large pour le transport littoral longitudinal
4. Distance entre les épis d'environ 200 m, correspondant à un peu plus de trois fois la longueur effective de l'ouvrage (60 m), soit une zone d'influence comparable à celle du quai municipal.

Il est important de noter que les volumes de sable requis pour la recharge de plage dépendent étroitement de la granulométrie des matériaux disponibles, leur diamètre médian

particulièrement. La valeur escomptée pour l'étude est établie à partir de la taille moyenne des matériaux bruts disponibles en rive ou dans les sablières locales. L'emploi de sable plus grossier (brut ou tamisé) peut toutefois influencer considérablement à la baisse les volumes de recharge requis et donc rabattre les coûts directs de l'option. Une analyse économique complémentaire est donc tout à fait indiquée en vue d'optimiser le coût de cette composante majeure de l'option. On pourrait affirmer la même chose pour les épis conventionnels en enrochement dont la taille des matériaux peut influencer l'efficacité, la durabilité et donc, le coût. Encore là il y a matière à optimiser.

Remarque : Il convient aussi de mentionner qu'il s'agit d'une approche mixte de protection, concept décrit depuis peu dans la littérature et que nous sommes dans une zone bien particulière caractérisée par un fort marnage (écarts des niveaux minimum et maximum) de la marée. Les caractéristiques suggérées s'appuient sur une démarche logique et cohérente, et qui est expliquée à l'annexe H du rapport. La complexité des phénomènes en cause fait toutefois en sorte qu'on ne peut garantir le résultat. D'ailleurs, l'occurrence d'une tempête exceptionnelle, dépassant les limites retenues pour réaliser un dimensionnement économique, peut tout chambarder. Gardons à l'esprit que la nature reste maître, et tout au plus, pouvons-nous maximiser nos chances de nous prémunir contre les effets dommageables de certains événements extrêmes.

Emphase sur les principes de gouvernance participative

La mouvance du développement durable. L'approche de concertation et de développement durable préconisée dans cette étude s'inspire des principes de gouvernance participative énoncés dans la Politique nationale de l'eau (2004) et de la Politique de Développement durable (2006) les deux adoptées unanimement à l'Assemblée nationale du Québec. Elle répond également aux exigences du nouveau cadre de prévention des risques du Ministère de la Sécurité publique à cet égard. Ces politiques ont donné lieu à la mise en place d'un grand nombre de structures légères de *gestion participative* telles que les organisations de bassin versant (OBV) qui œuvrent en concertation à la gestion intégrée de l'eau à l'échelle des bassins versants, l'unité de gestion naturelle des cours d'eau. Il en résulte des actions concertées qui permettent souvent aux intervenants d'atteindre leurs objectifs en tablant sur des synergies, tout en permettant d'éviter la mise en place de situations conflictuelles forçant la conciliation. La table de concertation mise en place pour la présente étude émane de cette philosophie.

Un pari audacieux pour une question existentielle collective. Dans le cas présent de Pointe-aux-Outardes, et si une des options de stabilisation de berges était finalement retenue, les auteurs ont misé sur la cohésion et la solidarité de la communauté ainsi que sur les possibilités de concertation entre les intervenants. Le but était de minimiser les coûts, de dispenser les avantages au plus grand nombre d'intervenants possibles, de leur offrir des perspectives favorables et durables à long terme, en plus de minimiser les conflits d'usage potentiels. L'application de toute option de stabilisation nécessitera une mobilisation de la communauté autour de ce projet, y compris des entreprises locales et régionales, ainsi que des instances décisionnelles. À défaut de satisfaire à ces conditions minimales de saine gouvernance, les perspectives sont beaucoup moins encourageantes pour la communauté et pourraient forcer celle-ci à se replier vers des solutions de retrait beaucoup plus douloureuses à mettre en œuvre.

Résultats rfelatifs à la méthodologie d'analyse

Comme il a été mentionné, la présente étude poursuivait des objectifs méthodologiques explicites (les approches d'analyse : ACA et AMC) et implicites (modélisation numérique des processus). Les paragraphes suivants font un bref bilan de l'exercice.

L'analyse coûts/avantages. Strictement parlant, l'analyse coûts/avantages appliquée ici (le rapport de la firme Écoressources (2008) la désigne sous le vocable d'ACA approximative) se différencie d'une ACA classique à quelques niveaux, notamment par une monétarisation plus rigoureuse des éléments intangibles, par la définition et le rôle de l'option de référence (ne rien faire), par l'approche comparative des options et d'autres aspects plus secondaires. Nous ne sommes pas en désaccord avec les remarques de la firme bien que nous n'ayons pas eu tout le loisir de les implanter dans notre étude.

En revanche, notre approche issue d'une démarche d'ingénierie et de gouvernance participative comporte un volet technique très important, en plus de certaines questions d'ordre financier traitées sous l'angle de l'équité. D'autres questions relatives à la sensibilité des résultats à des paramètres importants tels que le taux d'actualisation ou le changement climatique, ou encore le nombre d'options de référence (deux ici) forment aussi des distinctions importantes par rapport à une ACA classique.

L'approche multi-critères a également pu être testée avec, elle aussi, quelques bémols par rapport au cadre méthodologique, notamment par rapport à l'origine des paramètres des critères et des pondérations. En revanche, la méthode appliquée a été exposée en toute transparence au Comité de concertation qui l'a implicitement avalisée.

Par ailleurs, l'étude a nécessité le développement inédit d'outils spécialisés et modularisés de type tableur sur Microsoft Excel^{MD}. Au moment de la prise de décision, ces outils devraient permettre de répondre rapidement à plusieurs des questions qui se posent encore par rapport à la sensibilité aux paramètres majeurs de l'étude en plus de faire ressortir les avantages nets des options présentées sur l'une ou l'autre des options de référence. Ces outils prennent en compte les dossiers individuels des résidents, à partir du rôle d'évaluation municipal, et leurs paramètres d'exposition à l'érosion. Ils intègrent également l'aspect dynamique de la problématique par la projection des conséquences dans le futur et leur actualisation en *valeur présente nette*. L'analyse multi-critères, axée à la fois sur les valeurs monétaires intangibles et l'évaluation du bilan sédimentaire, y est également implantée, elle aussi assortie de réserves quand à l'approche retenue qui n'est pas nécessairement conforme à l'état de l'art en cette matière.

Toutefois, nous n'allons pas jusqu'à prétendre à une nouvelle norme concernant ces méthodologies d'analyse, les présentes approches se voulant expérimentales.

Recommandation : *à la lumière de la présente étude, il semble indiqué de revoir les termes de référence inhérents aux études d'ACA – Risques naturels à venir afin de minimiser l'effort et les délais impliqués dans leur réalisation et d'en optimiser la portée*.

La modélisation des processus physiques. Les auteurs se sont interrogés à savoir jusqu'où, dans le contexte de pré-faisabilité d'une analyse économique, devraient être poussées les modélisations relatives aux processus physiques et au dimensionnement des ouvrages de stabilisation dont la mise en œuvre demeure incertaine. D'emblée, nous croyons que l'insertion harmonieuse de structures lourdes, et possiblement vulnérables aux puissantes forces de la mer, ne peut s'effectuer dans l'improvisation empirique ou procéder de simples avis d'experts. La mobilisation d'outils de modélisation appropriés semble donc tout à fait indiquée pour mieux

cerner la magnitude des forces en présence et maximiser les chances de succès à long terme. De plus, un minimum d'études techniques est nécessaire pour évaluer, quoique sommairement, les coûts de ces ouvrages. De surcroît, la considération d'options de stabilisation douce pose un problème additionnel de complexité qui ne peut être résolu qu'en modélisation.

Recommandation : Dans le contexte d'une ACA, il nous a semblé indiqué de disposer a priori d*'analyses préliminaires par modèles jusqu'au point où les grands paramètres de dimensionnement sont identifiés et raisonnablement quantifiés. Assortie d'interprétations géomorphologiques poussées, la modélisation numérique est un outil à privilégier avant la réalisation de l'ACA technique. Par la suite, à l'étape de la réalisation des plans et devis, d'autres calculs plus poussés sont requis afin de contribuer au dimensionnement final des ouvrages.*

Recommandation : Malheureusement, on compte très peu d'experts du domaine du génie côtier au Québec et il semble indiqué d'investir dans ce genre d'expertise, et s'il le faut, de mettre en place des équipes universitaires afin de conduire les recherches appropriées et former une relève pour faire face adéquatement aux conséquences de l'érosion et des changements climatiques.

COLLABORATEURS

Analyses, avis techniques

Pour l'Institut national de la recherche scientifique – Eau, Terre et Environnement

Responsable du projet, protocole d'analyse coûts-avantages (ACA), communications, rédaction et édition du rapport
Michel Leclerc, ing,. Ph.D., Professeur honoraire - Hydraulique environnementale

Dynamique côtière, avis
Bernard Long, Ph.D., Professeur en sédimentologie

Géomatique
Pierre-Luc Fortin, B.Sc., Géographe, inscrit à la Maîtrise en Sciences de la Terre (Risques naturels)

Pour Aquapraxis Inc.

Analyse et synthèse des processus d'érosion, détermination des scénarios techniques, génie côtier, rédaction du rapport
Pierre Dupuis, ing. M.Sc., Hydraulique

Pour le Ministère de la Sécurité publique (Service de l'Atténuation des risques)

Répondant principal
Jean-Denis Bouchard, M.Sc., Géologue

Conseiller
François Morneau, M.Sc., Géomorphologue

Suivi du dossier
Line Arsenault,

OURANOS

Changements climatiques et érosion côtière, avis
Jean-Pierre Savard, M.Sc., chercheur

Méthodologie d'analyse coûts-avantages, avis
Claude Desjarlais, M.A., économiste

Université du Québec à Rimouski

Dynamique côtière, exposition aux aléas, avis technique
Pascal Bernatchez, M.Sc., Ph.D.

Comité de concertation

En plus de certaines personnes mentionnées précédemment, le Comité de concertation était formé de :

Pour la Ville de Pointe-aux-Outardes

Responsabilité administrative, communications
Louise Durand, Mairesse
Dania Hovington, secrétaire-trésorière

Support technique
Maxime Whissell, technicien en urbanisme

Le Conseil municipal

Pour le ministère de la Sécurité publique en région

Gilles Gaudreault, conseiller en Sécurité civile, répondant régional
Josée Desgagné, conseillère en Sécurité civile, répondante régionale (3ième rencontre et suivantes)

Pour le Ministère des Pêches et Océans

Jean Morrissette, M.Sc., Biologiste

Pour le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Marilou Tremblay, B.Sc., biologiste, répondante régionale
Jean Sylvain, B.Sc., biologiste M.Sc., génie civil, répondant, Direction des Évaluations environnementales

Pour le Parc Nature de Pointe-aux-Outardes

Danielle Saint-Laurent, Directrice

Pour le Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes

Mme Marcelle Tremblay

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE EXÉCUTIF

1 MISE EN CONTEXTE ET PORTÉE DE L'ÉTUDE 1

1.1 Le Comité de concertation 1

1.2 État de la situation 1

1.3 Mise en contexte et historique 3

1.3.1 1980 4

1.3.2 1987-88 : la région se mobilise 4

1.3.3 1989-1991 : on déplore l'insuffisance de l'action sectorielle et la pression monte 5

1.4 Que retenir de cette époque ? 7

1.5 Critères d'évaluation des options et portée de l'étude 7

1.6 Objectifs généraux 8

1.7 Solutions envisagées *a priori* 8

2 MÉTHODOLOGIE 9

2.1 Comité de concertation 11

2.2 Résumer le contexte et établir un jeu de critères d'évaluation 11

2.3 Portée des conséquences à prendre en compte 12

2.4 Portrait de l'érosion, des facteurs physiques qui la favorisent 13

2.5 Portrait de la vulnérabilité 14

2.6 Exposition à l'érosion 14

2.7 Les options de référence 15

2.8 Les options alternatives 15

2.9 Comparer les options et proposer une stratégie intégrée 16

3 ÉTUDES ANTÉRIEURES : UN PARADIGME ÉVOLUTIF D'ANALYSE 17

4 PORTRAIT DE L'ÉROSION 23

4.1 Bibliographie pertinente 23

4.2 Description du terrain 23

4.2.1 Délimitation du secteur d'étude et courants résiduels 23

4.2.2 Données disponibles sur le terrain 24
4.2.3 Caractérisations effectuées 25

4.3 Caractéristiques topographiques 25

4.4 État actuel de la côte 29

4.5 Bilan sédimentaire : apports nets dus à l'érosion 30
4.5.1 Approche 30
4.5.2 Apport net au bilan sédimentaire de 2008 32
4.5.3 Prévision sur l'horizon 30 ans : une hémorragie appréhendée 33
4.5.4 Causes possibles 35

4.6 En résumé 36

5 SOLLICITATIONS HYDRODYNAMIQUES 37

5.1 L'estran de la péninsule de Manicouagan 37
5.1.1 Particularités de l'estran 39
5.1.2 Système de dunes situé à l'ouest du quai 40
5.1.3 Profil type de l'estran 42
5.1.4 Recherche de la zone active de transport de sédiments 43
5.1.5 Zone de transport actif : résumé 47

5.2 Les marées 48

5.3 Surcotes et décotes 50

5.4 Analyse statistique des niveaux extrêmes 51
5.4.1 Résumé - Paramètres de dimensionnement - Marée 53

5.5 Le régime des vagues en eau profonde 53
5.5.1 Mesures du régime des vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent 53
5.5.2 Génération du régime des vagues à partir du vent 54

5.6 Régime des vagues en eau peu profonde 60
5.6.1 Mesures réalisées sur la batture 60
5.6.2 Comparaison avec les vagues générées en eau profonde 61

5.7 Propagation des vagues vers la rive (modèle bi-dimensionnel) 63
5.7.1 Résultats à niveau d'eau extrême haut 63
5.7.2 Hauteurs de vagues retenues pour le dimensionnement d'ouvrages 65

5.8 Circulation hydrodynamique 65
5.8.1 Courants au flot 65
5.8.2 Courants au baissant (jusant) 66

5.9 En résumé 67

6 PORTRAIT DE LA VULNÉRABILITÉ 71

6.1 Composantes retenues – Portée de l'étude 71

6.2 Données disponibles sur la vulnérabilité - Faits saillants 71

6.2.1 Secteur résidentiel 71

6.2.2 Les résidences secondaires, maisons mobiles et terrains inoccupés 71

6.2.3 Les infrastructures municipales de voirie et les réseaux de services 72

6.2.4 L'écosystème de la batture de Manicouagan : un milieu riche et diversifié 72

6.2.5 L'érosion et les habitats coquilliers 73

6.2.6 Les infrastructures et usages récréo-touristiques : le Parc Nature 73

6.3 L'exposition résidentielle à l'érosion 76

6.4 Statistiques relatives à la vulnérabilité résidentielle et à l'exposition à l'érosion 77

6.5 Types de conséquences considérées : monétarisation 79

6.5.1 Les conséquences sanitaires 79

6.5.2 Les dommages directs 79

6.5.3 Les dommages indirects 79

6.5.4 Les dommages d'incertitude 80

6.5.5 Les dommages intangibles et inconvénients 80

6.5.6 Les plages 81

6.5.7 Le paysage côtier 82

7 INVENTAIRE DES TYPES DE SOLUTIONS : CONTEXTE D'APPLICATION 83

7.1 Le Programme général d'indemnisation – Mouvements de sols (PGMS) 84

7.2 Les Protocoles d'Application de Solutions (PAS) 84

7.3 L'allocation de départ 85

7.3.1 Principe 85

7.3.2 Avantages 86

7.3.3 Désavantages 86

7.4 Déplacement du bâtiment en préservant les avantages du site sur le même terrain ou à proximité 87

7.4.1 Principe 87

7.4.2 Avantages 87

7.4.3 Désavantages 88

7.5 Solutions structurelles : mesures douces ou dures ? 88

7.6 Empierrement linéaire 90

7.6.1 Principe 90

7.6.2 Avantages 90

7.6.3 Désavantages 90

7.7 Protection par des champs d'épis **91**
7.7.1 Principe 91
7.7.2 Avantages 91
7.7.3 Désavantages 92

7.8 Recharge de plage **93**

7.9 Résumé **94**

8 MODÈLE D'ANALYSE COÛTS/AVANTAGES - PARAMÉTRISATION **96**

8.1 Paramètres temporels : l'actualisation **96**

8.2 Paramètres économiques (PE) **97**

8.3 Paramètres physiques du retrait (PP) **98**

8.4 Paramètres fiscaux (FISC) **99**

8.5 Paramètres – Programme général d'assistance – Volet Mouvements de sol (PGMS) **99**

8.6 Retrait des bâtiments: mesures visant la vulnérabilité allocation de départ (AD) et déplacement de bâtiment (DB) **100**

8.7 Mesures de protection : empierrement linéaire - Paramètres retenus **101**

8.8 Mesures de ré-équilibrage : Épis – Paramètres retenus **102**

8.9 Mesures de ré-équilibrage : Recharge compensatoire – Paramètres retenus **104**

8.10 Mesures de retrait : déplacement de la rue Labrie **105**

8.11 Impact des changements climatiques **106**

8.12 Paramètres reliés aux avantages intangibles et aux dommages indirects **107**
8.12.1 Cueillette des myes 107
8.12.2 Les plages 108
8.12.3 Le paysage côtier 109

8.13 Paramètres de l'analyse multi-critères **110**
8.13.1 Rappel des critères 111
8.13.2 Critère Coût : $C_{\$}$ 111
8.13.3 Critère Durabilité : C_D 112
8.13.4 Critère Risque résiduel : C_R 113
8.13.5 Critère Équité : C_E 114
8.13.6 Critère Impacts environnementaux - Bilan sédimentaire : C_i 115
8.13.7 Critère Synergie - Mise en valeur : C_V 116
8.13.8 Critère Impact social : C_S 117

8.14 Critères globaux **118**

8.14.1 Critère G_i : Poids décisif sur le coût 119
8.14.2 Critère G_2 : Poids majoritaire sur le coût 119
8.14.3 Critère G_3 : Moyenne géométrique pondérée 119
8.14.4 Critère G_4 : Moyenne arithmétique pondérée 120
8.14.5 Critère ultime G_g : Moyenne des critères globaux 120

8.15 Résumé 120

9 SCÉNARIOS CONSIDÉRÉS 122

9.1 Scénarios de référence 122

9.2 Zones d'application 123

9.3 Option P1 : champ d'épis conventionnels (20) partout (3,9 km) 124
9.3.1 Objectifs recherchés 124
9.3.2 Caractéristiques générales de l'option 124
9.3.3 Traitements spécifiques 124
9.3.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité et les avantages identifiés – Risque résiduel 125
9.3.5 Bilan des coûts et avantages 125
9.3.6 Contraintes et limitations 125
9.3.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes 126
9.3.8 Équité – Répartition des coûts et des avantages 127
9.3.9 Variantes possibles 127

9.4 Option P2 : Champ d'épis (20) de type Holmberg partout 128
9.4.1 Objectifs recherchés 128
9.4.2 Caractéristiques générales de l'option 128
9.4.3 Traitements spécifiques 128
9.4.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité et les avantages – Risque résiduel 129
9.4.5 Bilan des coûts et avantages 129
9.4.6 Contraintes et limitations 129
9.4.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes 130
9.4.8 Équité – Répartition des coûts et des avantages 130
9.4.9 Variantes possibles 131

9.5 Scénario de référence P3 ou $P_{réf}$: Empierrement linéaire généralisé 131
9.5.1 Objectifs recherchés 131
9.5.2 Caractéristiques générales de l'option 131
9.5.3 Risque résiduel 132
9.5.4 Bilan des coûts et avantages 132
9.5.5 Variantes possibles 133

9.6 Option P4 : Champ d'épis conventionnels (12) – Équilibré – Retrait partiel de la rue Labrie Est 134

9.6.1 Objectifs recherchés 134
9.6.2 Caractéristiques générales de l'option 134
9.6.3 Traitements spécifiques 134
9.6.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel 135
9.6.5 Bilan des coûts et avantages 135
9.6.6 Contraintes et limitations 135
9.6.7 Avantages et/ou inconvénients 135
9.6.8 Équité – Répartition des coûts et avantages entre les parties prenantes 136
9.6.9 Variantes possibles (P4.1, P4.2) 136

9.7 Option P5 : Champ d'épis Holmberg (12) – Équilibré 138
9.7.1 Objectifs recherchés 138
9.7.2 Caractéristiques générales de l'option 138
9.7.3 Traitements spécifiques 138
9.7.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel 139
9.7.5 Bilan des coûts et avantages 139
9.7.6 Contraintes et limitations 139
9.7.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes 139
9.7.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes 141
9.7.9 Variantes possibles 141

9.8 Option P6 : Champ d'épis conventionnels (11) – Réduit – Retrait partiel de la rue Labrie Est 141
9.8.1 Objectifs recherchés 141
9.8.2 Caractéristiques générales de l'option et traitements spécifiques 141
9.8.3 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel 141
9.8.4 Bilan des coûts et avantages 141
9.8.5 Contraintes et limitations 142
9.8.6 Avantages et/ou inconvénients 142
9.8.7 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes 142

9.9 Option de référence - Retrait généralisé graduel avec assistance financière du PGMS – Scénario R1 ou $R_{réf}$ 144
9.9.1 Objectifs recherchés 144
9.9.2 Caractéristiques générales de l'option 144
9.9.3 Traitements spécifiques 145
9.9.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel 145
9.9.5 Coûts estimés de réalisation 146
9.9.6 Contraintes et limitations 146
9.9.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes 146
9.9.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes 149
9.9.9 Variantes possibles 149

9.10 Option mixte MX1 – Protection minimale par un champ d'épis (7)- Retrait partiel de la rue Labrie et de résidences exposées 149
9.10.1 Objectifs recherchés 149
9.10.2 Caractéristiques générales de l'option 150
9.10.3 Traitements spécifiques 150
9.10.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel 151
9.10.5 Bilan des coûts et avantages 151
9.10.6 Contraintes et limitations 151
9.10.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes 153
9.10.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes 153
9.10.9 Variantes possibles 153

9.11 Résumé 153

10 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE – COMPARAISON DES OPTIONS 155

10.1 Analyse comparative des bilans des options 155

10.2 Sensibilité des options au taux d'actualisation 156

10.3 Analyse multi-critères 160

10.4 En résumé 162

11 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 163

11.1 Sur la pré-sélection des options les plus avantageuses 163

11.2 Sur le portrait de la situation 163

11.3 Constats relatifs à l'hydrodynamique et à la réponse sédimentaire 164

11.4 Sur la conception préliminaire des ouvrages 166

11.5 Sur l'approche d'analyse coût-avantages 167

11.6 Sur la gouvernance participative 169

BIBLIOGRAPHIE 170

ANNEXE A : GLOSSAIRE DU RISQUE 174

ANNEXE B : CALCULS RELATIFS À L'ÉROSION ET À L'EXPOSITION DES ÉLÉMENTS VULNÉRABLES 175

ANNEXE C : ESTRAN DE LA POINTE-AUX-OUTARDES – IMAGERIE LIDAR 176

ANNEXE D : ANALYSES DU SIGNAL DE MARÉE 177

ANNEXE E : GENERATION DES VAGUES AVEC UNE SERIE DE VENTS HORAIRES178

ANNEXE F : ÉPISODES DE TEMPETES – VAGUES SUPERIEURES A 3 M - AMPLITUDE DE LA MAREE A BAIE-COMEAU ET RIMOUSKI 179

ANNEXE G : DISTRIBUTION DES VAGUES GÉNÉRÉES AU LARGE DE POINTE-AUX-OUTARDES 180

ANNEXE H : PROFILS DE PLAGE EN ÉQUILIBRE ET PROTECTION DES BERGES181

ANNEXE I : CALCUL DES VOLUMES THEORIQUES REQUIS POUR LA RECHARGE DE LA PLAGE DE POINTE-AUX-OUTARDES 182

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Péninsule de Manicouagan – Toponymie et cellules sédimentaires (Source, MSP, 2006).....4

Figure 2 : Méthodologie de l'étude.....10

Figure 3 : Schéma explicatif de la technique Holmberg d'après le mémoire du Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes (2005). L'échelle du croquis est distordue par rapport aux dimensions suggérées pour Pointe-aux-Outardes.....22

Figure 4: Variante de la technique Holmberg - Technique Geotube (Source : www.geotube.com)22

Figure 5: Cellules et processus hydro-sédimentaires de la batture de Manicouagan (MSP, 2005)24

Figure 6: Topographie générale (LIDAR) des côtes de la Pointe-aux-Outardes (rue Labrie Est).25

Figure 7: LIDAR dans la région du quai municipal - Sections transversales en face des propriétés26

Figure 8: Profil transversal de la côte au droit du 238 Labrie Est - Valeur de la pente en vert - Autres indications de niveau.....27

Figure 9: Exemple de profil transversal de la côte présentant encore une micro-terrasse (altitude de 3,3 m, largeur de 10 m) protectrice en pied de talus.....28

Figure 10: État actuel du milieu côtier - Pointe-aux-Outardes.....29

Figure 11 : Classification des pentes d'après le critère d'équilibre retenu (33 degrés).....30

Figure 12 : Paramètres de l'érosion à Pointe-aux-Outardes (1996-2003) – Extrait de Dubois *et al.* (2005).....32

Figure 13: Prévision de l'évolution des apports sédimentaires nets par l'érosion à Pointe-Aux-Outardes.....35

Figure 14 : Carte marine de la région de la péninsule de Manicouagan.....38

Figure 15 : Image de synthèse du relevé LIDAR effectué à l'été 2007.....38

Figure 16 : Image de synthèse à haute résolution de l'estran Pointe-aux-Outardes.....39

Figure 17 : Particularités morphologiques propres à l'estran de Pointe-aux-Outardes.....40

Figure 18 : Transect permettant d'évaluer la distance entre les dunes situées à l'ouest du quai ...41

Figure 19 : Caractéristiques des dunes à l'ouest du quai municipal.....41

Figure 20 : Vue en plan d'une section superposée sur les relevés LIDAR de l'estran.....42

Figure 21 : Vue en profil d'une section superposée sur les relevés LIDAR de l'estran.....42

Figure 22 : Agrandissement vertical de la zone de l'estran et pentes approximatives.....43

Figure 23 : Grille de 9 m de résolution – Cotes du fond entre -2 et 2 m.....44

Figure 24 : Délimitation subjective des deux zones bathymétriques distinctes.....45

Figure 25 : Localisation et profils d'un transect dans la zone proximale à la berge.....46

Figure 26 : Comparaison des signaux de marée de Baie-Comeau et Rimouski.....48

Figure 27 : Signal de marée (référence géodésique) mesuré à Baie-Comeau (1969-1991).....49

Figure 28 : Variation du niveau d'eau moyen à Baie-Comeau – Marée filtrée.....50

Figure 29 : Effets d'une surcote sur l'onde de marée (22-29 janvier 1971).....51

Figure 30 : Ajustement des niveaux extrêmes annuels à la loi Log-Pearson III 52
Figure 31 : Localisation des mouillages de bouées mesurant les vagues (SDMM) 54
Figure 32 : Radiales et fetch effectif en eau profonde au large de la Péninsule de Manicouagan . 55
Figure 33 : Régime des vagues généré pour Pointe-aux-Outardes 56
Figure 34 : Pourcentage de non-dépassement de la hauteur de vagues significative 56
Figure 35 : Épisode de fortes vagues et niveau d'eau (11 janvier 1977) 59
Figure 36 : Capteur de pression installé à l'été 2001 sur l'estran de la péninsule de Manicouagan Tiré de Karakiewicz *et al.*, 2001 60
Figure 37 : Marée mesurée et hauteur d'eau au dessus du capteur de pression Tiré de Karakiewicz *et al.*, 2001 60
Figure 38 : Hauteur de vague significative enregistrée en octobre 2001 Tiré de Karakiewicz, Romanczyk et Roy, 2001 61
Figure 39 : Comparaison des hauteurs de vagues générées en eau profonde et mesurées sur l'estran en octobre 2001. 63
Figure 40 : Train de vagues de 5 m en eau profonde provenant du sud 64
Figure 41 : Hauteur de vagues correspondant à la Figure 40 64
Figure 42 : Courants de vidange de la batture (jusant) inférés par interprétation de l'orientation des dépressions – Image originale tirée de Google Earth 65
Figure 43 : Chenaux de vidange visibles à niveau bas et limite de la plage sèche 66
Figure 44 : Présence d'une flèche littorale visible au large 67
Figure 45 : Nombre de résidences susceptibles d'être déplacées (sud de la rue Labrie) sur l'horizon de l'étude – Indication de disponibilité de terrain sur le même lot 78
Figure 46 : Taux d'utilisation des approches douces de stabilisation de berges –*vs*- les approches dures par USACE (2003) – Extrait du Coastal Engineering Manual (Volume V). 89
Figure 47 : Effet de type épi procuré par le quai municipal de Pointe-aux-Outardes 92
Figure 48 : Critère de base Coût global 112
Figure 49 : Critère de base Durabilité 113
Figure 50 : Critère Équité 114
Figure 51: Segmentation du milieu côtier pour fins d'analyse - Pointe-aux-Outardes 123
Figure 52: Prévision de l'évolution des apports sédimentaires nets selon le scénario 138
Figure 53 : Segmentation du territoire d'étude pour les tableaux suivants 156

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de la marée pour Baie-Comeau et Rimouski 49
Tableau 2 : Niveaux d'eau extrêmes établis par ajustements à des lois statistiques d'extrêmes ... 52
Tableau 3 : Distribution pour toutes les années – Tous les niveaux d'eau 57
Tableau 4 Distribution pour toutes les années - Niveau d'eau entre 2 et 3 m 58
Tableau 5 : Historique du Parc Nature depuis sa création et développements anticipés 75
Tableau 6 : Coefficient d'actualisation durant la période de référence – Taux d'actualisation de 4%/an 97
Tableau 7 : Paramètres économiques : jeux PP de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 98
Tableau 8 : Paramètres physiques PP: jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 98
Tableau 9 : Paramètres fiscaux FISC: jeu de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence .. 99
Tableau 10 : Paramètres d'assistance financière (PGMS): jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 100
Tableau 11 : Paramètres d'assistance financière pour le retrait des bâtiments résidentiels (PGMS): jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 100
Tableau 12 : Paramètres retenus comme représentatifs de l'empierrement : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 101
Tableau 13 : Paramètres retenus comme représentatifs des épis ou stabilisateurs de courants : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 103
Tableau 14 : Paramètres retenus comme représentatifs de la recharge compensatoire : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 106
Tableau 15 : Paramètres du retrait de la rue Labrie Est : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 106
Tableau 16 : Paramètres de modulation des taux de recul en fonction des changements climatiques: jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 107
Tableau 17 : Paramètres de modulation cumulative de la perte de la ressource en myes selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 108
Tableau 18 : Paramètres de modulation de la disponibilité et l'accessibilité des plages selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 109
Tableau 19 : Paramètres relatifs au paysage côtier selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence 110
Tableau 20 : Liste et définition des critères de base utilisés pour classifier les solutions proposées 111
Tableau 21 : Valeur du critère efficacité attribuée aux différents types de solution 113
Tableau 22 : Critère Impacts environnementaux et bilan sédimentaire 116
Tableau 23 : Critère Synergie – Mise en valeur 116
Tableau 24 : Critère Synergie – Impact social 117
Tableau 25 : Résumé des critères globaux appliqués 118

Tableau 26 : Poids retenus pour relativiser l'importance de critères de base 119

Tableau 27: Coût en M$ du scénario P1 – Épis conventionnels partout. Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain 126

Tableau 28 : Coût en M$ du scénario P2 – Épis Holmberg généralisé. Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain 130

Tableau 29 : Coût en M$ du scénario de protection de référence P3 ou Préf – Empierrement conventionnel généralisé avec recharge compensatoire annuelle Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain 133

Tableau 30 : Coût du scénario en M$ – Champ d'épis Équilibré avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P4. Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain 137

Tableau 31 : Coût en M$ du scénario de protection – Champ d'épis Holmberg (Option Équilibrée) avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P5. Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain 140

Tableau 32 : Coût en M$ du scénario de protection – Champ d'épis Réduit avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P6. Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur négative indique un gain 143

Tableau 33 : Coûts du scénario de référence– Retrait généralisé avec assistance financière du PGMS – Scénario R_1 ou $R_{réf.}$ Les montants indiqués sont en *valeur présente nette*. Une valeur entre parenthèse indique un gain 148

Tableau 34 : Coûts en M$ du scénario de référence MX1– Combinaison de champ d'épis et de mesures de retrait avec assistance financière du PGMS. Les montants indiqués sont en *valeur présente nette* (VPN). Une valeur en parenthèse indique un gain. 152

Tableau 35 : Bilan en valeur actualisée de l'ACA et des mesures applicables (1 de 2) Les valeurs entre parenthèses sont des gains 157

Tableau 36 : Analyse de sensibilité du coût des options (en M$) et de leur ordonnancement par rapport au taux d'actualisation (*TA*) - Δ% est l'écart en % par rapport à la base de comparaison 159

Tableau 37 : Résultats de l'analyse multi-critères des options – Les colonnes en gris représentent les deux options les plus avantageuses 161


WWW.INRS.CA

A N N E X E I

Analyse Coûts Avantages - ÉcoRessources Consultants 2009

ÉCO RESSOURCES
CONSULTANTS



RÉVISION DE LA PARTIE ÉCONOMIQUE ET SYNTHÈSE DU RAPPORT ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DE SOLUTIONS À LA PROBLÉMATIQUE D'ÉROSION LITTORALE À POINTE-AUX-OUTARDES

Rapport final

Ministère de la Sécurité publique
Gouvernement du Québec

26 janvier 2009

Experts en économie de l'environnement et des ressources naturelles

825, rue Raoul-Jobin, Québec (Québec) Canada G1N 1S6
201-1097, rue St-Alexandre, Montréal (Québec) Canada H2Z 1P8

www.ecoressources.com · info@ecoressources.com

Personnel impliqué et collaboration

Rédaction	Dany Lemieux, Directeur développement des affaires, Énergie, ÉcoRessources Consultants
Collaborateurs	Claude Sauvé, Économiste senior, consultant externe
	Jean Nolet, Président, ÉcoRessources Consultants

Table des matières

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF 1
2. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE 2
2.1. Historique récent de l'approche québécoise pour contrer l'érosion des berges 2
2.2. État de la situation dans le dossier Pointe-aux-Outardes 3
2.2.1. Démarche suivie par l'auteur 4
2.2.2. Différences entre une ACA classique et l'analyse de l'auteur 6
2.2.3. Erreurs méthodologiques de l'étude et traitement fait par ÉcoRessources 8
2.2.4. Démarche de ÉcoRessources pour obtenir l'ACA approximative 10
2.2.5. Impact de la réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO 11
2.3. Solutions possibles 12
2.4. Hypothèses pour chiffrer les avantages et les coûts de chaque option 15
2.5. Avantages et coûts de chaque option 17
2.6. Implication économique 21
2.7. Conclusions 26
BIBLIOGRAPHIE 28

Liste des tableaux

TABLEAU 1 – BILAN DES DIFFÉRENTES OPTIONS DU POINT DE VUE DE LA SOCIÉTÉ (ACA APPROXIMATIVE) 23
TABLEAU 2 - SYNTHÈSE - RÉSULTATS ÉCONOMIQUES DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES DIFFÉRENTES OPTIONS 24
TABLEAU 3 - RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES OPTIONS 25

Liste des figures

FIGURE 1 : PHOTO AÉRIENNE DE LA ZONE PROBLÉMATIQUE DE POINTE-AUX-OUTARDES 4
FIGURE 2 : EFFET DE TYPE ÉPI PROCURÉ PAR LE QUAI MUNICIPAL DE POINTE-AUX-OUTARDES 13
FIGURE 3 : SCHÉMA EXPLICATIF DE LA TECHNIQUE HOLMBERG 13
FIGURE 4 : TECHNIQUE GEOTUBE 14

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF

État de la situation

La municipalité de Pointe-aux-Outardes a mandaté le Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS-ETE) pour conduire une *analyse coûts/avantages* (ACA) portant sur différents types de solutions pouvant pallier à la problématique d'érosion des berges qui menace l'existence de plusieurs résidences et infrastructures exposées à cet aléa. Le mandat visait aussi à expérimenter l'approche ACA, pour le compte du ministère de la Sécurité Publique du gouvernement du Québec (MSP), dans une perspective de prévention et de réponse durable aux risques naturels. Étant donné l'ampleur et la complexité de ce mandat, ÉcoRessources Consultants (ÉcoRessources) a été choisie par le ministère de la Sécurité publique pour réviser la partie économique et synthétiser ce rapport. Il est important de spécifier que ÉcoRessources ne refait pas l'ACA dans son intégralité. Les objectifs sont donc d'expliquer la méthode d'analyse utilisée par l'auteur ainsi que leurs liens avec le but poursuivi par le MSP, de présenter les corrections apportées aux données économiques (lorsque cela était possible), de présenter les résultats d'une ACA approximative et d'aborder la signification stratégique des résultat tout en soulevant des considérations sur les critères décisionnels pour les autorités du MSP.

Éléments à considérer quant à la méthodologie de l'étude

ÉcoRessources est en mesure de témoigner de l'effort important déployé par l'auteur de l'étude, même si ce dernier n'a pas fait une ACA dans les règles de l'art. Une ACA classique est une technique d'analyse visant à vérifier les options les plus rentables (actualiser les avantages VS les coûts) du point de vue de la société. Les conclusions de l'auteur reposent plutôt sur une analyse de type multicritères qui comportent quelques lacunes méthodologiques au niveau économique (identifiées plus loin). Toutefois, les calculs de l'auteur ont permis de dégager certains avantages et coûts actualisés qui ont à être intégrés dans le cadre d'une ACA classique. ÉcoRessources a donc extrait les données pertinentes du point de vue de la société afin de présenter des résultats se rapprochant le plus près d'une ACA classique, auxquels ont été ajoutés certains calculs omis au départ. Ces considérations soulevées, ÉcoRessources croit que les résultats obtenus, la plupart des erreurs méthodologiques étant corrigées, ne diffèrent pas significativement de ceux qui auraient été obtenus si l'ACA avait été faite dans les règles de l'art. Avec les données dont elle disposait, ÉcoRessources a réalisé un exercice d'évaluation qui se rapproche le plus possible d'une ACA classique et les résultats doivent donc être interprétés avec cette limite.

Conclusion

La solution R1 est la moins négative des options pour l'ACA approximative et la solution P6 est la meilleure selon l'analyse multicritères (voir les tableaux de résultats à la section 2.6)

2. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

2.1. Historique récent de l'approche québécoise pour contrer l'érosion des berges

Depuis plusieurs années, le gouvernement du Québec rencontre divers problèmes dans son approche pour la recherche de solutions concernant l'érosion des berges, approche qui se résumait jusqu'à tout récemment à une aide de dernier recours. Ces problèmes peuvent se résumer comme suit :

- Prévenir et répondre à long terme aux problèmes d'érosion des berges des municipalités touchées;
- Assurer la sécurité des citoyens, des résidences et des infrastructures;
- Minimiser les coûts ainsi que les impacts environnementaux et sociaux de la solution choisie;
- Choisir une solution équitable pour les parties concernées (gouvernement, municipalité et riverains).

Dans sa volonté d'avoir une approche plus préventive que réactive, le gouvernement du Québec s'est doté en novembre 2006 d'un Cadre de prévention des principaux risques naturels basé sur la prévention des risques naturels. Trois étapes sont prévues par ce cadre :

- L'analyse et la communication des risques, qui sont entièrement assumées par le gouvernement du Québec;
- L'analyse, l'identification et le choix de solutions, pour lesquelles la responsabilité financière est partagée entre le gouvernement et les autorités municipales ou régionales;
- La mise en œuvre des solutions retenues, encore une fois à frais partagés entre le gouvernement et les autorités municipales ou régionales ainsi que les riverains.

Afin d'être en mesure d'analyser, d'identifier et de choisir des solutions qui permettraient de résoudre les problèmes énumérés plus haut, le ministère de la Sécurité publique a décidé de soumettre les solutions possibles à une analyse coûts/avantages (ACA), laquelle est déterminante pour une planification intégrée des interventions. Une ACA est un cadre d'analyse qui permet d'intégrer l'ensemble de l'information technique et économique concernant un projet pour comparer, du point de vue de la société, les coûts et les avantages sur une base commune (en $2008) pour toutes les parties touchées. En adoptant cet outil, l'objectif est d'assurer la meilleure utilisation possible de fonds publics pour répondre aux besoins dans un souci d'efficacité[1]. De plus, cet outil permet d'inclure les coûts et les avantages sociaux qui n'ont pas de valeur marchande. Les municipalités de Sept-Îles et de Pointe-aux-Outardes sont les premières à faire

[1] L'ACA s'intéresse surtout à l'efficacité et on fait l'hypothèse Kaldor-Hicks (Zerbe, (2001)) que le montant que les gagnants sont prêts à payer surpasse le montant que les perdants veulent recevoir. La distribution des coûts et des bénéfices des options est une question cruciale du point de vue de l'acceptabilité sociale et de l'équité.

réaliser des ACA pour les aider à déterminer la meilleure option qui s'offre à elles pour faire face à l'érosion des berges. Ainsi, la municipalité de Pointe-aux-Outardes a mandaté le Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS-ETE) pour conduire la présente ACA. Elle a été appuyée par le ministère de la Sécurité publique (MSP) qui voulait expérimenter cette approche dans une perspective de prévention et de réponse durable aux risques naturels.

2.2. État de la situation dans le dossier Pointe-aux-Outardes

Le secteur côtier de Pointe-aux-Outardes, localisé sur la péninsule de Manicouagan – Haute-Côte-Nord, subit depuis des années des reculs importants de ses rives par l'érosion et les mouvements de sol. Ces phénomènes mettent en péril à terme l'intégrité des propriétés qui y sont implantées, d'abord au niveau des terrains puis des résidences elles-mêmes. Les infrastructures publiques sont également menacées.

La recherche de solutions préventives, qu'elles visent le retrait, la stabilisation de berges (douce ou dure) et/ou une combinaison de ces objectifs, est d'abord basée sur la comparaison des impacts et des coûts actuels et à venir des différentes options. Cette recherche doit être entreprise dans une perspective de développement durable, c'est-à-dire en privilégiant l'efficacité économique à long terme des solutions proposées, leur acceptabilité sur le plan environnemental, ainsi que leur acceptabilité sociale.

Le cas de Pointe-aux-Outardes ne fait pas exception à la problématique rencontrée depuis plusieurs années par le gouvernement et plusieurs municipalités dans les cas d'érosion des berges. Afin de favoriser l'acceptabilité sur le plan social des solutions envisagées qui seront présentées aux gens du milieu, un comité de concertation a été créé. Il est formé de la Ville, du comité de citoyens et du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes, du gouvernement du Québec (ministères du Transport, de la Sécurité publique ainsi que du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs) et du gouvernement fédéral (ministère des Pêches et Océans). Sept critères ont été retenus par le comité de concertation, reflétant ainsi leur compréhension du dossier et les valeurs qu'ils privilégient (sans ordre d'importance) : .

- Les coûts;
- L'efficacité de la solution par rapport au risque résiduel;
- L'équité entre les parties touchées;
- Les impacts environnementaux et l'équilibre sédimentaire de la côte;
- La durabilité de la solution;
- La synergie possible entre les parties touchées pour la mise en valeur de la côte;
- L'impact social.

Ce sont ces critères qui ont été utilisés par l'auteur de l'étude dans son analyse multicritères, dont l'approche est expliquée dans la section suivante. Finalement, de façon à permettre de visualiser les enjeux liés à l'érosion des berges dans le cas de la municipalité de Pointe-aux-Outardes, la Figure 1 présente une photo aérienne des diverses zones touchées ainsi que les segments de la côte où sont considérées les mesures possibles :

FIGURE 1 : PHOTO AÉRIENNE DE LA ZONE PROBLÉMATIQUE DE POINTE-AUX-OUTARDES



2.2.1. Démarche suivie par l'auteur

À partir de toutes les informations sur le dossier, l'auteur de l'étude a procédé à une analyse multicritères permettant de tenir compte de l'impact de ces critères sur l'évaluation de chaque solution envisagée. L'auteur a d'abord fait la mise en contexte et identifié la portée de l'étude. Par la suite, il a élaboré sa méthodologie et effectué le portrait de l'érosion des berges et des mouvements de l'eau sur les sédiments côtiers ainsi que de la vulnérabilité des résidences et des infrastructures. L'auteur a également répertorié les différentes solutions possibles et leur contexte d'application et a calculé certains coûts et avantages actualisés de celles-ci. Ces coûts et avantages reposent sur des paramètres temporels, économiques, physiques, fiscaux et réglementaires ainsi que sur différents critères (coûts, efficacité de la solution par rapport au risque résiduel, équité entre les parties touchées, impacts environnementaux et l'équilibre sédimentaire de la côte, durabilité de la solution, synergie possible entre les parties touchées pour la mise en valeur de la côte, impact social). Les calculs reposent donc sur la paramétrisation de ces critères dans son modèle d'analyse qu'il qualifie d'avantages/coûts mais, qui en fait, est essentiellement une analyse multicritères comprenant un critère coûts, plutôt qu'une ACA faite dans les règles de l'art. Finalement,

une présentation détaillée des scénarios a été effectuée, de même qu'une synthèse des analyses qui a mené à des conclusions et des recommandations.

2.2.2. Différences entre une ACA classique et l'analyse de l'auteur

Il est important de souligner que l'analyse réalisée par l'auteur de l'étude est différente d'une ACA classique. En effet, tel qu'expliqué précédemment, une ACA classique est une technique d'analyse visant à identifier la ou les options les plus rentables (avantages actualisés VS coûts actualisés) du point de vue de la société pour réaliser un projet ou atteindre un objectif. La **première étape dans la réalisation d'une ACA classique** est d'identifier clairement et systématiquement tous les éléments à prendre en considération :

- Les **avantages directs** du choix d'une option, tel la valeur d'utilité de protéger des bâtiments ou des infrastructures;
- Les **coûts directs** du choix d'une option, tels le coût des épis, du retrait ou de l'empierrement;
- Les **répercussions (ou effets indirects)** de la mise en œuvre d'une option, que l'on classe en avantages ou en coûts indirects et qui peuvent prendre la forme:
    - d'**effets de nature technique**, tels les effets de bout produits lors de l'empierrement ou encore la détérioration des plages;
    - de **considérations environnementales**, soit les coûts des études d'impacts et de l'audience publique liés au choix d'une option ou encore les répercussions qui sont habituellement soulevées dans les études d'impact, par exemple la valeur de la sauvegarde ou de la perte d'un milieu humide[2];
    - de **conséquences sociales**, telles la perturbation du milieu de vie, la modification des paysages, la perte de vue sur la rive, l'accès et l'utilisation de la plage, l'atteinte au patrimoine culturel, la modification du sentiment de sécurité et les perturbations liées aux travaux;
    - d'**effets d'ordre économique**, tels la perte de terrains, de bâtiments, d'attraits touristiques, d'infrastructures publiques et d'activités commerciales.

Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, il était aussi important de bien classer les éléments en avantages, en transfert entre parties prenantes ou en coûts. Un même item peut en effet être un avantage, un transfert entre parties ou un coût, dépendamment de l'option choisie. À titre illustratif, dans le cas des scénarios de retrait généralisé (R1) et de protection minimale (MX1), les riverains déplacés perdent leur vue privilégiée au profit d'autres riverains qui sont actuellement de l'autre côté de la rue et ce n'est dans ce cas qu'un simple transfert d'utilité entre parties prenantes que l'on ne doit pas comptabiliser dans les avantages ou les coûts.

[2] Le ministère de la Sécurité publique a confirmé par téléphone le 21 janvier 2008 qu'aucun des scénarios n'engendre d'effets négatifs sur le marais salé de Pointe-aux-Outardes.

La **seconde étape** consiste à choisir les méthodes et les modèles appropriés pour calculer les différents impacts techniques des différentes options. Le choix du scénario (option) de référence est donc important et c'est le scénario « Ne rien faire » qui doit être privilégié dans le dossier Pointe-aux-Outardes. Toutes les options possibles doivent donc être calculées par rapport à ce scénario. La **troisième étape** consiste à s'assurer qu'il n'y a pas de double comptage. Un exemple de double comptage peut être de calculer la perte de l'accès et de l'utilisation à une plage (son utilité) et d'ajouter les coûts de sa restauration, soit deux façons de calculer la même chose. La **quatrième étape** requiert de tout mettre dans une base commune comparable, soit en $2008 dans notre cas. La **cinquième étape** consiste à ramener dans un même espace temps tous les montants qui peuvent être impliqués à divers moments dans le temps. C'est notre cas ici puisque les impacts de l'érosion sont analysés jusqu'en 2038. C'est donc la notion d'actualisation des flux monétaires des avantages et des coûts qui entre en ligne de compte ici. La **dernière étape** est de conclure sur le choix de la meilleure option en comparant les différentes options sur une même base.

Il n'est pas toujours possible de quantifier tous les éléments à analyser, particulièrement pour les items intangibles tels la perturbation du milieu de vie, l'atteinte au patrimoine culturel, la modification au sentiment de sécurité, les perturbations liées à la réalisation des travaux ainsi que les dommages causés aux écosystèmes. L'auteur ne l'a pas fait mais la plupart des ACA ne le font pas non plus car bien documenter chacun de ces éléments peut constituer en soi une étude. Par contre, nous pouvons dans certains cas utiliser des méthodes indirectes qui permettent d'obtenir des approximations qui sont valables pour chiffrer certains items intangibles. C'est le cas pour la perte de la vue sur la rive, la modification des paysages ainsi que l'accès et l'utilisation de la plage. C'est aussi le cas pour l'élément tangible que sont les terrains du Parc Nature qui sont affectés par les scénarios P3, P4 et P5. Néanmoins, la démarche de réalisation d'une ACA classique n'a pas été suivie rigoureusement par l'auteur. La plupart des avantages n'ont pas été calculés correctement et les calculs économiques comportaient des erreurs méthodologiques qui sont identifiées ci-dessous. Toutefois, les calculs de l'auteur ont permis de dégager certains avantages et coûts actualisés qui doivent être intégrés dans le cadre d'une ACA classique. ÉcoRessources a donc extrait les données pertinentes du point de vue de la société afin de présenter des résultats se rapprochant le plus près d'une ACA classique, auxquels ont été ajoutés certains calculs omis au départ.

Ces considérations soulevées, ÉcoRessources croit que les résultats obtenus, les erreurs méthodologiques étant corrigées pour la plupart, ne diffèrent pas significativement de ceux qui auraient été obtenus si l'ACA avait été faite dans les règles de l'art. Avec les données dont elle disposait, ÉcoRessources a réalisé un exercice d'évaluation qui se rapproche le plus possible d'une ACA classique et les résultats doivent donc être interprétés avec cette limite.

Compte tenu de son choix de faire une analyse de type multicritères, l'auteur a tenu à préciser qu'il différencie son analyse d'une ACA classique dans la mesure où un volet technique très important vient s'y ajouter, en plus de certaines questions d'ordre financier traitées sous l'angle de l'équité. L'étude a nécessité le développement inédit d'outils spécialisés et modulés de type tableur sur Microsoft Excel[MD]. Ces outils prennent en compte les dossiers individuels des résidents, à partir du rôle d'évaluation municipal, et leurs paramètres d'exposition à l'érosion. Il intègre également l'aspect dynamique de la problématique par la projection des conséquences dans le futur et leur actualisation en valeur présente nette. L'analyse multicritères, axée à la fois sur les valeurs monétaires intangibles et l'évaluation du bilan sédimentaire, y est également implantée. L'auteur ajoute qu'il ne prétend pas développer une nouvelle norme en matière de réalisation d'une ACA, la qualifiant plutôt d'«approche expérimentale»[3].

2.2.3. Erreurs méthodologiques de l'étude et traitement fait par ÉcoRessources

ÉcoRessources a décelé des erreurs méthodologiques lors de l'analyse de l'étude. Ces erreurs méthodologiques sont les suivantes :

- *Prise en compte des « transferts » dans les avantages et les coûts pour certaines options.* Dans une ACA classique, les transferts monétaires entres parties prenantes ne doivent pas être pris en compte dans le calcul des avantages et des coûts, dépendamment du choix de l'option. Par exemple, la perte de la vue directe de l'eau n'est qu'un transfert entre riverains dans le cas du choix des options R1 et MX1 et ne doit donc pas être calculée comme un coût. Les montants ont donc été corrigés dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative et cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.

- *Inclusion des taxes municipales et scolaires dans les avantages et les coûts des options.* Encore une fois, les taxes ne sont qu'un simple transfert entre la municipalité et les riverains et ne doivent pas être incluses dans les calculs. Cependant, les montants ont pu être retirés dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative car les tableaux de coûts dans l'étude étaient assez détaillés pour que ÉcoRessources ait accès aux calculs pour chacune des options. Cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.

- *Ajout de 15 % de valeur aux bâtiments protégés, utilisation d'un ratio de 60 % de la valeur au rôle d'évaluation par rapport à la valeur de remplacement du bâtiment et de 60 % de valeur de remplacement d'un bâtiment pour son déplacement.* Habituellement, on ne retrouve pas une telle appréciation de valeur des bâtiments ni d'un tel ratio ou d'une telle valeur de remplacement dans ce genre d'étude. Le 15% correspond à une évaluation de la plus value des immeubles suite à leur

[3] Leclerc (2008), *Analyse coûts-avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*, page xxi.

protection. Les études qui ont été réalisés sur cette question pour ce qui est de l'érosion du littoral, ne sont pas concluantes, de telle sorte qu'il est préférable de ne pas le considérer dans le cadre de la présente étude. Les hypothèses classiques sont la préservation de la valeur d'un bâtiment au rôle d'évaluation initial avant et après implantation de l'option choisie de même que la conservation de la pleine valeur au rôle par rapport à l'option de remplacement. En effet, la valeur des actifs immobiliers est estimée par le moindre du prix du marché de ces actifs (ici l'évaluation municipale), les coûts de relocalisation ou les coûts de restauration. La valeur de remplacement n'est pas utilisée parce qu'elle comporte une surestimation de la valeur de l'actif en cause. Cependant, les montants n'ont pu être corrigés dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA car ÉcoRessources n'avait pas accès aux calculs détaillés pour chacune des options.

- *Absence de l'estimation du coût d'une étude environnementale et d'une audience publique liée à l'implantation d'une option.* Seule l'option R1 ne nécessite pas une telle étude. Les montants nécessaires ont donc été inclus dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative et cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.

- *Absence de quantification de certains aspects tangibles et intangibles.* Pour les aspects tangibles, l'effet de bout est l'élément qui a été omis des calculs. Or, les effets de bouts (qui sont surtout associés aux empierrements) doivent d'abord être évalués en termes techniques avant d'évaluer économiquement les impacts probables de cette érosion accélérée (perte accélérée de terrain, déménagement plus rapide d'une résidence, etc). Comme cet élément n'a pas été évalué en termes techniques, ÉcoRessources n'a pas pu le traduire en termes économiques et ne s'y est pas attardée davantage. ÉcoRessources a également examiné la valeur de la perte des terrains spécifique au Parc Nature qu'engendrent les scénarios P3, P4 et P5. Les calculs ont été intégrés au tableau 1. Pour les aspects intangibles, l'auteur n'a pas considéré la valeur de préserver l'environnement, la perturbation du milieu de vie, l'atteinte au patrimoine culturel, la modification du sentiment de sécurité et les perturbations liées aux travaux des différentes options. ÉcoRessources n'en a pas tenu compte non plus dans ses conclusions au tableau 1, étant donné la difficulté d'obtenir des données à cet effet et que leur calcul dépasse le cadre de ce mandat. ÉcoRessources a toutefois quantifié la perte de vue sur la rive et la modification des paysages, ce qui n'avait pas été fait par l'auteur.

- *Mauvaise quantification des intangibles paysages et vue.* Ces concepts sont différents mais l'auteur les traite comme si ils étaient les mêmes. De plus, la perte de vue n'est qu'un transfert entre riverains dans le cas de options R1 et MX1 et tel qu'expliqué précédemment, n'avait pas été quantifiée par l'auteur. L'impact sur le paysage n'a pas non plus été quantifié par l'auteur. Les

montants ont donc été corrigés au tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative. Cela n'a donc pas d'impact significatif sur la conclusion de ÉcoRessources.

- *Mauvaise utilisation du concept de scénario de référence.* Le scénario « Ne rien faire » est celui qui aurait dû être utilisé. En effet, dans une ACA, un scénario de référence doit être un scénario à partir duquel on calcule les écarts des avantages et des coûts dus à l'adoption potentielle d'un autre scénario. L'auteur a utilisé deux scénarios de référence dans l'étude, soit R1 et P3. Toutefois, pour l'auteur, un scénario de référence est un scénario qui serait probablement adopté si on n'évaluait pas d'autres options. Dans le cas particulier de Pointe-aux-Outardes, il a adopté deux scénarios de référence, soit les deux historiquement adoptés lors de travaux entourant l'érosion des berges. En aucun temps, il n'a calculé les avantages et les coûts des diverses solutions possibles par rapport à ses deux scénarios de référence. L'auteur a plutôt calculé les avantages et les coûts de chaque solution possible par rapport au scénario « Ne rien faire ». La mauvaise utilisation du concept de scénario de référence n'a cependant pas d'impact négatif, mais ÉcoRessources tient à le souligner.
- *Surestimation de la valeur des revenus tirés de la collecte des myes.* ÉcoRessources a trouvé des sources plus récentes qui reflètent davantage la valeur de cet effet d'ordre économique liée à ce facteur[4]. Les montants ont donc été corrigés et inclus dans le tableau 1 de résultats pour l'ACA approximative et cela n'a donc pas d'impact sur la conclusion de ÉcoRessources.

2.2.4. Démarche de ÉcoRessources pour obtenir l'ACA approximative

ÉcoRessources a d'abord identifié clairement et systématiquement tous les éléments à prendre en considération. Une fois que la sélection des éléments à extraire de l'étude a été faite, ÉcoRessources les a classés en avantages et en coûts.

Du côté des **avantages** (directs et indirects), nous avons inclus la **valeur des bâtiments et des terrains** que l'on souhaite sauver de même que la **valeur d'utilité des infrastructures routières**. Toujours au niveau des avantages, nous avons pu inclure la **valeur de l'accès et de l'utilisation de la plage**, qui a été calculée par l'auteur sauf pour R1 où l'hypothèse de Tecsult a été utilisée car l'auteur n'avait pas fait le calcul pour ce scénario. Nous avons finalement inclus la **valeur de la vue** ainsi que **la valeur de la modification des paysages**.

Du côté des **coûts**, nous avons inclus le **coût de la solution à implanter** (retrait, épis ou empierrement), le **coût de l'étude environnementale** (nécessaire pour tous les scénarios, sauf le retrait généralisé) **et de l'audience publique** (nécessaire pour tous les scénarios, sauf encore une fois le retrait généralisé), le **coût**

[4] MPO, 2008. Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007. Avis sci. 2007/051, Pêches et Océans Canada.

de la recharge initiale (et **périodique** le cas échéant) et le **coût des pertes d'activités économiques découlant de la cueillette de myes**. Finalement, les **pertes liées à l'accès et à l'utilisation de la plage** ont été incluses de même que la valeur de la **perte des terrains spécifique au Parc Nature** qu'engendrent les scénarios P3, P4 et P5.

En quelques occasions, ÉcoRessources n'a eu qu'à extraire les données qui ont été calculées correctement par l'auteur pour certains avantages ou coûts présents dans l'étude. ÉcoRessources s'est assurée que les calculs avaient été correctement effectués par rapport au scénario de référence « Ne rien faire ». Pour les autres avantages ou coûts, ÉcoRessources a effectué elle-même les calculs lorsque les données de base étaient disponibles. C'est pour cette raison que nous parlons d'une ACA approximative au tableau 1. Le mandat n'était pas de faire l'ACA, mais d'obtenir des données économiques fiables et utilisables pour les autorités ministérielles à partir des documents existants. Pour les éléments non couverts, soit ils n'ont pas été calculés par l'auteur, soit ils n'étaient pas non plus disponibles facilement. Ensuite, ÉcoRessources s'est assurée qu'il n'y ait pas de double comptage ou de mauvaise utilisation des transferts entre parties prenantes. Finalement, les calculs de l'auteur étaient déjà dans une base commune comparable, soit en $2008 dans notre cas, et avaient été ramenés correctement dans un même espace temps (coûts et avantages actualisés). Pour les valeurs manquantes, nous les avons mises dans une base commune comparable, soit en $2008, et les avons ramenées dans un même espace temps.

2.2.5. Impact de la réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO

En dernier lieu, un élément pouvant potentiellement influencer le choix de l'option a été porté à l'attention de ÉcoRessources. En effet, une demande a été formulée à l'hiver 2007 pour que la zone visée par l'étude soit incluse et reconnue comme réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO[5]. La réserve mondiale de Manicouagan-Uapishka a été reconnue par l'UNESCO le 20 septembre 2007[6]. Il est difficile de déterminer quel impact cette reconnaissance aura sur le choix de la solution retenue mais il est clair qu'elle en aura. Toutefois, nous n'en tiendrons pas compte pour les fins de notre mandat, outre pour l'estimation du coût des études d'impact environnementales.

[5] MESSIER, J-P. L. (2007). Formulaire de proposition à l'UNESCO de la Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan - Uapishka (Québec, Canada). Comité de création de la Réserve de la biosphère Manicouagan – Uapishka, Baie-Comeau, 137 pages.
[6] http://www.rmbmu.com/

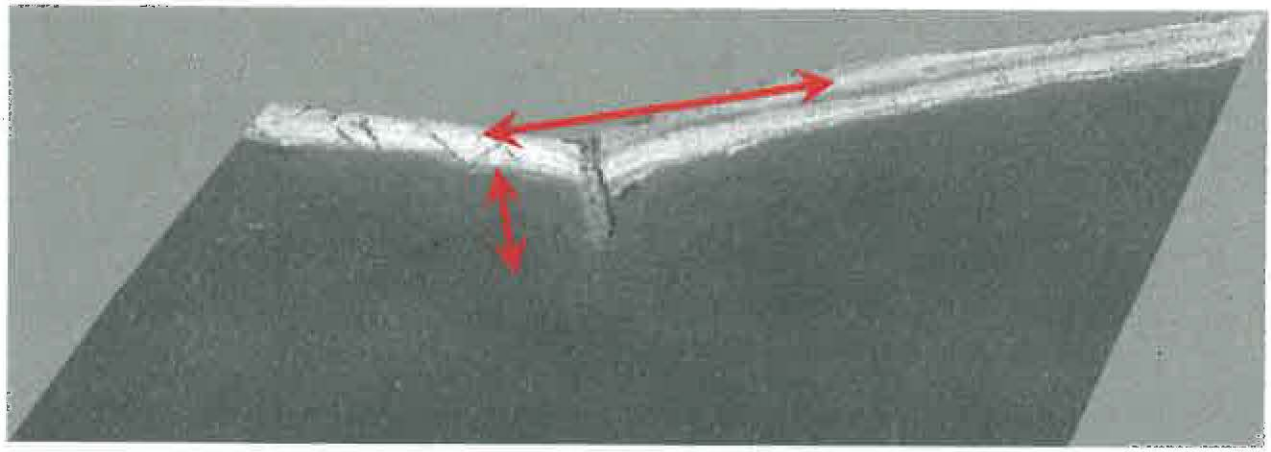
2.3. Solutions possibles

L'auteur de l'étude a identifié **trois types de mesures possibles, qui peuvent comprendre elles-mêmes diverses options** :

- Le **retrait simple** sans intervention visant à atténuer ou contrôler les processus d'érosion, représenté par l'option *Retrait général progressif assisté financièrement* (**R1**), soit des mesures de **retrait de bâtiments et d'infrastructures seulement, incluant 1,56 km de la rue Labrie Est (zones visées D+E+F).**
- Les **protections dures**, sans égard pour leur impact sur l'environnement, représenté par l'option *Empierrement linéaire généralisé* (P3), soit **l'empierrement conventionnel sur 3,9 km ne nécessitant aucun retrait mais une recharge de sable initiale et périodique (zones visées D+E+F).**
- Les **stabilisations douces,** qui sont des mesures alternatives qui peuvent aussi comprendre une partie des options de références. Ces mesures interagissent avec les courants littoraux et le régime de vagues à différents stades du cycle de la marée et en fonction des surcotes produites lors des tempêtes. En stabilisant ces processus et en dissipant l'énergie des vagues, les mesures douces retiennent le transit sédimentaire sur les plages aidant ainsi à les reconstruire. Chacune de ces mesures est décrite sommairement ci-dessous afin d'en démontrer le principe de fonctionnement :
  - *Champ d'**épis conventionnels** partout avec recharge initiale et périodique de plage* (option **P1**)

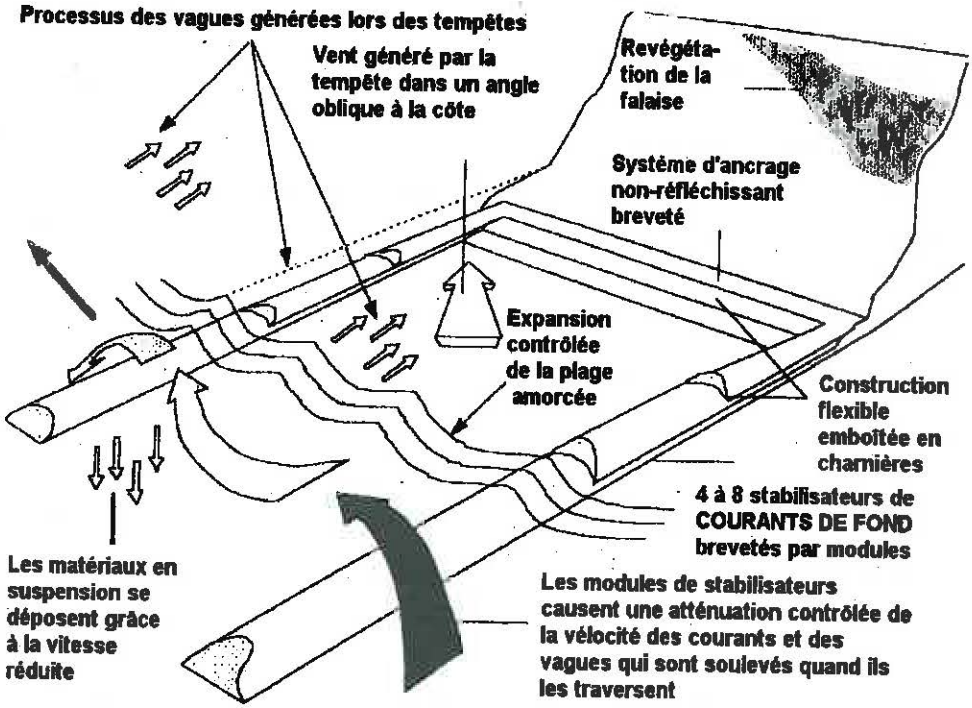
    Cette option consiste en un **enrochement perpendiculaire à la rive (relativement similaire à un quai naturel) que l'on recrée à 20 reprises et en un remplissage initial et périodique de la plage** avec du sable (ou en matériaux plus grossiers). En dissipant une certaine quantité d'énergie des vagues et en ralentissant les courants littoraux par un allongement de leur parcours, les **20 épis, concentrés sur les zones visées D, E et F** (voir Figure 1), retiennent les sédiments en transit et permettent ainsi de régénérer une plage. On peut toutefois mentionner que la longueur de segment de côte protégée par un épi s'établit à 2 à 4 fois sa longueur effective (USACE, 2003). Un exemple de l'action résultante d'un épi est donné par la morphologie autour du quai municipal de Pointe-aux-Outardes (Voir Figure 2 ci-dessous). D'une longueur effective typique de 70 m, l'influence du quai se répercute sur près de 210 m, voire plus (l'effet s'estompe asymptotiquement), soit environ 160 m à l'est (amont du transit) et 50 à l'ouest (aval). Ces paramètres s'inscrivent dans la variation des valeurs suggérées dans la bibliographie concernant les longueurs de protection. **Aucun retrait n'est prévu avec cette option.**

FIGURE 2 : EFFET DE TYPE ÉPI PROCURÉ PAR LE QUAI MUNICIPAL DE POINTE-AUX-OUTARDES



- *Champ d'épis de type **Holmberg** (boudins remplis de sable ou béton) partout avec recharge initiale et périodique de plage (option **P2**).* Cette option est **similaire à P1 mais avec une technologie différente** (voir Figure 3).

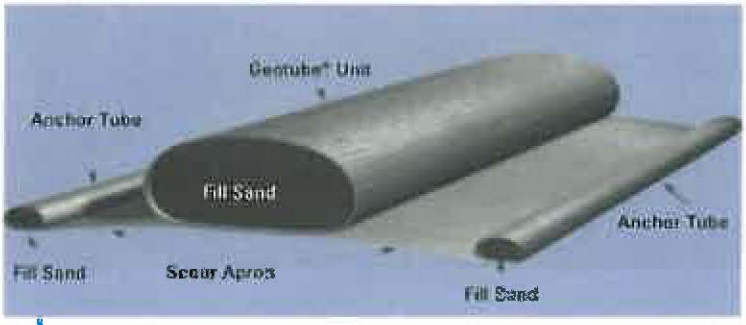
FIGURE 3 : SCHÉMA EXPLICATIF DE LA TECHNIQUE HOLMBERG



(SOURCE : MÉMOIRE DU COMITÉ DE CITOYENS DE POINTE-AUX-OUTARDES 2005)

La Figure 4 montre une variante de la technique Holmberg, appelée Geotube (Source : www.geotube.com), qui est similaire à celle-ci.

FIGURE 4 : TECHNIQUE GEOTUBE



Cross section of a Geotube® beach installation.

- *Champ d'épis conventionnels équilibré avec recharge initiale seulement* (option **P4**)
  Cette option est la **même que P1 mais 12 épis au lieu de 20**, dont un situé avant le Parc Nature (donc **zones visées A, D et F**), **seulement un remplissage initial de la plage** avec du sable (ou en matériaux plus grossiers) **et le retrait d'une portion de 0,9 km de la rue Labrie (au lieu de 1,56 km)**.

- *Champ d'épis de type Holmberg équilibré* (option **P5**)
  Cette option est la **même que P4 mais avec une technologie différente, soit 12 épis Holmberg**.

- *Champ d'épis conventionnels réduit* (option **P6**)
  Cette option est la **même que P4 mais avec 11 épis**, soit un en moins à l'extrémité ouest du segment A (donc **zones visées D et F**), ce qui a pour effet de cesser de retenir le sable en transit avant sa sortie du système et de chercher à compenser les impacts de l'empierrement linéaire sur la rue Labrie Ouest. Le **retrait d'une portion de 0,9 km de la rue Labrie (au lieu de 1,56 km)** fait également partie de cette option.

- *Protection minimale* (option mixte **MX1**)
  Cette option consiste en un champ de **huit épis** à l'est du Chemin principal (**zone visée D**), **seulement un remplissage initial de la plage** avec du sable (ou en matériaux plus grossiers)

et le **retrait des bâtiments (mixité d'usages résidentiel et de villégiature) et de la rue Labrie dans les segments E et F.**

2.4. Hypothèses pour chiffrer les avantages et les coûts de chaque option

Dans une ACA classique, il importe de bien faire ressortir les avantages et les coûts du point de vue de la société. ÉcoRessources a donc séparé les avantages et les coûts des simples transferts entre ces parties afin de respecter l'esprit d'une ACA classique et a identifié les éléments quantifiables et non quantifiables.

Éléments non quantifiables

Notons que certains avantages ou coûts ne seront pas quantifiés dans ce rapport. C'est le cas pour les **impacts potentiels sur l'environnement**. C'est le rôle des études d'impact de quantifier cet aspect et cela allait au-delà de notre mandat. ÉcoRessources n'a pas tenu compte de la **perturbation du milieu de vie**, étant donné qu'il est plausible que les gens déplacés seraient relocalisés dans le secteur où ils vivent actuellement et, par conséquent, la valeur économique est établie à zéro. Pour être en mesure d'établir une valeur économique à la **modification du sentiment de sécurité**[7] et **aux perturbations liées aux travaux**[8], on doit notamment réaliser des entrevues et des études sur les préférences révélées. Cela dépasse le cadre de ce mandat et, par conséquent, leur valeur économique n'est pas prise en compte dans le cadre de ce mandat. Finalement, étant donné qu'il n'y a pas d'attrait de type patrimonial dans le secteur visé par l'étude, la valeur économique de l'**atteinte au patrimoine culturel** a aussi été établie à zéro.

Éléments quantifiables

ÉcoRessources a procédé de la façon suivante pour chiffrer les avantages et les coûts :

Avantages

- Valeur de bâtiments et des terrains à sauver : valeur au rôle d'évaluation municipale en 2007 (dernière année d'évaluation disponible) des bâtiments et des terrains qui seraient détruits en l'absence d'intervention. Cette valeur est la même peu importe le scénario choisi;

[7] Le lecteur peut toutefois se référer à l'article *Une analyse de rentabilité du Processus holistique de guérison de la Première nation de Hollow Water* pour être en mesure de constater la technique employée pour évaluer la modification du sentiment de sécurité disponible au http://ww2.ps-sp.gc.ca/publications/abor_corrections/apc2001_f.pdf.

[8] Le lecteur peut se référer au guide développé par le ministère des Transports du Québec intitulé *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport*, où la meilleure évaluation du coût du bruit est celle du coût des mesures mises en place pour en atténuer les effets, par exemple les murs anti-bruits pour réduire le climat sonore le long des autoroutes.

- Valeur d'utilité des infrastructures routières : estimée par le coût de reconstruction et/ou de déplacement (extrait de la base de données de l'auteur) actualisé pour les scénarios où il n'y a pas de retrait d'une portion de la rue. Pour les autres scénarios, puisque l'on reconstruit ces infrastructures, le coût annule l'avantage;
- Valeur de l'accès et de l'utilisation de la plage : correspond à la valeur totale du temps de loisir que les utilisateurs y consacrent (extraite de la base de données de l'auteur), sauf pour R1 où l'hypothèse de Tecsult a été utilisée car l'auteur n'avait pas fait le calcul pour ce scénario;
- Valeur du paysage[9] : estimée par la valeur moyenne des droits d'entrée au Parc Nature multipliée par le nombre de visiteurs payants annuellement;
- Valeur de la vue : estimée à 10 000$ par résidence touchée[10], avec perte de 25 % de cette valeur dans les scénarios avec épis et 75 % dans le scénario d'empierrement et a été comptabilisée l'année prévue de la réalisation des ouvrages[11]. Dans les scénarios avec retrait, la valeur de la vue n'est qu'un transfert entre les riverains déplacés et ceux qui profiteront maintenant de cette vue.

Coûts

- Coûts de la solution à implanter : extraction dans la base de données de l'auteur des coûts des infrastructures liés aux divers scénarios;
- Coût de l'étude environnementale et de l'audience publique : les coûts des études d'impacts et de l'audience publique ont été estimés à 400 000$ et 230 000$ respectivement, basés sur la

[9] On devrait toutefois évaluer le paysage en se référant à des marchés indirects ou à des marchés reconstitués fictivement par le biais d'une enquête et à la notion de consentement à payer dont le montant correspond à un prix (voir Job (2006), *Éléments pour l'évaluation économique du paysage).* Ces grandeurs sont calculées notamment sur la base de la mise en œuvre de trois méthodes, à savoir la méthode des coûts de déplacement, la méthode des prix hédonistes et la méthode d'évaluation contingente. Les deux premières se réfèrent à des marchés indirects et donc à des usages effectifs, tandis que la troisième s'appuie sur des enquêtes censées reconstituer la transaction marchande et vise à tenir compte non seulement des valeurs d'usage mais aussi des valeurs de non-usage et d'existence. Les études d'impact environnementales adressent habituellement ce genre de questions. Une approximation grossière pourrait être le calcul de l'ensemble des dépenses liées à la fréquentation du site par les visiteurs (nuitées, restaurant, souvenirs, frais de déplacement, etc.) et ajouter les droits d'entrée. Ce serait une borne inférieure et c'est ce que ÉcoRessources a fait avec les seuls droits d'entrée au Parc Nature. Toutefois, la façon rigoureuse de procéder serait de connaître les préférences des consommateurs et d'établir leur courbe de demande. La surface sous la courbe de demande au dessus du prix d'entrée au Parc Nature représenterait le surplus du consommateur. C'est le bénéfice « intangible » du site. Il faudrait par la suite voir comment chacune des options affecterait l'offre du site, ce qui devrait déplacer la courbe de demande vers la gauche, réduire les revenus globaux ainsi que le surplus du consommateur. C'est cette différence entre les deux surplus du consommateur qui représenterait le coût intangible associé à l'option. Puisque nous n'avons pas sondé les visiteurs pour savoir pourquoi ils s'y rendent et leurs dépenses pour s'y rendre (leurs préférences, qui permettraient de faire la courbe), par conséquent, ÉcoRessources a choisi d'établir la valeur économique du paysage sur les seuls droits d'entrée au Parc Nature.

[10] Leclerc (2008), *Analyse coûts-avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*, page 88.

[11] Valeurs tirées du rapport de Tecsult inc, *Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles.*

fourchette supérieure employée par Tecsult pour les études d'impact (étant donné que la zone visée par l'étude est reconnue comme réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO) ainsi que sur le coût de l'audience publique du BAPE sur la Côte-Nord concernant le projet La Romaine d'Hydro-Québec;

- Coût de la recharge initiale (et des recharges périodiques, le cas échéant) : extraction dans la base de données de l'auteur des derniers calculs de coûts liés aux divers scénarios;
- Coût des pertes économiques découlant de la cueillette de myes : calculé en fonction de données les plus récentes de Pêches et Océans Canada[12];
- Coût de la perte des terrains spécifiques au Parc Nature qu'engendrent les scénarios P3, P4 et P5 : multiplication de la superficie perdue par la valeur foncière moyenne de 2007 des terrains touchés par les différents scénarios sur la rue Labrie;
- Coût des pertes d'accès et d'utilisation des plages : valeur totale du temps de loisir que les utilisateurs ne peuvent plus consacrer à la fréquentation des plages des secteurs touchés (valeur extraite de la base de données de l'auteur).

2.5. Avantages et coûts de chaque option[13]

Certains avantages et coûts sont chiffrés et actualisés (représentés en M$), d'autres non, mais ils figurent quand même pour le bénéfice du lecteur étant donné les enjeux autres qui n'ont pu être pris en compte par l'ACA dans ce dossier.

*2.5.1. Mesure de type retrait simple, représenté par l'option Retrait général progressif assisté financièrement (**R1**)*

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (0,31 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Délais plus courts car le Programme général d'indemnisation – Mouvement des sols (PGMS) est déjà existant;
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées.
- Coûts
  - Coût total (rue + autres coûts) du retrait (2,69 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,40 M$);
  - Perturbations du milieu de vie pour les citoyens déplacés.

[12] MPO, 2008. Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007. Avis sci. 2007/051, Pêches et Océans Canada.
[13] Non présentée par ordre d'importance.

*2.5.2. Mesure de type protections dures, représenté par l'option Empierrement linéaire généralisé (**P3**)*

- Avantages
  - Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Préservation de la vue sur la rive (0,07 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Solution connue et déjà appliquée ailleurs.
- Coûts
  - Coût de l'empierrement (7,49 M$);
  - Accès et utilisation des plages restreints (6,18 M$);
  - Effet de bout;
  - Perte de cueillette de myes (0,81 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Coût des terrains perdus au Parc Nature (0,15M$);
  - Recharge initiale et périodique (10,42 M$);
  - Impact sur le paysage côtier naturel.

2.5.3. Mesures de type stabilisations douces, représenté par les options suivantes :

2.5.3.1. Champ d'épis conventionnels partout avec recharge initiale et périodique de plage (option P1)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 20 épis conventionnels (2,34 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale et périodique (7,32 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.2. Champ d'épis de type Holmberg (boudins remplis de sable ou béton) partout avec recharge initiale et périodique de plage (option P2)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,96 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 20 épis Holmberg (13,37 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale et périodique (7,32 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.3. Champ d'épis conventionnels équilibré avec recharge initiale seulement (option P4)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,63 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 12 épis conventionnels (1,45 M$);
  - Coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Coût des terrains perdus au Parc Nature (0,15M$);
  - Recharge initiale (2,61 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Impact sur le paysage côtier naturel;
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.4. Champ d'épis de type Holmberg équilibré (option P5)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (1,55 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,63 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 12 épis Holmberg (8,32 M$);

- Coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63 M$);
- Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
- Coût des terrains perdus au Parc Nature (0,15M$);
- Recharge initiale (2,37 M$);
- Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
- Impact sur le paysage côtier naturel;
- Perturbations liées aux travaux;
- Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.5. Champ d'épis conventionnels réduit (option P6)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (0,93 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (0,63 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$);
  - Sentiment de sécurité et contrôle du risque à long terme (LT) pour les personnes qui risquaient d'être touchées;
  - Préservation de la vue sur la rive (0,22 M$).
- Coûts
  - Coût de 11 épis conventionnels (1,33 M$);
  - Coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale (2,38 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,16 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.5.3.6. Protection minimale (option mixte MX1)

- Avantages
  - Accès et utilisation des plages (0,62 M$);
  - Sauvegarde des paysages (0,02 M$);
  - Protection des infrastructures routières (1,00 M$), bâtiments et terrains à court et moyen terme (1,09 M$).
- Coûts
  - Coût de 8 épis conventionnels (0,91 M$);
  - Coût total (rue + autres coûts) du retrait (1,79 M$);
  - Étude d'impact environnemental et audience publique (0,65 M$);
  - Recharge initiale (1,63 M$);
  - Perte de cueillette de myes (0,08 M$);
  - Perturbations liées aux travaux;
  - Gestion des déplacements sur une longue période;
  - Contrainte aux déplacements le long du littoral.

2.6. Implication économique

Cette section présente, pour chacune des solutions possibles, l'implication économique du point de vue de la société (ACA approximative) et du point de vue de l'auteur (analyse multicritères).

Selon l'ACA approximative (tableau 1), toutes les options présentent une valeur actualisée nette (VAN) négative. Ces résultats signifient que les avantages ne sont pas suffisants pour justifier les coûts de l'une ou l'autre des interventions et qu'une intervention publique n'est pas appropriée dans ce contexte.

Toutefois, il peut toutefois y avoir des considérations autres qu'économiques dans ce type de dossier et l'ACA constitue alors un outil d'aide à la décision. Il se peut que les autorités gouvernementales aient de toute façon décidé d'intervenir et ÉcoRessources suggère alors de choisir celle qui est relativement la moins négative du point de vue de la société. Dans ce contexte, **nous recommandons le scénario R1**, soit celui du retrait généralisé assisté, puisqu'il se classe bon premier autant au niveau de la VAN (-0,71 M$) que du ratio avantages/coûts (0,77) comme on peut le constater au tableau 1 qui suit cette section.

Quant à eux, les résultats de l'analyse multicritères sont basés sur les sept critères identifiés par le comité de concertation, pour lesquels l'auteur spécifie, sous forme de remarque, à la section 10.3 (page 172) du rapport :

> « La valeur allouée aux critères de base et aux pondérations des critères correspond au jugement des auteurs qui reconnaissent qu'elles pourraient être interprétées différemment par d'autres intervenants. Malgré son aspect quantitatif, elles n'ont pas les qualités d'une démarche scientifique pleine et entière. Les valeurs obtenues sont donc sujettes à interprétation et ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif seulement comme outil d'aide à la décision. »

Pour cette raison, **les résultats de l'analyse multicritères, tels qu'utilisés dans l'étude, devraient être utilisés avec précaution par les autorités au moment de décider de mettre en œuvre l'une des options plutôt qu'une autre car elle ne permet pas de déterminer laquelle des options est la plus avantageuse d'un point de vue économique**. L'analyse multicritères prend plutôt en compte le poids relatif des avantages et des coûts, des impacts favorables et adverses, et l'équilibre global des options.

Nous renvoyons le lecteur au début de la section 2.4 pour les explications concernant la façon dont ÉcoRessources est parvenue à chiffrer approximativement les avantages et les coûts actualisés pour chaque option dans le tableau 1 (les tableaux 1, 2 et 3 suivent la présente section). Pour arriver aux résultats du tableau 2, l'exercice réalisé par l'auteur de l'étude a été de chiffrer les coûts des options, auxquels le seul avantage de conserver l'accès et l'utilisation des plages a été considéré. Il a également ventilé ces valeurs selon l'imputation de ces coûts et leurs contributions respectives. Finalement, le tableau 3 présente les résultats de l'analyse multicritères, qui prend en compte des aspects économiques et d'équité pour laquelle la valeur allouée aux critères de base et à leurs pondérations correspond au jugement de l'auteur. Le tableau 3 classe ainsi les options selon ces pondérations. Ainsi, **selon l'analyse multicritères, le scénario P6 est celui qui a les moins grandes implications économiques** au niveau des coûts avec une VAN de -3,26 M$.

TABLEAU 1 – BILAN DES DIFFÉRENTES OPTIONS DU POINT DE VUE DE LA SOCIÉTÉ (ACA APPROXIMATIVE)

NOM DE LA MESURE ET ZONES VISÉES	DESCRIPTION SOMMAIRE	AVANTAGES (+) ET COÛTS (-) ACTUALISÉS EN TERMES MONÉTAIRES (M$) N.B. Seuls les avantages et les coûts actualisés et évalués en termes monétaires sont présents dans ce tableau résumé. Pour la liste complète des avantages et des coûts, voir section 2.4	(i) AVANTAGES en M$	(ii) COÛTS en M$	(i – ii) VAN en M$	RATIO AVANTAGES /COÛTS	Rang p/r à VAN	Rang p/r au ratio
R1, Retrait généralisé assisté, zones D+E+F	Mesures de retrait seulement incluant 1,56 km de rue Labrie Est	(+) : Accès et utilisation des plages (0,31); protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09), sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût du retrait rue Labrie sur 1,56 km (0,96); autres coûts du retrait (1,73); perte cueillette myes (0,40).	2,38	3,09	**-0,71**	0,77	1	1
P1, Épis conventionnels partout, zones D+E+F	12 épis sur 3,9 km - Recharges initiale et périodique -	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22); sauvegarde des paysages (0,02 M$). (-) : Coût 20 épis (2,34); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale et périodique (7,32); perte cueillette myes (0,16).	3,84	10,47	**-6,63**	0,37	5	5
P2, Épis Holmberg partout, zones D+E+F	Épis Holmberg sur 3,9 km - Recharge initiale et périodique	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût 20 épis Holmberg (13,37); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale et périodique (7,32); perte cueillette myes (0,16).	3,84	21,5	**-17,66**	0,18	7	7
P3, Empierrements partout, zones D+E+F	Empierrement conventionnel sur 3,9 km - Aucun retrait - Recharge initiale et périodique	(+) : Protection des infrastructures routières (0,96), municipales et des résidences (1,09) ; vue (0,07). (-) : Coût empierrement (7,49), accès et utilisation des plages restreints (6,18); perte cueillette myes (0,81); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale et périodique (10,42); terrains perdus Parc Nature (0,15).	2,12	25,86	**-23,74**	0,08	8	8
P4, Épis conventionnels Équilibré, zones A+D+F	12 épis conventionnels dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Retrait rue 0,9 km	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,63), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22). (-) : Coût 12 épis (1,45); coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (2,61); perte cueillette myes (0,16); terrains perdus Parc Nature (0,15).	3,49	5,65	**-2,16**	0,62	2	2
P5, Épis Holmberg Équilibré, zones A+D+F	Épis dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	(+) : Accès et utilisation des plages (1,55); protection des infrastructures routières (0,63), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22). (-) : Coût 12 épis Holmberg (8,32); coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63) étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (2,37); perte cueillette myes (0,16); terrains perdus Parc Nature (0,15).	3,49	12,28	**-8,79**	0,28	6	6
P6, Épis conventionnels réduit, zones D+F	11 épis (sauf celui avant le Parc Nature) - Recharge initiale - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	(+) : Accès et utilisation des plages (0,93); protection des infrastructures routières (0,63), municipales et des résidences (1,09); vue (0,22); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût 11 épis (1,33); coût du retrait rue Labrie sur 0,9 km (0,63); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (2,38); perte cueillette myes (0,16).	2,89	5,15	**-2,26**	0,56	3	3
MX1, Épis conventionnels + retrait, zone D	8 épis - Recharge initiale - Retrait rue Labrie sur 1,4 km - Retrait partiel des résidences	(+) : Accès et utilisation des plages (0,62); protection des infrastructures routières (1,00), municipales et des résidences (1,09); sauvegarde des paysages (0,02). (-) : Coût 8 épis (0,91); coût retrait rue Labrie sur 1,4 km (1,00); autres coûts du retrait (0,79); étude d'impact environnemental et audience publique (0,65); recharge initiale (1,63); perte cueillette myes (0,08).	2,73	5,22	**-2,49**	0,52	4	4

TABLEAU 2 - SYNTHÈSE - RÉSULTATS ÉCONOMIQUES DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES DIFFÉRENTES OPTIONS

OPTIONS ►	**R1 ou Rréf**		**P1**		**P2**		**P3 ou Préf**		**P4**		**P5**		**P6**		**MX1**	
DESCRIPTION GÉNÉRALE	**Retrait progressif assisté**		**Épis partout**		**Épis Holmberg partout**		**Empierrements partout**		**Épis Équilibré**		**Holmberg Équilibré**		**Épis Réduit**		**Épis + Retrait partiel**	
COÛTS	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%	VPN	%
Coût global	**3,62**	100	**7,69**	100	**18,71**	100	**25,07**	100	**2,85**	100	**9,47**	100	**3,26**	100	**3,81**	100
Autres valeurs	1,08	30	-1,55	-21	-1,55	-8	7,59	30	-1,55	-64	-1,55	-17	-0,82	-29	-0,28	-8
ÉQUITÉ▼		%		%		%		%		%		%		%		%
Coût pour le gouvernement	1,94	53	2,85	37	9,47	51	3,21	13	2,25	90	6,27	68	2,09	70	2,43	67
Coût pour la communauté	0,26	7	4,72	64	9,13	50	14,54	58	1,14	38	3,85	39	1,06	30	0,87	20
Riverains (Taxes et en nature)	0,04	1	2,09	26	2,09	10	0,16	1	1,31	49	1,19	13	1,19	38	0,84	22
Riverains (Sud)- Coûts directs	0,45	13		0		0		0		0		0		0	0,21	6
Perte ou gain net de valeur	(0,14)	-4	-0,43	-6	-0,43	-2	-0,43	-2	-0,30	-12	-0,30	-3	-0,25	-9	-0,26	-7

Note : VPN (valeur présente nette actualisée au taux de 4 %/an) et les % indiquent la répartition de l'équité.

TABLEAU 3 - RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES DES OPTIONS

OPTIONS ▶ CRITÈRES ▼	R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	MX1
Critères de base								
#1 Coût d'ensemble	100 %	0 %	0 %	0 %	72 %	0 %	78 %	78 %
#2 Durabilité	100 %	80 %	70 %	20 %	80 %	80 %	70 %	85 %
#3 Risque résiduel	100 %	70 %	70 %	40 %	80 %	75 %	80 %	80 %
#4 Équité	85 %	80 %	40 %	0 %	100 %	40 %	100 %	100 %
#5 Environnement - Bilan sédimentaire	50 %	50 %	50 %	10 %	90 %	90 %	80 %	90 %
#6 Synergie - Mise en valeur	50 %	80 %	80 %	30 %	90 %	90 %	80 %	80 %
#7 Impact social	20 %	100 %	100 %	50 %	100 %	100 %	90 %	40 %
Critères globaux								
#1 Poids décisif sur le coût	68 %	0 %	0 %	0 %	65 %	0 %	65 %	62 %
#2 Poids majoritaire sur le coût	93 %	20 %	18 %	6 %	77 %	21 %	79 %	81 %
#3 Moyenne géométrique pondérée	56 %	0 %	0 %	0 %	65 %	0 %	65 %	62 %
#4 Moyenne arithmétique pondérée	48 %	0 %	0 %	0 %	59 %	0 %	66 %	54 %
MOYENNE - CRITÈRES GLOBAUX	**66 %**	**5 %**	**4 %**	**1 %**	**66 %**	**5 %**	**69 %**	**65 %**

Note : Les pourcentages attribués aux critères dépendent dans la mesure du possible de variables explicites. Autrement un justificatif est fourni dans le rapport. Une valeur de 100% signifie une parfaite concordance avec le critère.

2.7. Conclusions

Tel qu'exprimé précédemment, certaines erreurs méthodologiques ont été décelées dans le rapport. Certaines d'entre elles ont pu être corrigées pour se rapprocher davantage d'une ACA classique. Quant à lui, l'auteur a effectué une analyse de type multicritères et non une ACA. Toutefois, les calculs de l'auteur ont permis de dégager certains avantages et coûts actualisés qui ont à être intégrés dans le cadre d'une ACA classique. ÉcoRessources a donc extrait les données pertinentes du point de vue de la société afin de présenter des résultats se rapprochant le plus près d'une ACA classique, auxquels ont été ajoutés certains calculs omis au départ. Ces considérations soulevées, ÉcoRessources croit que les résultats obtenus, la plupart des erreurs méthodologiques étant corrigées, ne diffèrent pas significativement de ceux qui auraient été obtenus si l'ACA avait été faite dans les règles de l'art. Avec les données dont elle disposait, ÉcoRessources a fait une ACA approximative et les résultats doivent, en conséquence, être considérés avec précautions.

L'analyse d'ÉcoRessources permet de dégager les conclusions suivantes, prenant en considération les éléments qui n'ont pu être évalués :

1. La presque totalité des impacts qui n'ont pu être évalués se situent au niveau des avantages.
2. Les impacts non évalués du coté des avantages se retrouvent dans chaque option, quoique leur intensité peut différer d'une option à l'autre. Ils sont en général moindres que le coût des travaux.
3. C'est au niveau des avantages que chacune des options est sous estimée.
4. Sur les huit (8) options, quatre (4) présentent des niveaux de coûts clairement incommensurables avec le niveau des avantages.
5. Considérant la valeur des actifs en cause (entre 2,05 M$ et 2,09 M$), la sous-estimation de la valeur des avantages et le fait que la VAN est négative, il est clair que la solution la plus intéressante au plan public est la R1.

La solution R1 est la moins négative des options pour l'ACA approximative et la solution P6 est la meilleure selon l'analyse multicritères.

Selon ÉcoRessources, les chiffriers développés par l'auteur sont très intéressants et pourraient être réutilisables pour d'autres analyses de cas d'érosion des berges. Toutefois, auparavant, certaines erreurs méthodologiques identifiées dans ce résumé doivent être corrigées. Les chiffriers pourraient également être simplifiés afin d'être plus conviviaux dans leur présentation, leur compréhension et leur utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS-ETE) et Aquapraxis (2008). *Analyse coûts-avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes,* Québec, 184 pages (sans les annexes).

Couture, J., T. Parker, R. Couture et P. Laboucane (2001). *Une analyse de rentabilité du processus holistique de guérison de la Première nation de Hollow Water*, Ottawa, Solliciteur général Canada, Collection sur les Autochtones,179 pages.

Ferland, Anne-Marie (2006). *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport – Partie 1 : Précis méthodologique,* ministère des Transports du Québec, 72 pages.

Job, Louis (2006), *Éléments pour l'évaluation économique du paysage,* Université de Versailles-Saint Quentin-en-Yvelines, 4 pages.

Messier, J-P. L. (2007). *Formulaire de proposition à l'UNESCO de la Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan - Uapishka (Québec, Canada).* Comité de création de la Réserve de la biosphère Manicouagan – Uapishka, Baie-Comeau, 137 pages.

MPO, (2008). *Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007.* Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2007/051, Pêches et Océans Canada, 13 pages.

Tecsult Inc. (2008). *Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles*, 70 pages (sans les annexes).

Zerbe, R.O.(2001). *A Place to Stand For Environmental Law and Economic Analysis?* http://www.cserge.ucl.ac.uk/Zerbe.pdf

ANNEXE 7

RAPPORT TECHNIQUE FINAL - RÉALISATION DE TRAVAUX DE STABILISATION

CONSULTANTS ROPARS INC – MAI 2013.

Québec

Érosion des berges

Réalisation de travaux de stabilisation

Pointe-aux-Outardes, Québec

Dossier P031725



Rapport technique FINAL

Par

Yann ROPARS, ing., M.Sc.

Consultants Ropars inc.
3643, Chemin Saint-Louis
Québec (Québec) G1W 1T2

Mai 2013

Pour

DESSAU

TABLES DES MATIÈRES

1 Introduction....1
2 Données de base....3
2.1 Plans de bathymétrie / topographie....3
2.2 Plans de bathymétrie....3
2.3 Photos aériennes....3
3 Inspection du site....4
3.1 Visite de terrain....4
3.2 Observations....4
3.2.1 Zone du quai....4
3.2.2 Zone à l'est du quai....6
3.2.3 Zone à l'ouest du quai....8
4 Niveaux d'eau....13
4.1 Sources de l'information....13
4.2 Station de Baie-Comeau....13
4.3 Station de Rimouski....14
4.4 Base de données de la station de Baie-Comeau....15
4.5 Base de données de la station de Rimouski / Pointe-au-Père....16
4.6 Prévision de niveau d'eau extrême haut à Baie-Comeau....18
4.7 Influence des changements climatiques sur les niveaux d'eau hauts....19
4.8 Niveaux d'eau hauts recommandés devant la péninsule de Manicouagan....21
5 Vagues au large de Pointe-aux-Outardes....22
5.1 Contexte de l'étude de vagues....22
5.2 Données de vent de réanalyse NARR....23
5.3 Données de vent de Mont-Joli....24
5.4 Données de vent de Baie-Comeau....26
5.5 Fetchs....27
5.6 Vagues au large....30
5.7 Vagues extrêmes prédites au large....34
6 Vagues près des infrastructures projetées....35
6.1 Réfraction....35
6.2 Réfraction....36
6.3 Résultats des calculs de réfraction....39
6.4 Sélection des cas de vagues critiques près de la plage....39
6.5 Hauteur de vagues recommandée près de la plage....40

7 Dimensionnement de l'enrochement des épis....43
7.1 Remontée des vagues sur un enrochement....43
7.2 Dimensionnement des pierres de carapace de l'enrochement....44
7.3 Ancrage des pierres en place dans le fond marin....46
7.4 Concept recommandé....46
8 Remontée des vagues sur la plage....48
8.1 Méthodes de calcul....48
8.2 Résultats des calculs....48
9 Dimensionnement de la recharge de plage....50
9.1 Méthodes de calcul....50
9.2 Profil d'équilibre de la plage actuelle....51
9.3 Profils d'équilibre d'une plage rechargée....53
9.4 Granulométrie recommandée....54
9.5 Géométrie de la recharge de plage....55
9.6 Limites de l'efficacité de la recharge de plage....65
9.7 Calcul des quantités de recharge....65
9.8 Coûts estimatifs du projet....66
10 Méthode de construction....68
10.1 Qualité de la pierre....68
10.2 Ancrage du pied de l'enrochement....68
10.3 Mise en place des pierres de protection....68
10.4 Granulométrie des sédiments de recharge....69
11 Expertise hydraulique....70
11.1 Travaux de protection de berge....70
11.2 Limites des travaux....70
11.3 Effets des travaux sur la cellule hydrosédimentaire....70
11.4 Durée de vie des travaux....71
11.5 Méthodes de travail....71
11.6 Inspection et entretien....71
12 Conclusion et recommandations....72
12.1 Conclusion....72
12.2 Recommandations....72

1 Introduction

La péninsule de Manicouagan est située dans l'estuaire moyen du fleuve Saint-Laurent, sur la rive nord du fleuve, à environ 340 km au nord-est de Québec (figure 1.1).

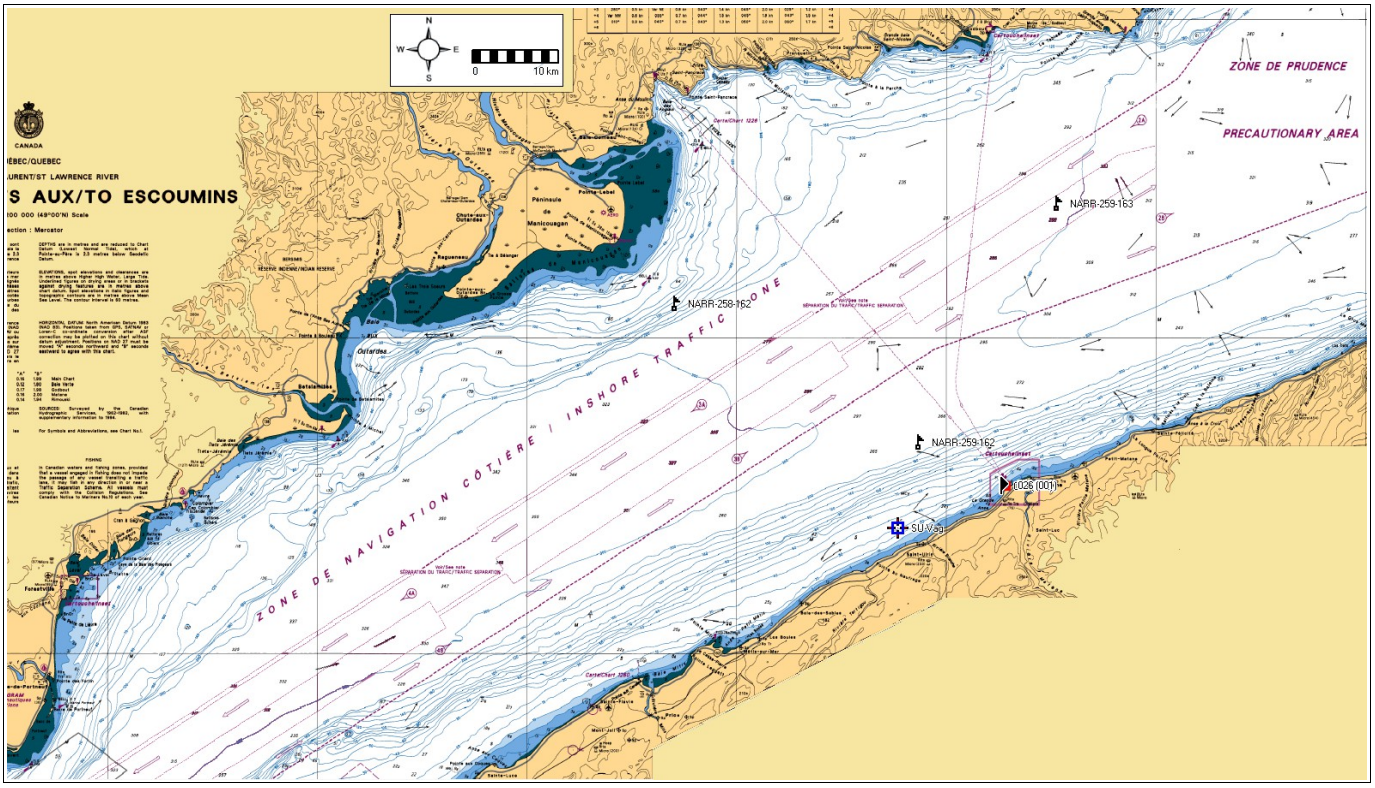


Figure 1.1 Plan de localisation de la péninsule de Manicouagan (carte marine 1236)

La municipalité de Pointe-aux-Outardes a l'intention de réaliser des travaux de protection des berges dans le secteur à l'est du quai sur environ 1,5 km de long. Une étude préliminaire de la problématique d'érosion des berges et d'évaluation des solutions de protection de ces berges avait été réalisée en 2008 par Leclerc et Dupuis [1]. Cette étude avait statué que la solution la plus économique pour protéger la berge de Pointe-aux-Outardes était la mise en place d'épis combinée à un rechargement de plage.

La municipalité a lancé un appel d'offre en vue de la mise en œuvre de cette solution, appel d'offre remporté par Dessau qui a fait appel aux Consultants Ropars Inc. et au Groupe-conseil LaSalle pour traiter les aspects hydrodynamiques de cette problématique.

Le présent rapport fait état des paramètres hydrodynamiques du projet, présente les évaluations (analyse des vagues au large, réfraction des vagues jusqu'à la berge, analyse des niveaux d'eau, recommandations

[1] Leclerc, M. et Dupuis, P. « Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes », Rapport de recherche INRS-ETE #R990 et Aquapraxys Inc. #10136-100, Octobre 2008

quant à la protection contre les vagues) faites pour évaluer les solutions de protection de berge et définir un concept optimal de protection.

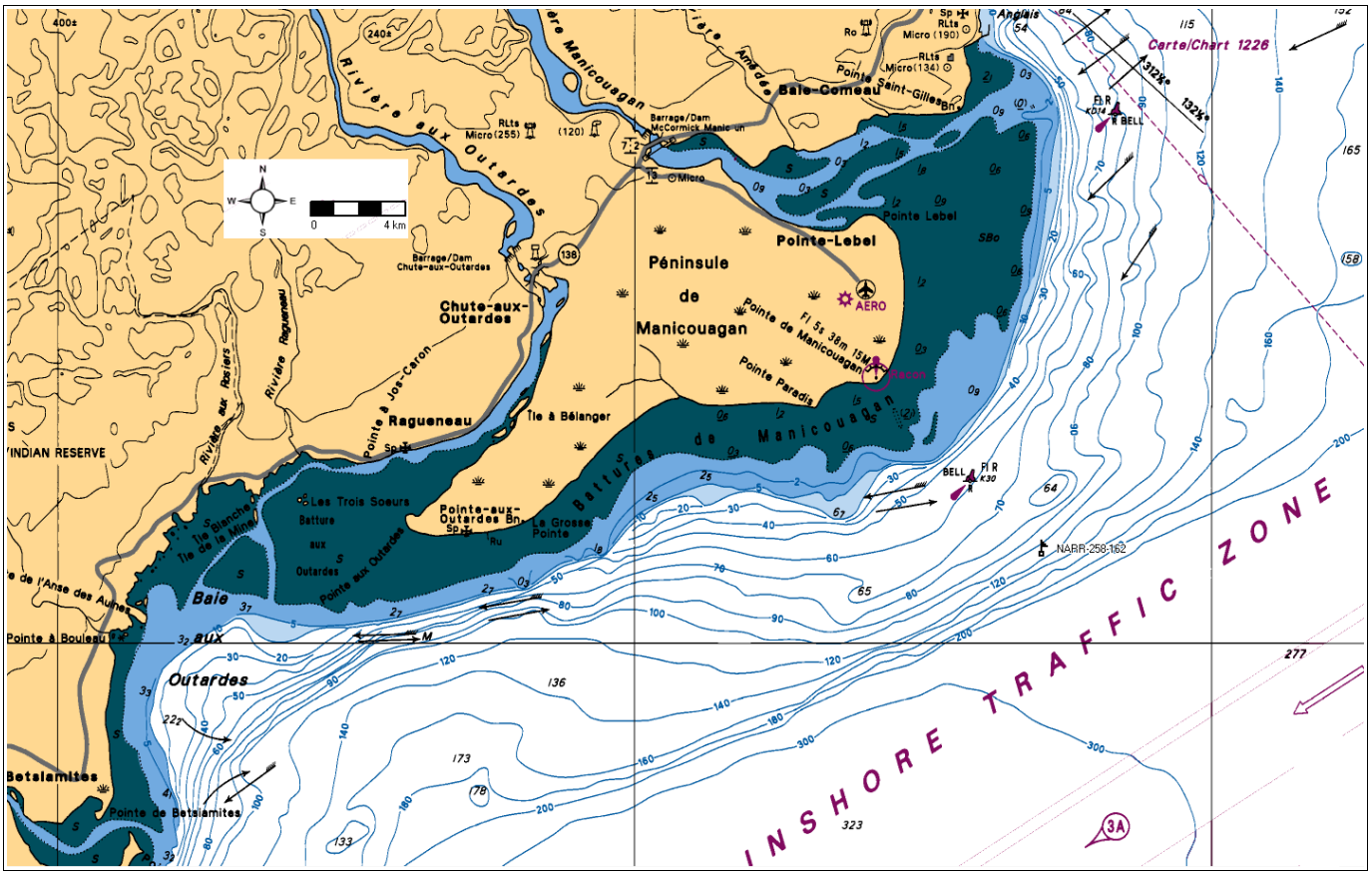


Figure 1.2 Carte de la péninsule de Manicouagan (carte marine 1236 – Extrait)

2 Données de base

2.1 Plans de bathymétrie / topographie

Le plan suivant des infrastructures en place proviennent de ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP) :

- Plans de levés LIDAR réalisés par l'UQAR Pour le compte du MSP,
- Relevé topographique réalisé par DESSAU en mai 2012.

2.2 Plans de bathymétrie

Des données bathymétriques sont également disponibles sur la carte marine no 1236 du Service hydrographique du Canada (SHC). En plus de ces informations, des données bathymétriques plus détaillées (différentes sources) ont été utilisées dans le modèle de terrain du Groupe-conseil LaSalle qui sert à transformer les vagues du large vers la côte.

2.3 Photos aériennes

Des photos aériennes de décembre 2010 (MSP) ont été consultées pour compléter l'interprétation de la topographie de la plage.

3 Inspection du site

3.1 Visite de terrain

Une visite de terrain a été faite le 15 mai 2012 en matinée. Cette visite a été suivie d'une réunion avec le conseil municipal le 15 mai vers 13h30.

3.2 Observations

3.2.1 Zone du quai

La zone autour du quai est la démonstration de l'impact que pourraient avoir les épis envisagés sur la configuration du rivage suite aux travaux de protection de berge. Sur place, on constate une dissymétrie prononcée entre la partie à l'est du quai où se produit une importante accumulation de sable sur quelques 200 m à partir du quai et la partie à l'ouest du quai où l'accumulation de sédiments se limite à quelques dizaines de mètres et où les conséquences de l'érosion se révèlent rapidement dès qu'on s'éloigne du quai.



Figure 3.1 Rivage immédiatement à l'ouest du quai



Figure 3.2 Accumulation de sable immédiatement à l'est du quai

Lors de la visite de mai 2012, on pouvait clairement distinguer (en partant de l'eau) le cordon littoral de haut de plage (accumulation récente de sédiments), la limite des hautes-eaux (où se concentre

l'accumulation de végétation marine) et la zone de végétation dunaire où l'on voit des traces d'événements de très hauts niveaux d'eau par la présence de troncs d'arbre et autres débris projetés par les vagues de tempête.



Figure 3.3 Plage à l'est du quai

L'efficacité de l'ancien quai en tant qu'épi est toute relative à cause de la porosité des pierres qui constituent la protection de la rampe de mise à l'eau située à l'extrémité du quai. Cette protection en pierre semble avoir subi des dommages lors des tempêtes et le sable envahit la partie inférieure de la rampe de mise à l'eau.



Figure 3.4 Configuration des pierres à l'extrémité du quai, sable recouvrant la rampe

3.2.2 Zone à l'est du quai

La zone située à l'est du quai est la zone d'implantation du système de protection de berge (épis + rechargement de plage).

Dans la zone située à un peu moins de 200 m du quai vers l'est, la falaise de haut de plage présente des signes d'instabilité, dont des zones de grand glissement. La bas de la falaise doit se faire attaquer par les vagues à l'occasion d'événements de très hauts niveaux d'eau comme celui qui s'est produit en décembre 2010. Il faut cependant noter que cette falaise est à peu près complètement dénudée, que tout signe d'arbres et même d'arbustes a disparu alors que ce type de végétation devrait être naturellement présent compte tenu de l'âge du quai. Il faut donc présumer que cette situation défavorable à la stabilité de la pente provient de pratiques peu recommandables des résidents du secteur, pratiques consistant à couper tout ce qui pourrait éventuellement nuire à leur vue sur l'eau. Une révision de ces pratiques devrait être à l'ordre du jour pour pérenniser la rive suite à la mise en place de la protection de berge, sous peine de surprises désagréables quant à la stabilité de la falaise.



Figure 3.5 Zone de falaise partiellement végétalisée à l'extrémité de la zone d'influence du quai

En s'éloignant de la zone protégée par la plage retenue par le quai, la falaise montre des signes très évident de recul important et d'instabilité chronique. Les pentes sont la plupart du temps à nu et le peu de végétation qui se trouve dans les pentes est instable. Le bas de la falaise se fait directement attaquer par les vagues de tempête, ce qui entraîne son érosion par sapement à la base. Le sable qui constitue la falaise est déplacé en général vers l'ouest avec la prédominance des tempêtes du secteur est.



Figure 3.6 Zone de falaise instable du côté est du quai



Figure 3.7 Zone de falaise très instable du côté est du quai

Quelques embryons d'épi parsèment la côte avec des effets très locaux sur la stabilité de la falaise. Ces épis ne protègent pas vraiment la falaise tout en provoquant des « effets de bout » du côté ouest de l'épi.



Figure 3.8 Zone de falaise à nu entre deux épis artisanaux



Figure 3.9 Effet de bout du côté est (gauche) d'un épi artisanal

3.2.3 Zone à l'ouest du quai

La zone située à l'ouest du quai a été entièrement « protégée » par un enrochement linéaire. Il ne reste plus aucune plage devant cet enrochement dès qu'on s'éloigne un tant soit peu du quai. Il est probable que le

sable qui transite de l'est vers l'ouest devant cet enrochement ne rencontre vraiment pas les conditions hydrodynamiques qui feraient en sorte de le maintenir même temporairement en place.



Figure 3.10 Rivage à l'ouest du quai



Figure 3.11 Enrochement linéaire du côté ouest du quai

A quelques dizaines de mètre à l'ouest du quai, il était possible d'observer les restes d'un système de protection de plage à l'aide de pieux et fagots. Ce système n'est plus entretenu.



Figure 3.12 Système de protection de berge « pieux et fagots » abandonné

La route qui se trouve le long du rivage du côté ouest du quai est dans un état d'instabilité relativement préoccupant. L'élévation de la crête de la protection en enrochement est visiblement trop basse et cette protection se fait franchir lors des tempêtes qui se produisent en même temps que des hauts niveaux d'eau.

Ce franchissement des vagues attaque une partie de la pente très raide et insuffisamment protégée. On constate une instabilité de la zone de haut de talus qui supporte la glissière de sécurité et l'infrastructure de la route. Si aucune intervention n'est prévue à court terme, certaines portions de cette route vont devenir dangereuses et on devrait assister à des effondrements de la pente qui affecteraient la chaussée.



Figure 3.13 Instabilité de la pente le long de la route à l'ouest du quai



Figure 3.14 Instabilité de la pente le long de la route à l'ouest du quai

Une autre particularité de la zone à l'ouest du quai est le remarquable effet de bout qu'a entraîné la mise en place de l'enrochement linéaire le long de la route. Le recul de la rive située dans la zone du parc est de plusieurs dizaines de mètres dans une zone partiellement argileuse. Il s'agit d'un « cas d'école » et rien n'indique que cet effet de bout a cessé de produire ses effets.



Figure 3.15 Effet de bout à l'extrémité de l'enrochement de la route à l'ouest du quai

4 Niveaux d'eau

4.1 Sources de l'information

La Gestion des données scientifiques intégrées (GDSI) du ministère des Pêches et Océans Canada (MPO) met à la disposition du public les niveaux d'eau de ses stations sur Internet[2].

Trois stations du SDMM sont disponibles à proximité de la péninsule de Manicouagan :

- La station de Baie-Comeau (N° 2840) pour laquelle des données horaires sont disponibles de 1962 à 1991 et des données aux quarts-d'heure en 2006. Les informations de 1962, 1963 et 1991 sont incomplètes et aucune donnée n'est disponible de 1992 à 2005,
- La station de référence de Rimouski (N° 2985) pour laquelle des données de niveaux d'eau sont disponibles depuis 1984 (données aux quarts d'heures depuis mai 2000),
- La station de référence de Pointe-au-Père (N° 2980) pour laquelle des données de niveaux d'eau sont disponibles entre 1897 et 1983 (données horaires).

Les données de la station de référence du SHC[3] à Rimouski / Pointe-au-Père ont été utilisées pour déduire les niveaux d'eau probables à Baie-Comeau en fonction des corrections proposées par le SHC dans sa Table des marées et courants pour Baie-Comeau.

L'influence des changements climatiques sur les futurs niveaux d'eau au droit de la péninsule de Manicouagan a également été évaluée à l'aide de cette station de référence.

La différence d'élévation entre le zéro des cartes marines (ZC) et le niveau moyen des mers (NMM) donné par le Service hydrographique du Canada (SHC) pour Baie-Comeau est de **1,81 m**, le ZC se trouvant sous le NMM à Godbout.

4.2 Station de Baie-Comeau

Le Service hydrographique du Canada (SHC) fournit les données suivantes pour le port de Baie-Comeau (niveaux d'eau fournis par rapport au zéro des cartes marines ou ZC) :

[2] http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/index-fra.html

[3] http://www.lau.chs-shc.gc.ca/cgi-bin/tide-shc.cgi?queryType=showFrameset&zone=3&language=french&region=4&stnnum=2840

Tableau 4.1 Données du SHC pour Baie-Comeau (m ZC)

Localité			Baie-Comeau
Port de référence			Pointe-au-Père
Carte marine no			1226,12
Type de marées			semi-diurne
Marnage	Marée moyenne		3,0 m
	Grande marée		4,3 m
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	3,4 m
		Grande marée	4,2 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,5 m
		Grande marée	-0,1 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer		4,9 m
	Extrême de basse mer		-0,9 m
Niveau moyen de l'eau			1,8 m

4.3 Station de Rimouski

Le Service hydrographique du Canada donne exactement les mêmes chiffres (tableau 3.1) pour les stations de Pointe-au-Père et de Rimouski. La proximité géographique de ces deux stations explique cette particularité.

Tableau 4.2 Données du SHC pour Rimouski / Pointe-au-Père (m ZC)

Localité			Rimouski
Port de référence			Pointe-au-Père
Carte marine no			1236
Type de marées			semi-diurne
Marnage	Marée moyenne		3,2 m
	Grande marée		4,6 m
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	3,9 m
		Grande marée	4,8 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,7 m
		Grande marée	0,2 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer		5,5 m
	Extrême de basse mer		-0,9 m
Niveau moyen de l'eau			2,3 m

4.4 Base de données de la station de Baie-Comeau

L'évaluation des fréquences de dépassement des niveaux d'eau enregistrés à la station de Baie-Comeau a été faite entre les années 1969 et 1991. Il y a donc eu 23 années de données analysées. La figure 4.1 illustre cette analyse pour les « extrêmes hauts » observés pendant cette période et 1969 à 1991.

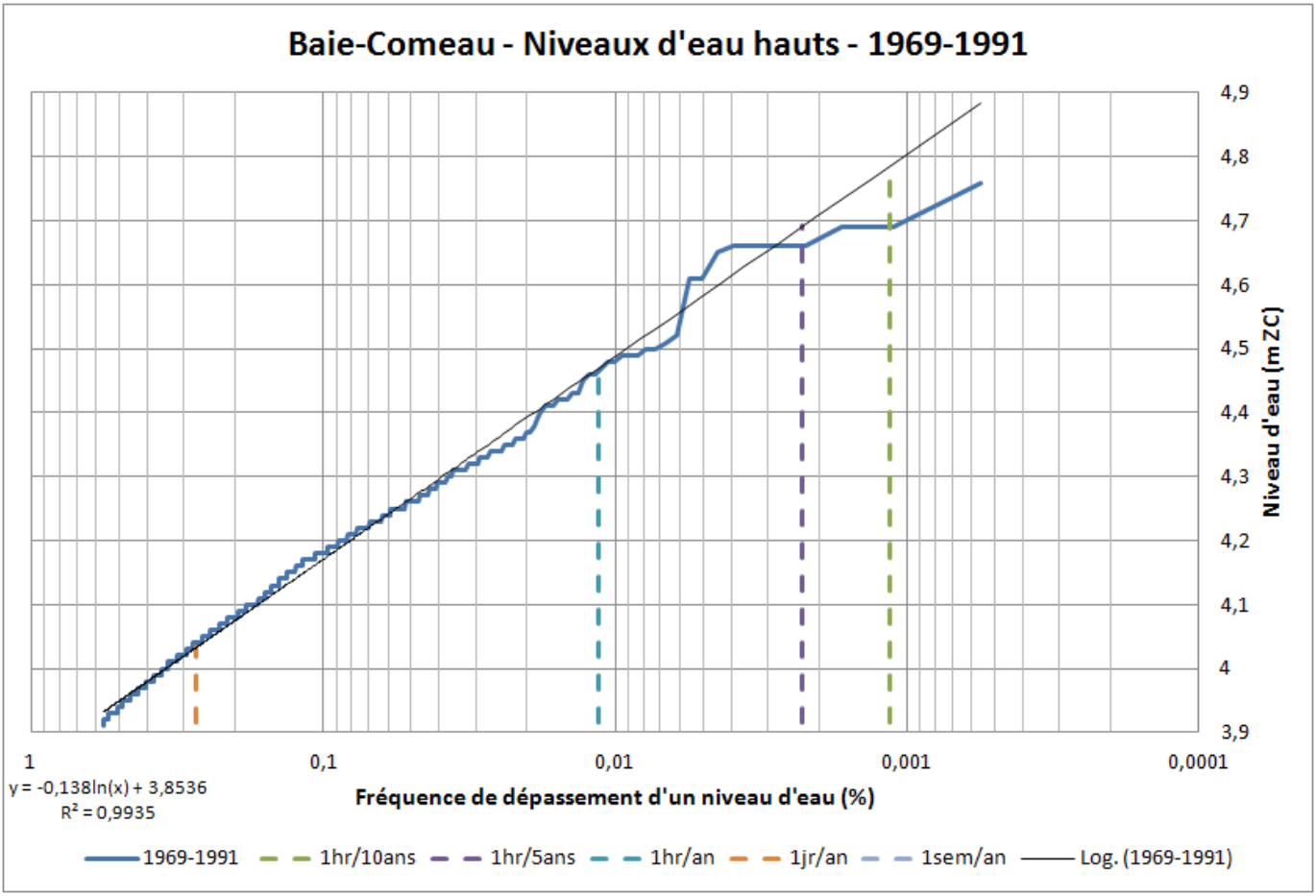


Figure 4.1 Fréquences de dépassement des niveaux d'eau hauts à Baie-Comeau (1969-1991)

Sur la base des données disponibles, les niveaux d'eau à cette station ont été calculés en fonction de la régression linéaire apparaissant sur la figure 4.1 pour les récurrences suivantes :

- Une heure tous les 20 ans : +4,88 m ZC
- Une heure tous les 10 ans : +4,79 m ZC
- Une heure tous les 5 ans : +4,69 m ZC
- Une heure tous les 2 ans : +4,57 m ZC
- Une heure par année : +4,47 m ZC
- Douze heures par année : +4,13 m ZC
- Une journée par année : +4,04 m ZC
- Une semaine par année : +3,76 m ZC

- Un mois par année : +3,56 m ZC

La figure 4.2 présente les niveaux d'eau moyens observés à Baie-Comeau entre 1969 et 1991, puis en 2006. Le niveau d'eau était en baisse moyenne de presque 6 mm par année sur la première période.

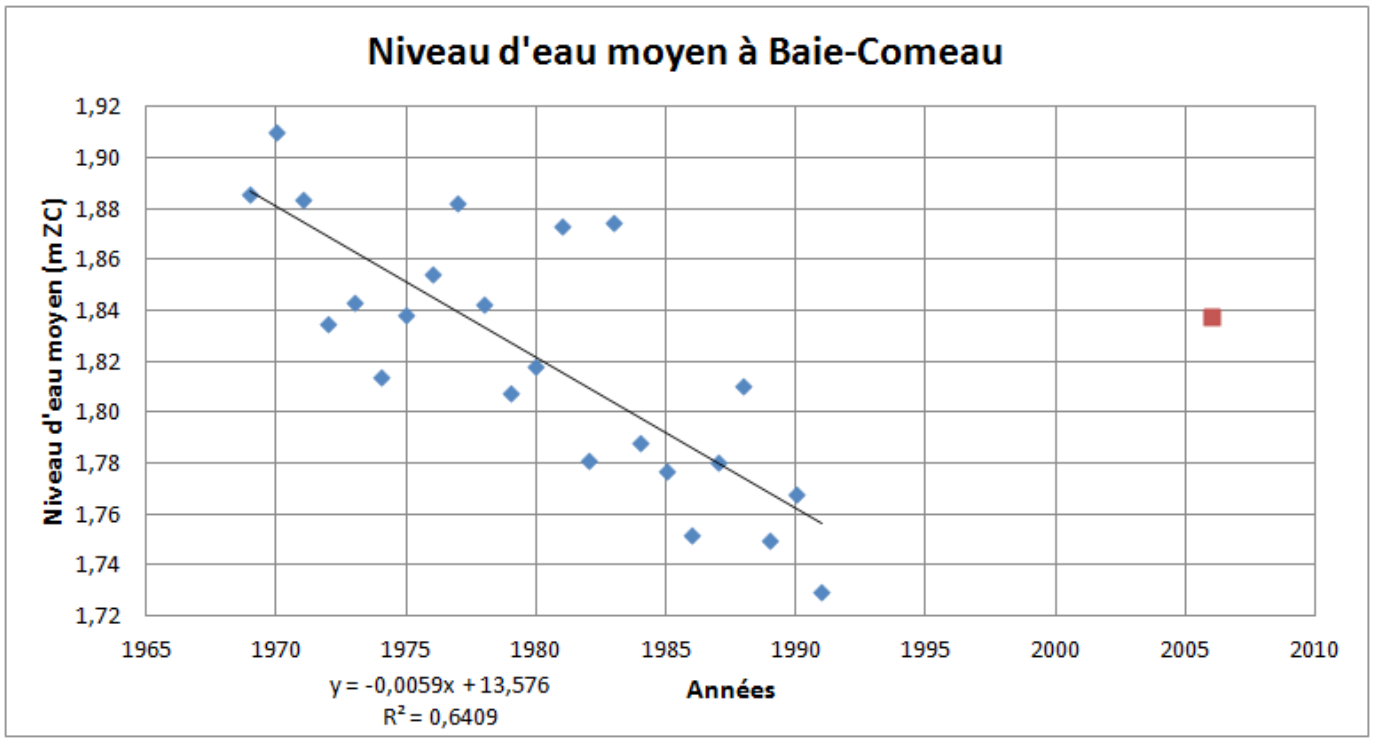


Figure 4.2 Niveau moyen de l'eau à Baie-Comeau (1969 à 2006)

4.5 Base de données de la station de Rimouski / Pointe-au-Père

L'évaluation des fréquences de dépassement des niveaux d'eau enregistrés aux stations de Pointe-au-Père et de Rimouski a été faite entre les années 1930 et 2011 (données disponibles jusqu'au 31 décembre 2011). Il y a donc eu 82 années de données analysées. La figure 4.3 illustre cette analyse pour les « extrêmes hauts » observés pendant cette période et 1930 à 2011.

On constate sur le graphique suivant (fig. 4.3) que l'extrême de niveau d'eau haut observé entre 1984 et 2011 a été de +5,47 m ZC alors que le SHC donne un niveau extrême de +5,5 m ZC pour l'ensemble de sa base de données (Rimouski + Pointe-au-Père). D'après la courbe de régression, il semble que ce niveau extrême de +5,47 m ZC ait actuellement une récurrence de l'ordre de 100 ans d'après la régression logarithmique obtenue avec la courbe de la figure 4.3.

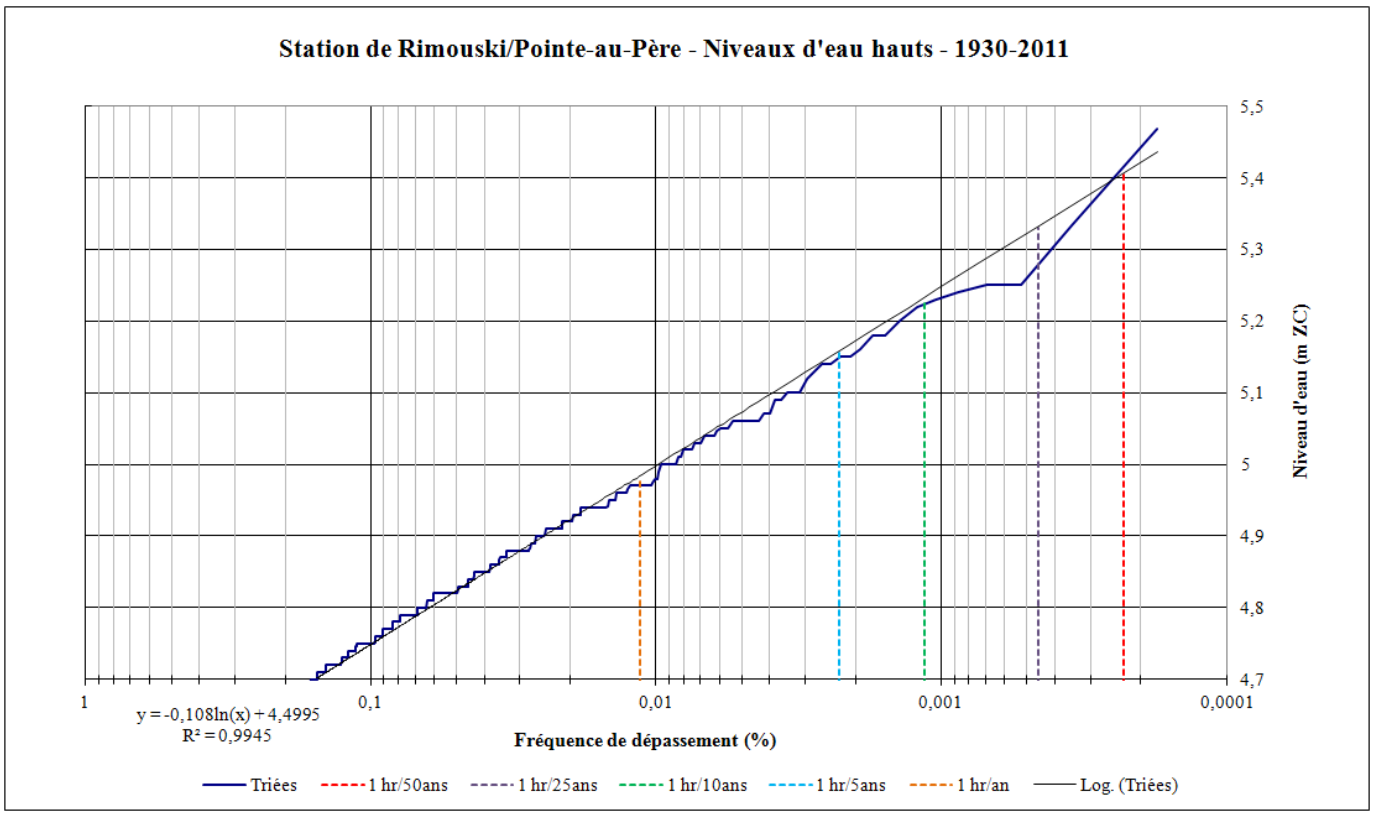


Figure 4.3 Fréquence de dépassement des niveaux d'eau hauts à Pointe-au-Père (1930-1983) et Rimouski (1984-2011)

L'évaluation combinée des fréquence de dépassement des niveaux d'eau aux stations de Pointe-au-père (1930 à 1983) et de Rimouski (1984-2011) indique le caractère relativement exceptionnel des niveaux d'eau atteints en décembre 2010, par rapport à la base de données disponible. Il serait par contre imprudent d'écarter ces niveaux d'eau exceptionnels de l'analyse parce que les changements climatiques en cours pourraient provoquer l'augmentation de la fréquence de tels événements de très hauts niveaux d'eau.

L'analyse des données de niveau d'eau fournies par la GDSI aux stations de Rimouski et Pointe-au-Père a permis de calculer les récurrences de niveaux d'eau suivantes :

- Une heure tous les 100 ans : +5,48 m ZC (valeur extrapolée)
- Une heure tous les 50 ans : +5,41 m ZC
- Une heure tous les 25 ans : +5,33 m ZC
- Une heure tous les 10 ans : +5,23 m ZC
- Une heure tous les 5 ans : +5,16 m ZC
- Une heure tous les 2 ans : +5,06 m ZC
- Une heure par année : +4,98 m ZC
- Douze heures par année : +4,71 m ZC
- Une journée par année : +4,64 m ZC

4.6 Prévision de niveau d'eau extrême haut à Baie-Comeau

Le Service hydrographique du Canada (SHC) fournit des données pour la conversion des niveaux d'eau de Rimouski vers Baie-Comeau (Table des marées et courants du MPO). Une correction de -0,61 m est recommandée par le SHC pour les niveaux d'eau très hauts (Pleine Mer Supérieure de Grande Marée ou PMSGM).

En utilisant cette information, pour une période de retour de 30 ans, le niveau de l'eau prédit à Rimouski devrait se traduire par un niveau de +4,74 m ZC à Baie-Comeau, ce qui se trouve 20 cm en-dessous de ce que donne la régression faite sur la base de données de niveaux d'eau à Baie-Comeau. Le graphique de la figure 4.4 illustre cette tendance des données de la station de Rimouski à sous-estimer les niveaux hauts à Baie-Comeau.

Par prudence, les informations provenant de la base de données de Baie-Comeau seront utilisées pour prédire les niveaux d'eau extrêmes à Baie-Comeau, même si cette base de données est nettement moins grande et récente que celle de Rimouski / Pointe-au-Père.

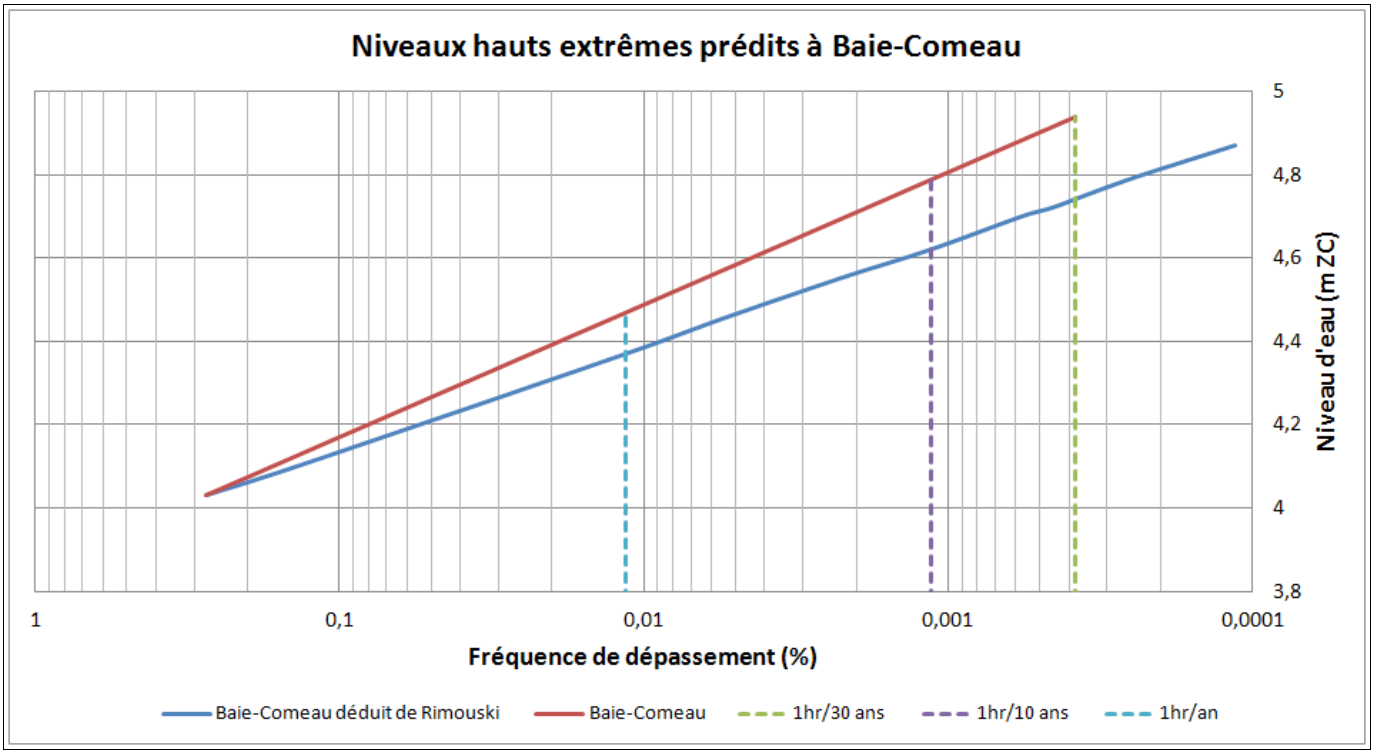


Figure 4.4 Comparaison des prédictions de niveaux d'eau hauts à Baie-Comeau sur la base des données de Rimouski et de celles de Baie-Comeau

Selon cette hypothèse, le niveau extrême haut (récurrence 100 ans) à Baie-Comeau serait de +5,1 m ZC.

4.7 Influence des changements climatiques sur les niveaux d'eau hauts

La figure suivante présente les niveaux d'eau moyens observés à Pointe-au-Père entre 1941 et 1983 et à Rimouski entre 1984 et 2011. Le niveau d'eau moyen était en baisse moyenne de 0,4 mm par année sur la période des données de Pointe-au-Père mais en augmentation moyenne de 1,2 mm sur la période des données de Rimouski. Cette inversion de tendance pourrait correspondre à l'influence des changements climatiques sur le niveau d'eau moyen des océans.

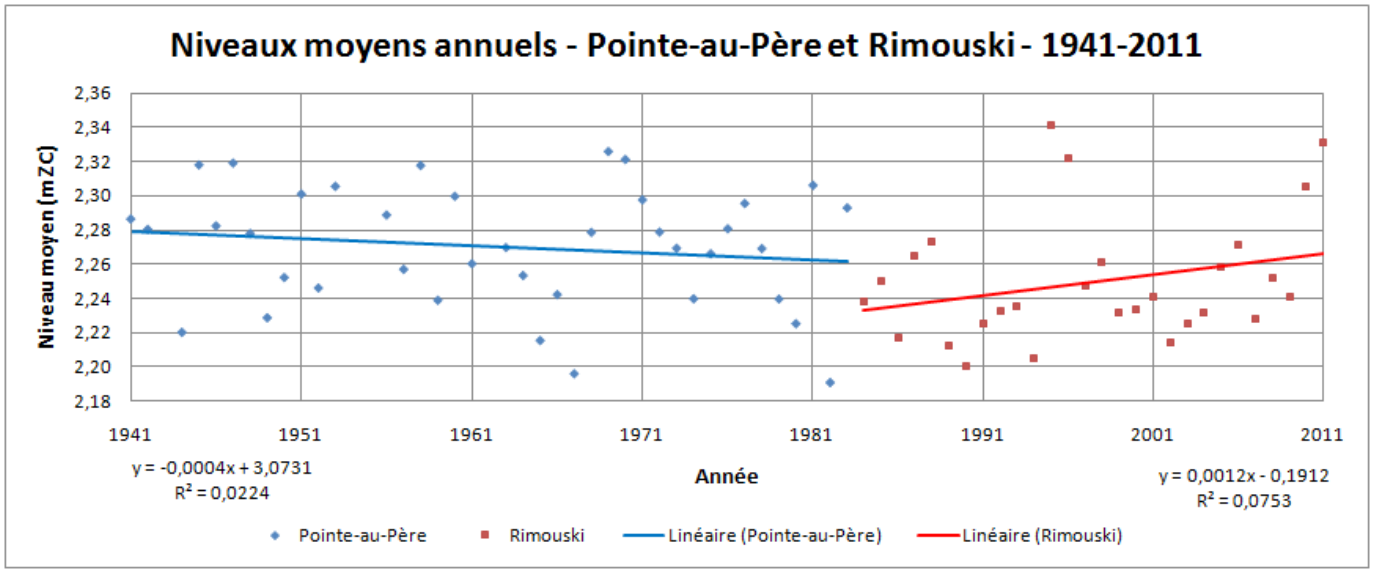
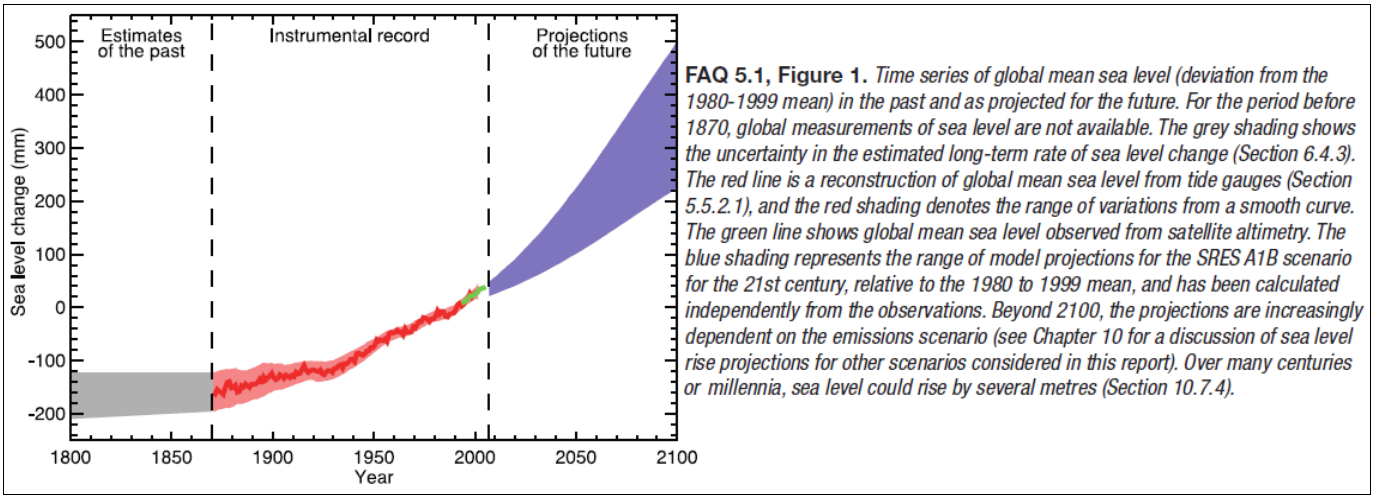


Figure 4.5 Niveau moyen de l'eau à Pointe-au-Père et Rimouski (1941 à 2011)

Les dernières analyses du GIEC en matière de changements climatiques indiquent un relèvement moyen du niveau des océans de l'ordre de 0,2 à 0,5 m au cours du prochain siècle[4] si on ne tient pas compte de la fonte accélérée des calottes glaciaires (fig. 4.6). Selon ces analyses[5], au cours des prochaines 50 années, il faudrait s'attendre à un relèvement de 0,13 à 0,28 m dans la région du Golfe du Saint-Laurent.

4 Rapport du Groupe de travail I du GIEC "Résumé à l'intention des décideurs", Chapitre 2 Tableau RID.3 page 13 "http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-fr.pdf "

5 Rapport du GIEC "Climate changes 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability", Chapitre 2 Encadré 2.5 page 153 "http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter2.pdf "



FAQ 5.1, Figure 1. *Time series of global mean sea level (deviation from the 1980-1999 mean) in the past and as projected for the future. For the period before 1870, global measurements of sea level are not available. The grey shading shows the uncertainty in the estimated long-term rate of sea level change (Section 6.4.3). The red line is a reconstruction of global mean sea level from tide gauges (Section 5.5.2.1), and the red shading denotes the range of variations from a smooth curve. The green line shows global mean sea level observed from satellite altimetry. The blue shading represents the range of model projections for the SRES A1B scenario for the 21st century, relative to the 1980 to 1999 mean, and has been calculated independently from the observations. Beyond 2100, the projections are increasingly dependent on the emissions scenario (see Chapter 10 for a discussion of sea level rise projections for other scenarios considered in this report). Over many centuries or millennia, sea level could rise by several metres (Section 10.7.4).*

Figure 4.6 Prévision de hausse du niveau moyen des océans d'après le rapport du GIEC-2007[6]

Toutefois, l'incertitude entourant plusieurs paramètres (rythme de hausse de la température et surtout fonte des glaciers) pourrait faire varier cette prévision. Les chiffres qui circulent actuellement à propos de la remontée du niveau d'eau moyen des océans sont plutôt de 0,8 m à 2 m d'ici la fin de ce siècle[7] en tenant compte de la fonte accélérée des glaciers, si bien qu'il faudrait peut-être plutôt parler d'un relèvement d'au moins 0,3 m à 0,5 m dans les prochaines 50 années et d'au moins 0,8 m à 1,1 m d'ici les 100 prochaines années.

La figure 4.7 illustre la progression de la hausse des niveaux moyens proposée dans ce contexte. La courbe rouge est la progression linéaire de hausse des niveaux d'eau avec le taux actuel (environ 2,5 mm/an) et la courbe bleue est la courbe de progression exponentielle des niveaux d'eau moyens qui est proposée en fonction d'une analyse relativement plausible des informations actuellement disponibles.

6 http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch5.html

7 Pfeffer, W.T. & al, "Kinematic Constraints on Glacier Contribution to 21st-Century Sea-Level Rise", SCIENCE, Vol 321, 5 September 2008, www.sciencemag.org

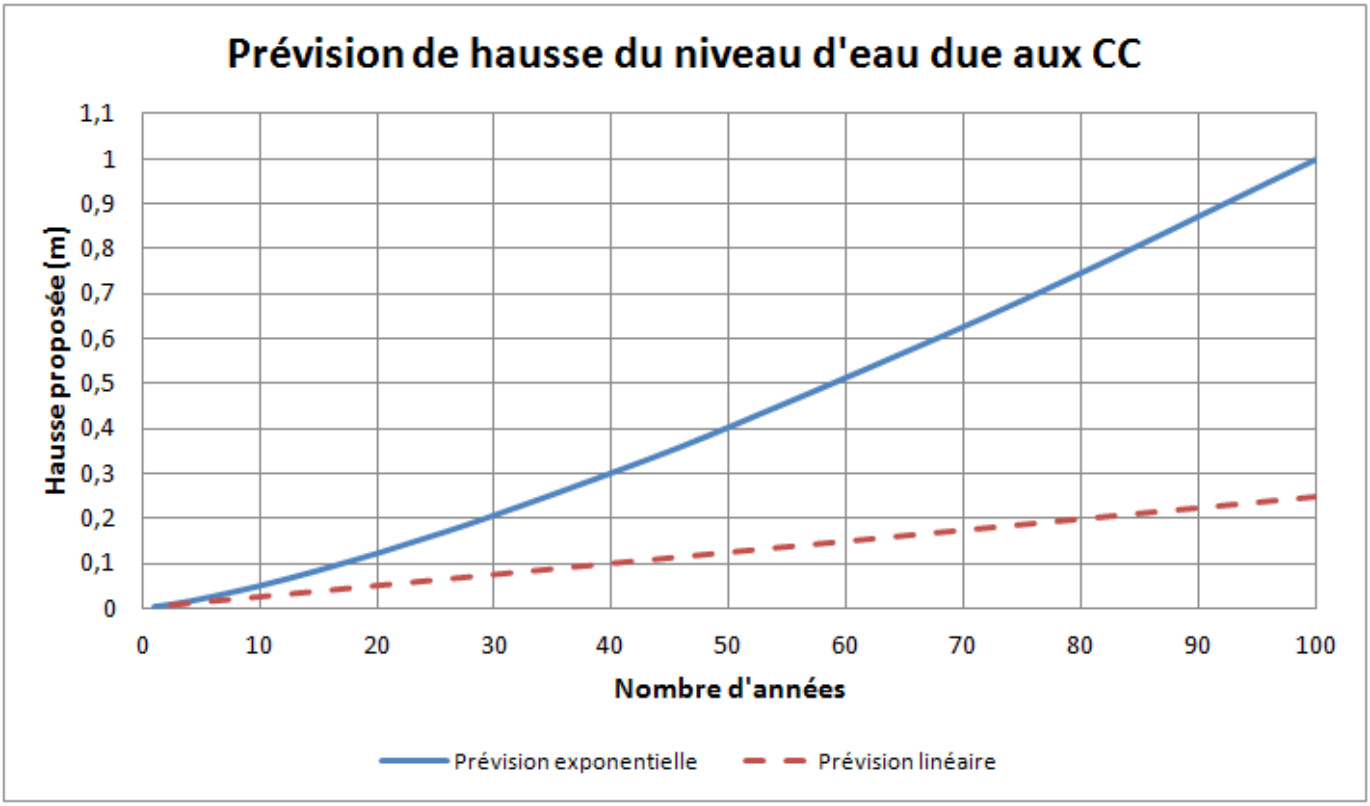


Figure 4.7 Hausse proposée du niveau moyen de l'eau en fonction des changements climatiques

Dans le cadre de la conception des ouvrages de protection de berge de Pointe-aux-Outardes, il serait recommandé de considérer une **période de vie utile de 35 à 40 ans** et un **rehaussement du niveau moyen de l'eau de 0,25 à 0,3 m** à cette échéance.

4.8 Niveaux d'eau hauts recommandés devant la péninsule de Manicouagan

La prise en compte de l'influence des changements climatiques fait en sorte qu'à Baie-Comeau, les niveaux d'eau **en conditions futures** calculés à partir des niveaux d'eau de Baie-Comeau s'établissent comme suit pour les récurrences données :

- Une heure tous les 30 ans : +5,15 m ZC ou +3,34 m NMM
- Une heure tous les 10 ans : +4,84 m ZC ou +3,03 m NMM
- Une heure tous les 5 ans : +4,71 m ZC ou +2,90 m NMM
- Une heure tous les 2 ans : +4,58 m ZC ou +2,77 m NMM
- Une heure par année : +4,47 m ZC ou +2,66 m NMM
- Douze heures par année : +4,13 m ZC ou +2,32 m NMM
- Une journée par année : +4,03 m ZC ou +2,22 m NMM

Le niveau qui pourrait être considéré comme niveau extrême dans une cinquantaine d'années devrait être de l'ordre de +5,4 m ZC ou +3,6 m NMM.

5 Vagues au large de Pointe-aux-Outardes

5.1 Contexte de l'étude de vagues

Une étude de prédiction des vagues a été effectuée dans le cadre de l'étude de la protection des berges de Pointe-aux-Outardes. En l'absence de données de vagues appropriées, celles-ci sont établies à l'aide d'un modèle mathématique sur ordinateur, à partir des enregistrements de vent à une station météorologique avoisinante. Des données de réanalyse des vents de type NARR[8] (réanalyse climatique disponible de 1979 à 2010) en trois points au large de la péninsule et les données des stations météorologiques de Mont-Joli et Baie-Comeau ont été évaluées (figure 5.1).

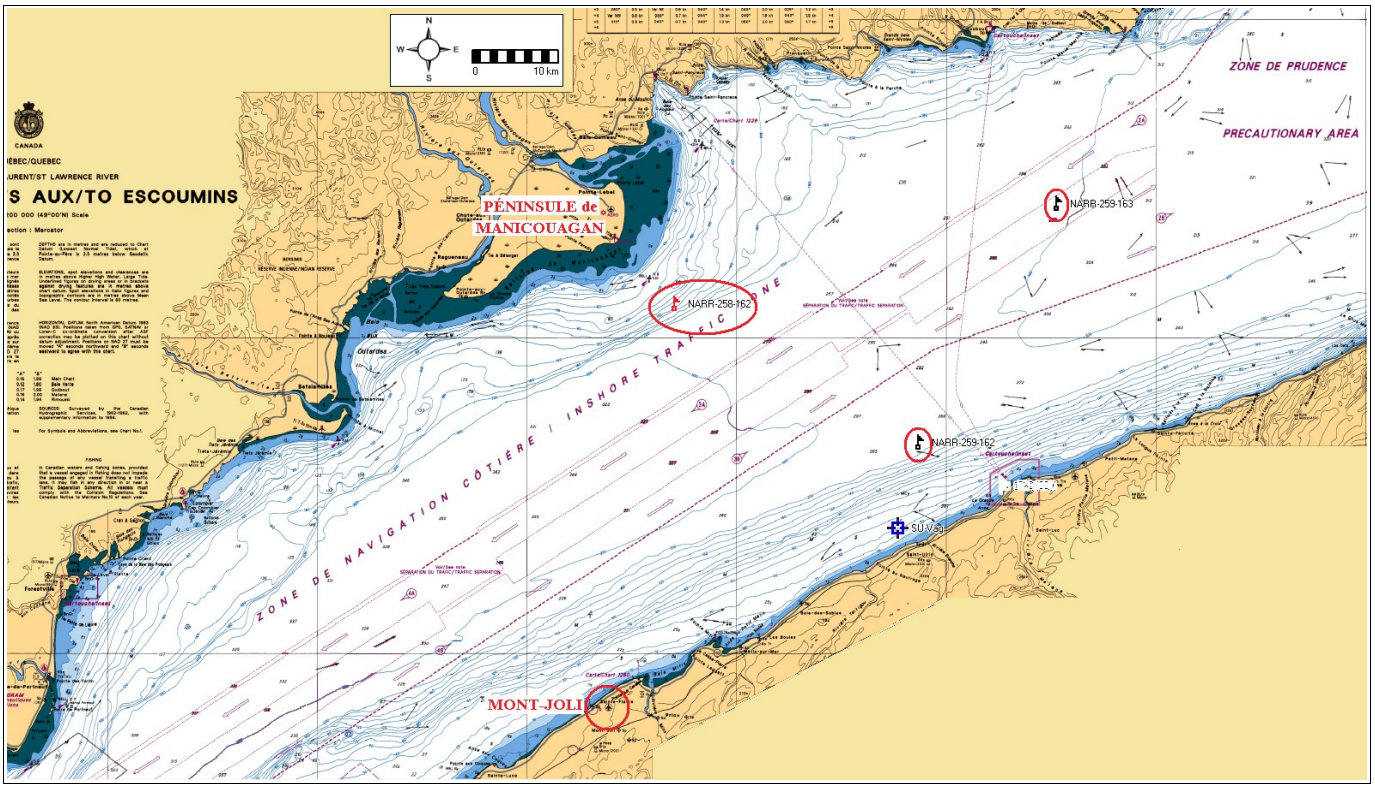


Figure 5.1 Localisation des données météorologiques

En utilisant le logiciel « Gener », les vagues ont été reconstituées au large de la péninsule de Manicouagan à partir des données de vent de réanalyse NARR ou enregistrées aux stations des aéroports de Mont-Joli et Baie-Comeau. Une sélection de la station de vent à retenir pour la suite des calcul a été faite et les vagues calculées au large avec ces données de vent ont ensuite été réfractées pour obtenir le climat des vagues près de la côte de la péninsule de Manicouagan, afin d'être en mesure de dimensionner les ouvrages de protection.

8North American Regional Reanalysis « http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/rreanl/ »

Les calculs pour générer les vagues dans la région de Pointe-aux-Outardes ont été faits sur l'année complète pour tenir compte de l'impact de la disparition progressive des glaces (avec les changements climatiques) sur la stabilité des ouvrages de protection.

5.2 Données de vent de réanalyse NARR

Les données de vents de la modélisation NARR #258-162 située à environ 10 km au sud-est de la Pointe de la péninsule de Manicouagan (voir figure 5.1 – Position 49° 02' 8,4" N / 68° 05' 51,9" O) ont été récupérées entre 1979 et 2010, du 1er janvier au 31 décembre.

Cette station météorologique virtuelle est très bien située par rapport à la péninsule de Manicouagan. Les deux autres stations NARR dans la région (259-162 et 259-163) n'offrent pas d'avantage pour cette étude par rapport à la station NARR retenue.

Les statistiques globales des vents pour la série de données retenue (1979 à 2010) ont été utilisées pour calculer la rose des vents qui est montrée sur la figure 5.2. On peut y lire, selon les seize directions principales, les fréquences des vents dont la vitesse est supérieure à 0, 20, 40, 50 et 60 km/h. Sur cette figure, les fréquences croissent de l'extérieur vers l'intérieur, passant de 0,01 % à 30 % selon une échelle logarithmique afin de mettre en évidence les vents les plus forts. On y indique aussi le nombre maximal et le nombre disponible de valeurs horaires (100 %), le pourcentage de couverture et la période de temps calme (0,5 %).

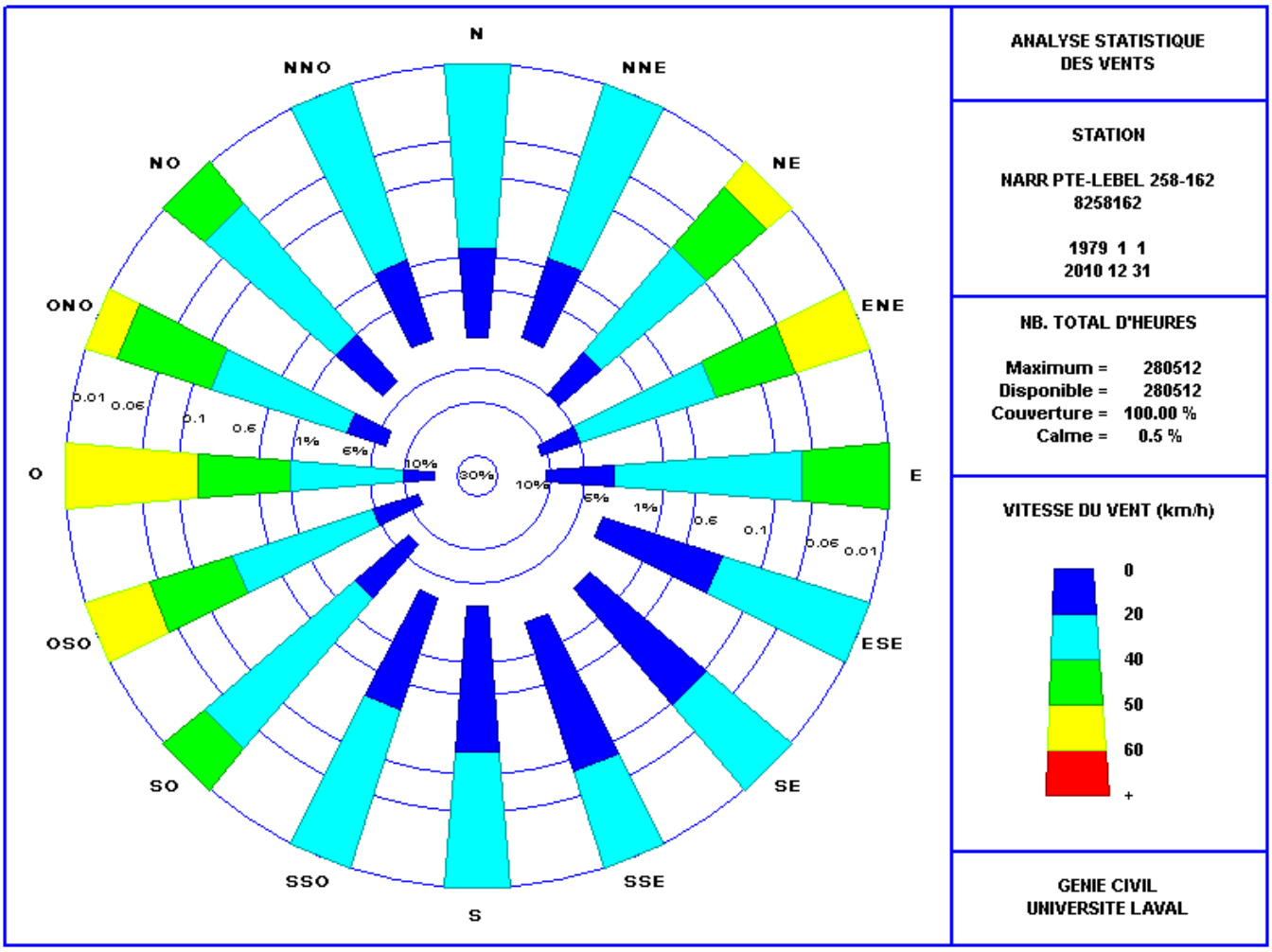


Figure 5.2 Rose des vents de la station NARR # 258-162 entre 1979 et 2010

5.3 Données de vent de Mont-Joli

Les données de vents de la station d'Environnement Canada de Mont-joli ont été récupérées[9] et complétées (par interpolation) entre 1979 et 2010, du 1er janvier au 31 décembre. La station de l'aéroport de Mont-Joli présente une qualité relativement bonne des données. La série de données utilisée a été complétée par interpolation.

L'évaluation par décennies des informations fournies par Environnement Canada à Mont-Joli montre un changement très marqué des vents forts en termes de direction vers 1980. Des recherches ont été faites pour savoir si un déplacement de l'anémomètre avait eu lieu à cette époque, mais il n'a pas été possible de

9 http://www.climat.meteo.gc.ca/advanceSearch/searchHistoricDataStations_f.html?searchType=stnName&timeframe=1&txtStationName=mont-joli&searchMethod=contains&optLimit=yearRange&StartYear=1840&EndYear=2012&Month=3&Day=15&Year=2012&selRowPerPage=25&cmdStnSubmit=Recherche

confirmer cette hypothèse. Pour ne pas induire trop de bizarreries dans l'analyse, il a été décidé de commencer l'analyse des vents en 1979, ce qui donne 32 ans de données continues.

Les statistiques globales des vents pour la série de données retenue (1979 à 2010) ont été utilisées pour calculer la rose des vents qui est montrée sur la figure 5.3. On peut y lire, selon les seize directions principales, les fréquences des vents dont la vitesse est supérieure à 0, 20, 40, 50 et 60 km/h. Sur cette figure, les fréquences croissent de l'extérieur vers l'intérieur, passant de 0,01 % à 30 % selon une échelle logarithmique afin de mettre en évidence les vents les plus forts. On y indique aussi le nombre maximal et le nombre disponible de valeurs horaires, le pourcentage de couverture et la période de temps calme.

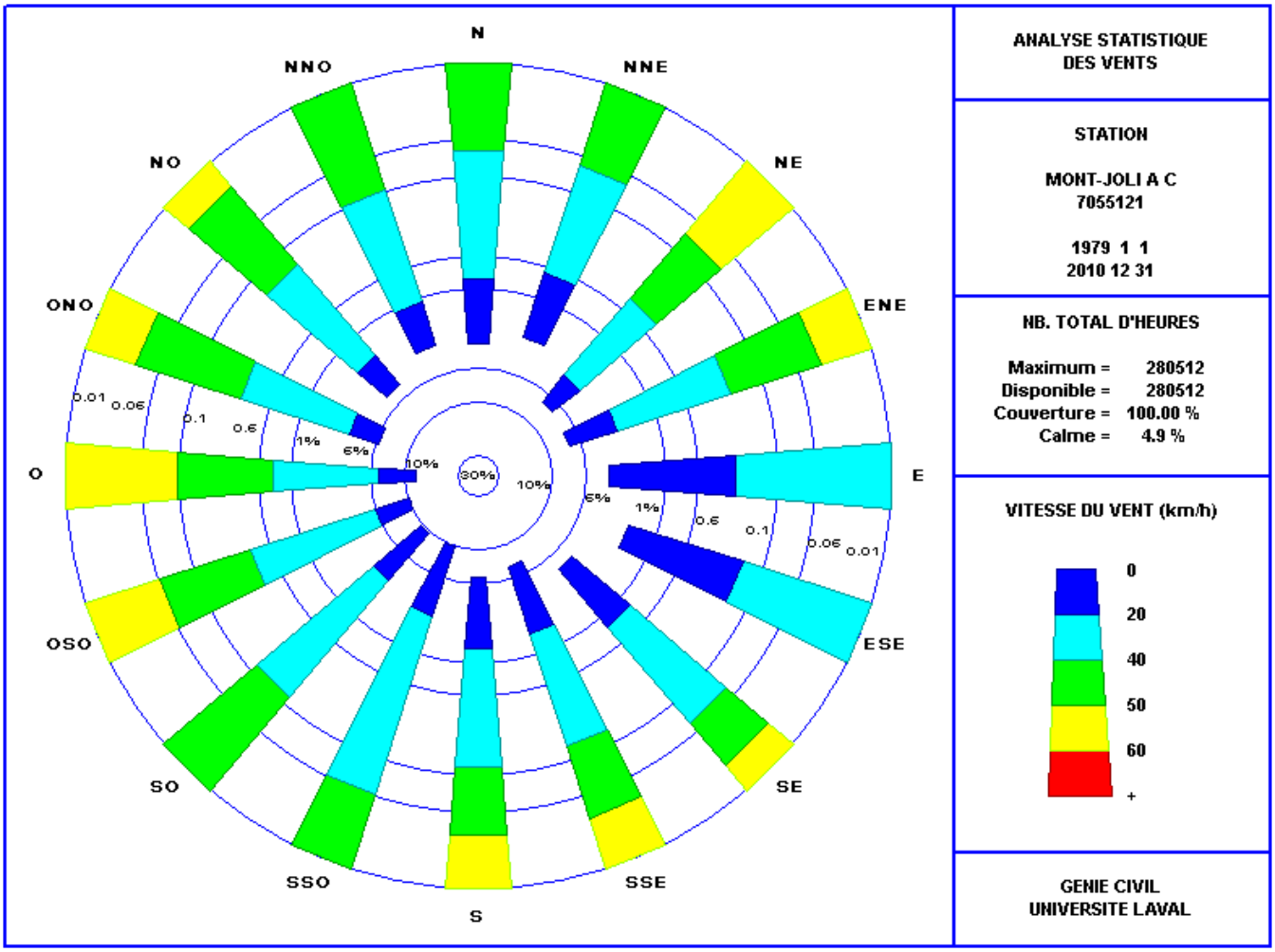


Figure 5.3 Rose des vents de la station de Mont-Joli entre 1979 et 2010

5.4 Données de vent de Baie-Comeau

Les données de vents de la station d'Environnement Canada de Baie-Comeau ont été récupérées[10] et partiellement complétées (par interpolation) entre 1979 et 2006, du 1er janvier au 31 décembre. La qualité des données de vent de cette station est moyenne, que ce soit en termes du nombre d'années de données disponibles ou en termes de pourcentage de bonnes données. La station de l'aéroport de Pointe-Lebel présente des problèmes de disponibilité en continu des données et de représentativité des vents qui soufflent sur l'eau.

La rose des vents est montrée sur la figure 5.4.

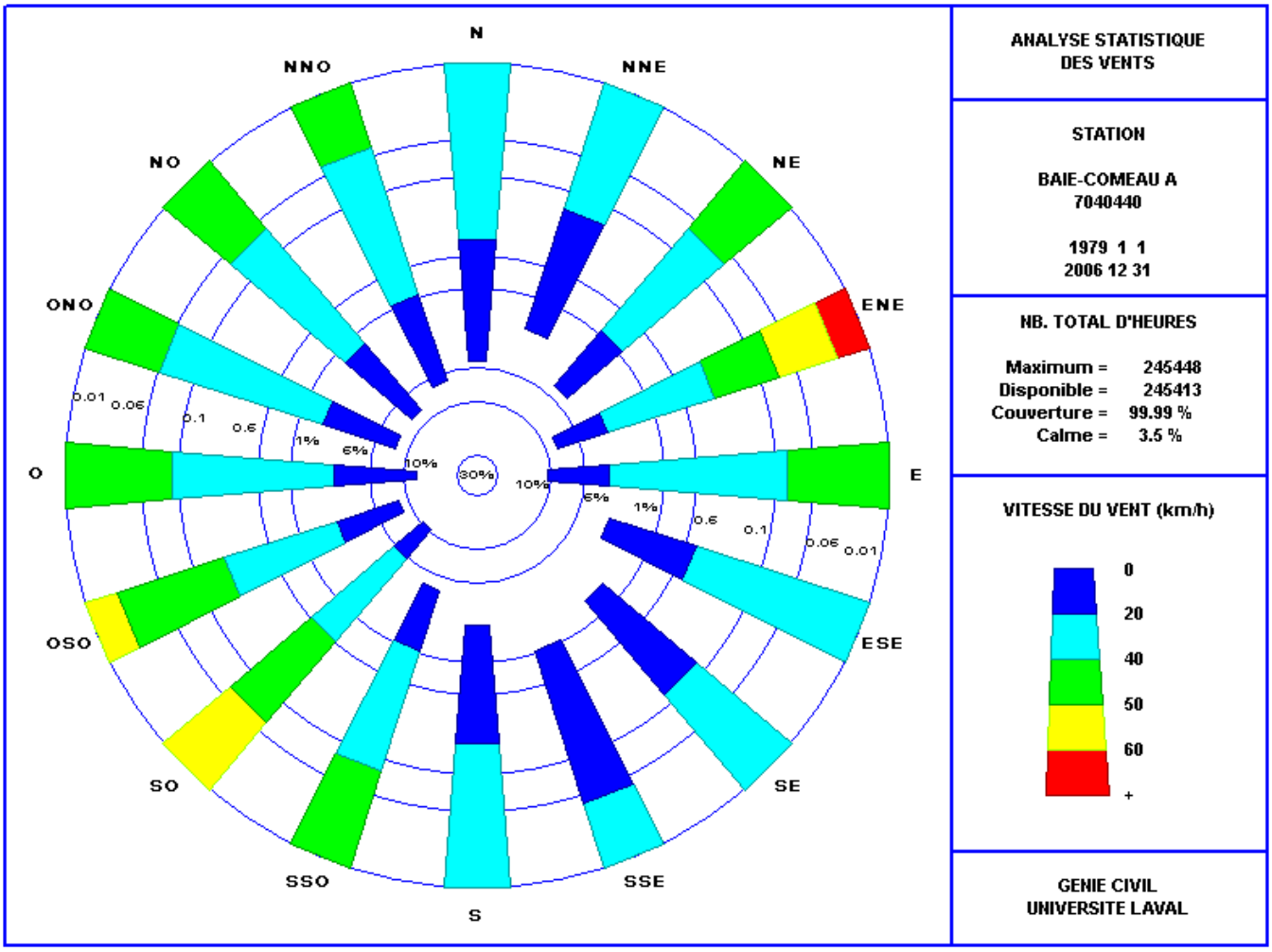


Figure 5.4 Rose des vents de la station de Baie-Comeau entre 1979 et 2006

10 http://www.climat.meteo.gc.ca/advanceSearch/searchHistoricDataStations_f.html?searchType=stnName&timeframe=1&txtStationName=mont-joli&searchMethod=contains&optLimit=yearRange&StartYear=1840&EndYear=2012&Month=3&Day=15&Year=2012&selRowPerPage=25&cmdStnSubmit=Recherche

Compte tenu de la qualité relativement mauvaise des données originales de vent de l'aéroport de Baie-Comeau, ces données de vent n'ont pas été retenues pour la suite des évaluations (vagues).

5.5 Fetchs

Les fetchs sont les distances d'eau libre sur lesquelles les vents peuvent soulever les vagues dans une direction donnée. Les fetchs permettant de calculer la hauteur des vagues au large ont été déterminés à partir des radiales mesurées sur la carte marine.

Le point d'origine des radiales et des fetchs utilisé dans le cas de la péninsule de Manicouagan correspond à un point situé à 5,6 km au sud-sud-est de la Pointe de Manicouagan par environ 55 m d'eau. Sa position est : 49° 03,23' N / 68° 09,58' O.

Les radiales et les fetchs utilisés dans les prévisions de vague suivant les directions d'intérêt sont calculés à l'aide de la méthode des fetchs effectifs. À noter que le fetch utilisé correspond à la moyenne plus un demi écart-type. La figure 5.5 représente graphiquement les radiales selon une rose. Le tableau 5.1 donne les valeurs numériques des fetchs effectifs et la figure 5.6 représentent ces fetchs effectifs selon une rose.

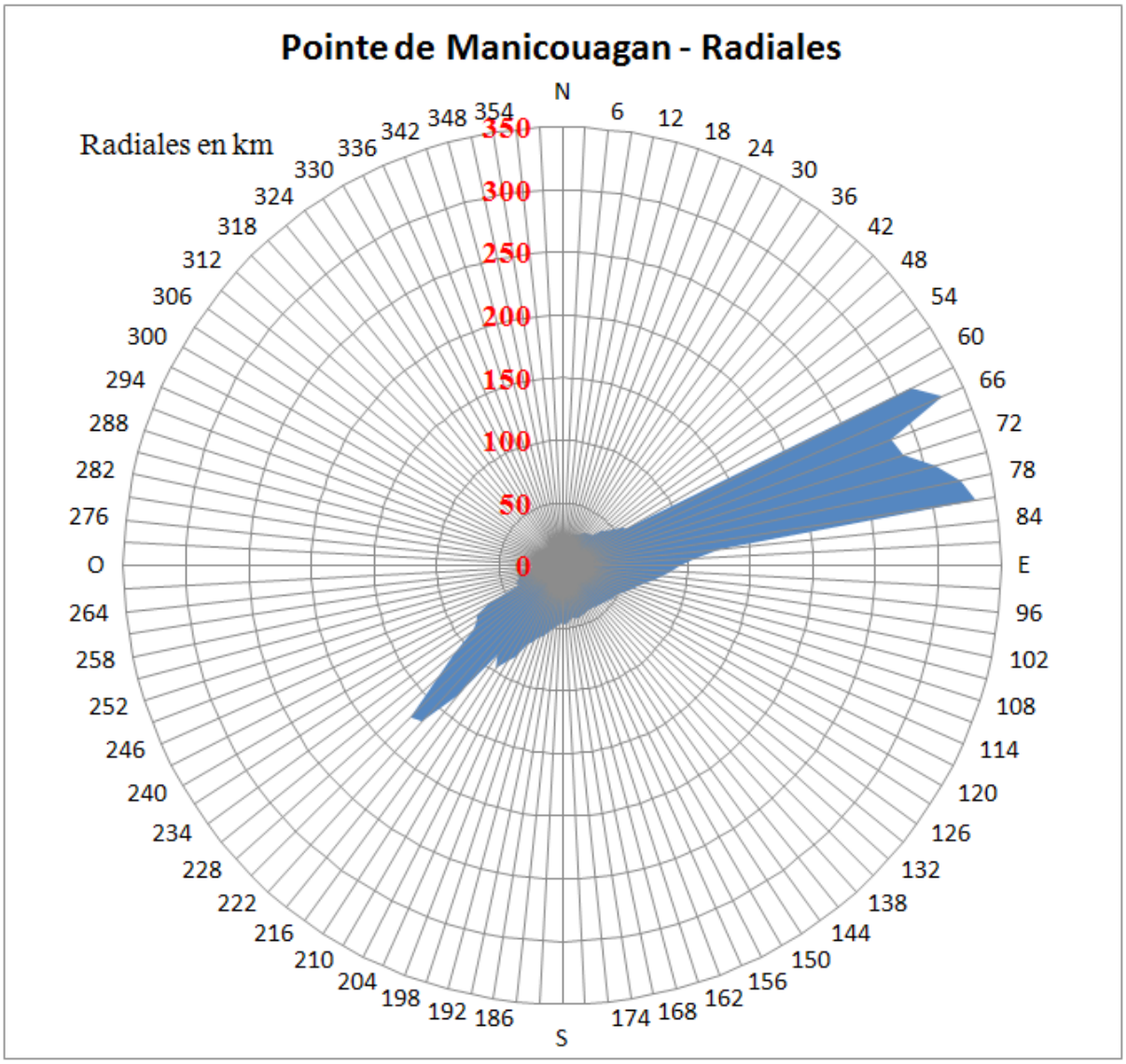


Figure 5.5 Radiales selon les directions au large de Pointe-aux-Outardes

Tableau 5.1 Fetchs effectifs selon les directions au large de Pointe-aux-Outardes

km	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0	16,4	26,7	34,2	332,0	94,0	56,1	43,4	42,2	45,8	65,0	171,0	36,6	16,2	12,0	6,5	5,7
±3	16,4	27,0	36,5	308,1	95,6	56,2	43,4	42,3	46,6	64,7	157,2	47,5	16,4	11,6	6,5	5,7
±6	17,9	26,4	37,3	253,6	98,5	56,1	43,5	42,2	46,9	66,6	142,9	51,4	19,6	11,4	6,4	5,8
±9	17,3	26,2	38,1	232,4	127,9	56,5	43,4	42,1	46,8	67,8	126,9	53,3	21,0	11,3	6,4	5,9
±12	16,8	26,4	39,0	221,4	142,1	57,2	43,5	41,9	47,0	68,9	118,1	54,9	21,7	11,1	6,5	6,1
±15	16,3	26,5	39,7	214,4	148,9	57,9	43,5	41,8	47,4	68,4	111,3	57,7	22,1	11,0	6,6	6,3
±18	16,2	26,1	58,5	193,7	151,2	58,6	43,5	41,8	47,7	71,1	104,9	61,1	22,3	10,9	6,6	7,0
±21	16,1	25,7	73,1	176,6	152,0	59,4	43,6	41,9	48,0	74,9	97,5	64,7	22,6	10,9	6,7	7,5
±24	16,0	25,4	81,0	162,7	154,9	60,5	43,8	41,8	48,4	77,8	91,7	66,9	22,4	10,9	6,9	7,8
±27	15,9	25,5	87,2	151,2	155,5	62,1	44,0	41,7	49,1	78,0	86,6	66,9	23,6	11,6	7,0	8,1
±30	15,8	25,2	92,5	141,4	145,2	71,7	44,2	41,7	49,7	76,9	82,2	64,7	24,9	12,2	7,2	8,6
±33	15,8	25,1	97,2	133,0	136,3	78,8	44,4	41,7	50,5	75,0	78,4	63,2	26,0	12,7	7,3	9,0
±36	15,8	25,1	101,0	125,4	128,5	83,8	44,6	41,7	50,6	73,0	74,9	61,4	27,0	13,1	7,5	9,3
±39	15,7	25,1	97,8	118,8	121,6	87,0	44,9	41,7	51,9	71,1	71,8	59,6	28,3	13,3	7,8	9,5
±42	15,7	31,5	94,2	112,8	115,4	89,3	45,3	41,8	53,7	69,0	68,5	57,6	30,0	13,6	8,1	9,8
Moy.	16,3	26,3	67,2	191,8	131,2	66,1	43,9	41,9	48,7	71,2	105,6	57,8	22,9	11,8	6,9	7,5
Éc.-typ	0,6	1,6	27,2	68,0	21,9	12,4	0,6	0,2	2,2	4,5	32,0	8,2	3,9	0,9	0,5	1,5
Fetch	**16,6**	**27,1**	**80,8**	**225,8**	**142,1**	**72,3**	**44,3**	**42,0**	**49,8**	**73,5**	**121,6**	**61,9**	**24,9**	**12,3**	**7,2**	**8,2**

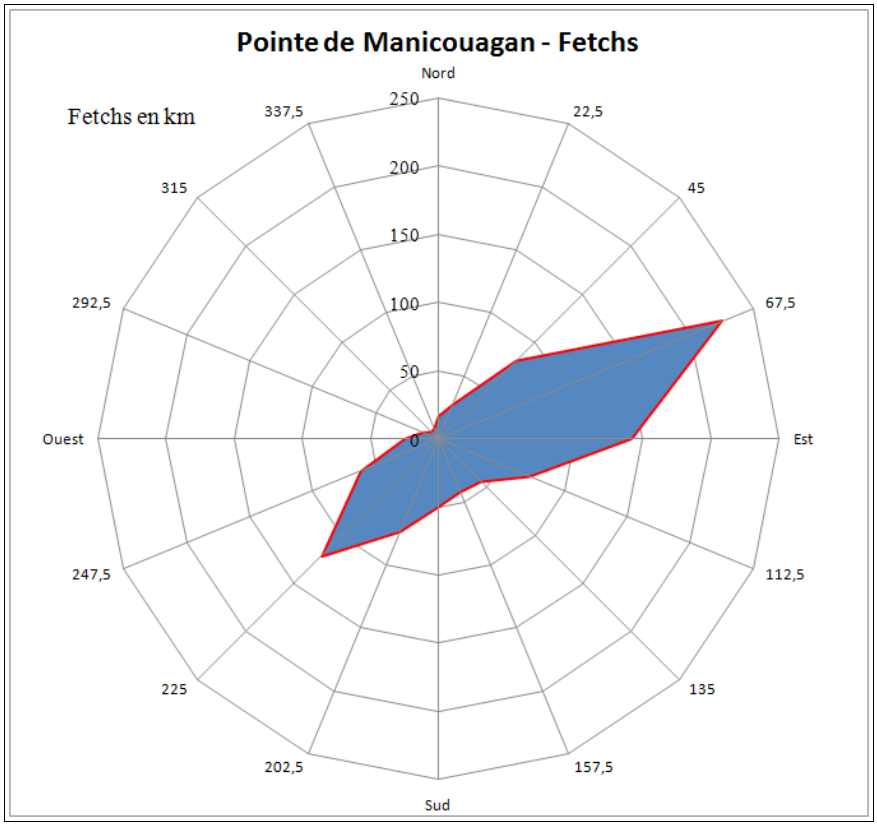


Figure 5.6 Fetchs effectifs au large de la Pointe de Manicouagan

5.6 Vagues au large

À l'aide d'un modèle paramétrique sur ordinateur, les données de vent au point NARR #258-162 et à l'aéroport de Mont-Joli ont été utilisées pour la reconstitution des vagues au large de la péninsule de Manicouagan de 1979 à 2010. Différents facteurs d'amplification ont été appliqués aux vitesses du vent :

- Pour la station NARR, des facteurs de 0,9 et 1,0 ont été appliqués pour s'assurer de ne pas surévaluer les hauteurs de vagues produites à partir des données de cette station virtuelle,
- Pour la station de Mont-Joli, des facteurs de 1,0 et 1,1 ont été appliqués pour ramener les vitesses sur terre de la station météorologique de Mont-Joli à des vitesses sur l'eau.

Le modèle applique la méthode S.M.B. (Shore Protection Manual, 1984) de façon séquentielle aux données horaires du vent pour obtenir les statistiques des vagues en un point au large de la péninsule de Manicouagan. Les données du vent sont préalablement lissées pour éliminer le plus possible les irrégularités présentes dans les données de ce genre.

Les statistiques des vagues ont été reconstituées pour les quatre cas de calcul à partir de la série de données de vent sélectionnées.

À partir de ces résultats, on a tracé sur les figures suivantes les roses correspondantes des vagues (échelle de 0 à 3,0 m). L'échelle logarithmique permet de mettre en évidence les fortes vagues.

Une particularité des vents NARR par rapport aux vents de la station de Mont-Joli est la quasi-absence de vents du secteur sud. Sinon les patrons des vents sont relativement similaires entre les deux stations. Du point de vue des vagues calculées à partir de ces différentes bases de données de vent, on observe une prédominance de fortes vagues du secteur est-nord-est et des vagues un peu moins fortes du secteur ouest-sud-ouest (voir figures 5.7 à 5.10).

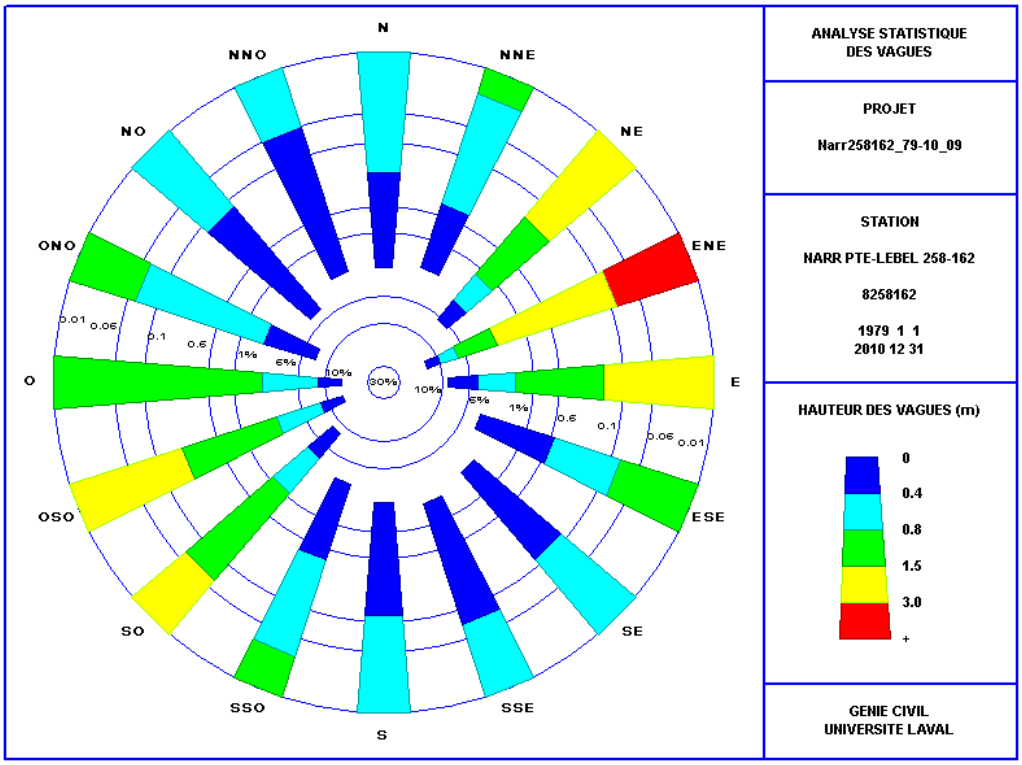


Figure 5.7 Rose des vagues au large produite avec les données NARR - 1979 à 2010 – F=0,9

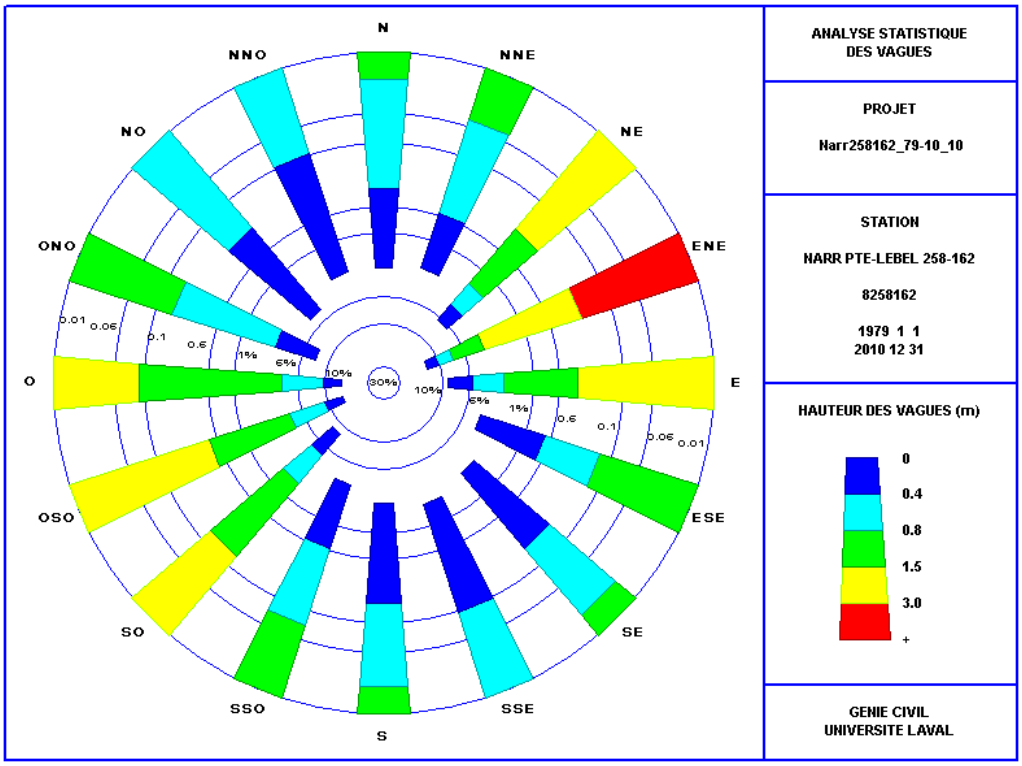


Figure 5.8 Rose des vagues au large produite avec les données NARR - 1979 à 2010 – F=1,0

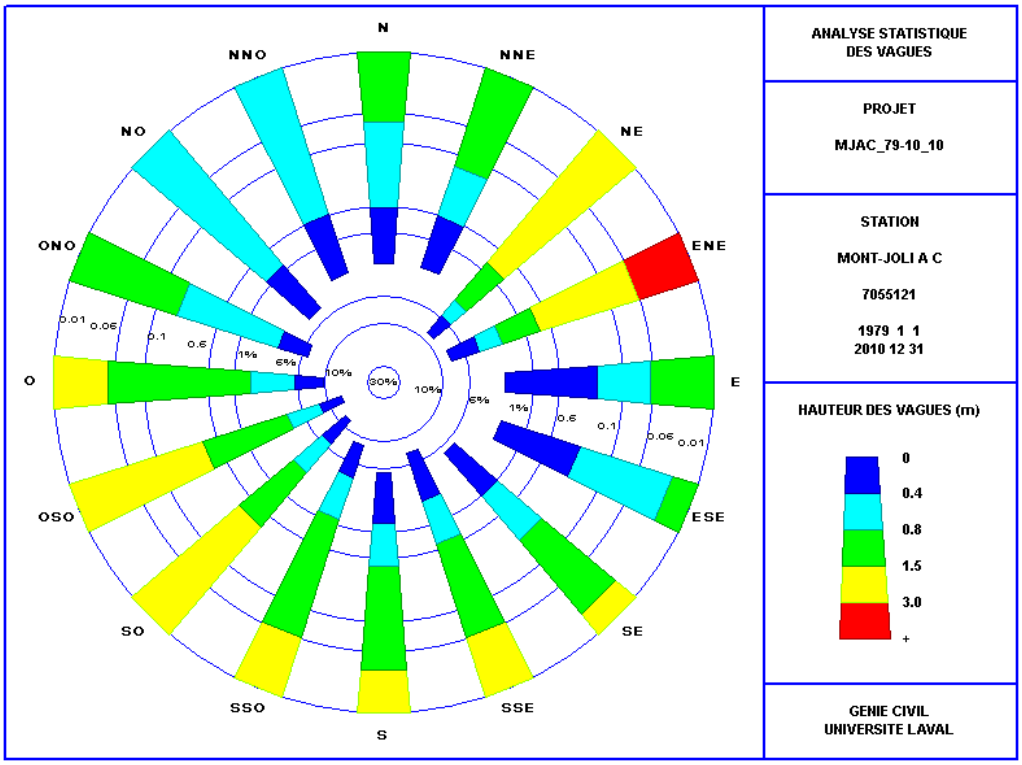


Figure 5.9 Rose des vagues au large produite avec les données de Mont-Joli – 1979-2010 – F=1,0

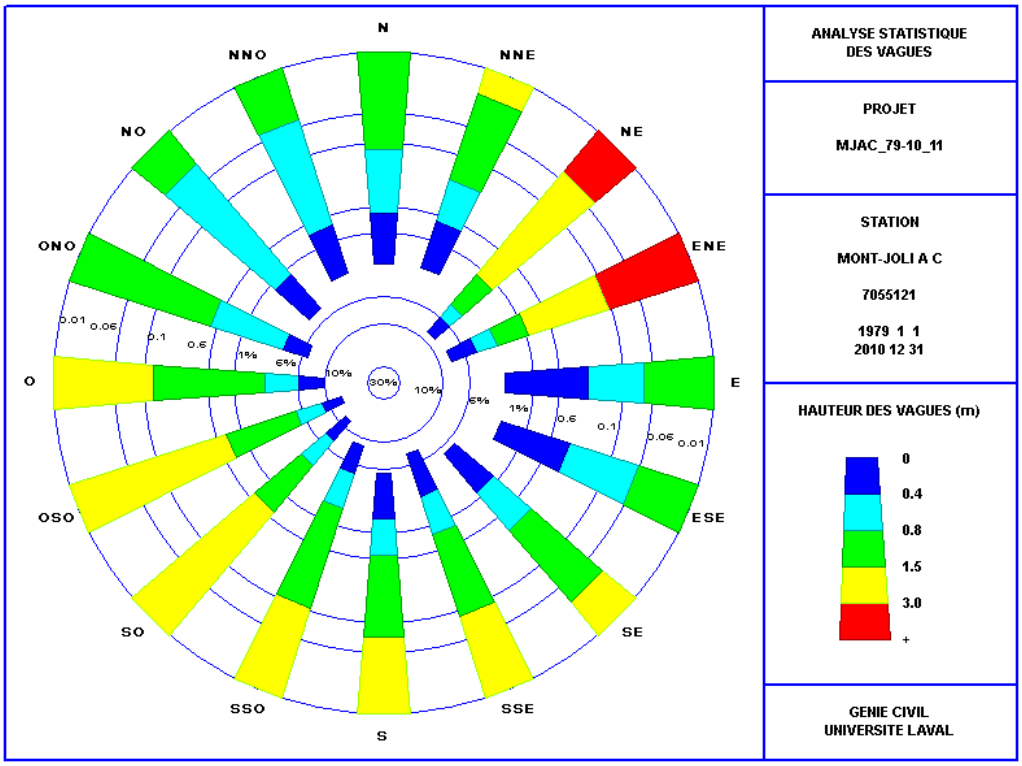


Figure 5.10 Rose des vagues au large produite avec les données de Mont-Joli - 1979 à 2010 – F=1,1

Les fréquences de dépassement des hauteurs de vagues, toutes directions confondues, ont été évaluées à partir des séries temporelles de données de vagues produites pour les quatre cas de calcul. La figure 5.11 reproduit ces courbes de fréquence de dépassement sur une échelle logarithmique des fréquences pour mettre en évidence les fortes vagues. En ordre croissant, on retrouve sur la figure :

- les vagues produites à partir des données de Mont-Joli (MJAC) avec le facteur 1,0, puis
- les vagues produites avec les vents de réanalyse NARR avec un facteur 0,9, suivi
- des vagues produites à partir des données de Mont-Joli avec le facteur 1,1, pour finir par
- les vagues produites avec les vents de réanalyse NARR avec un facteur 1,0.

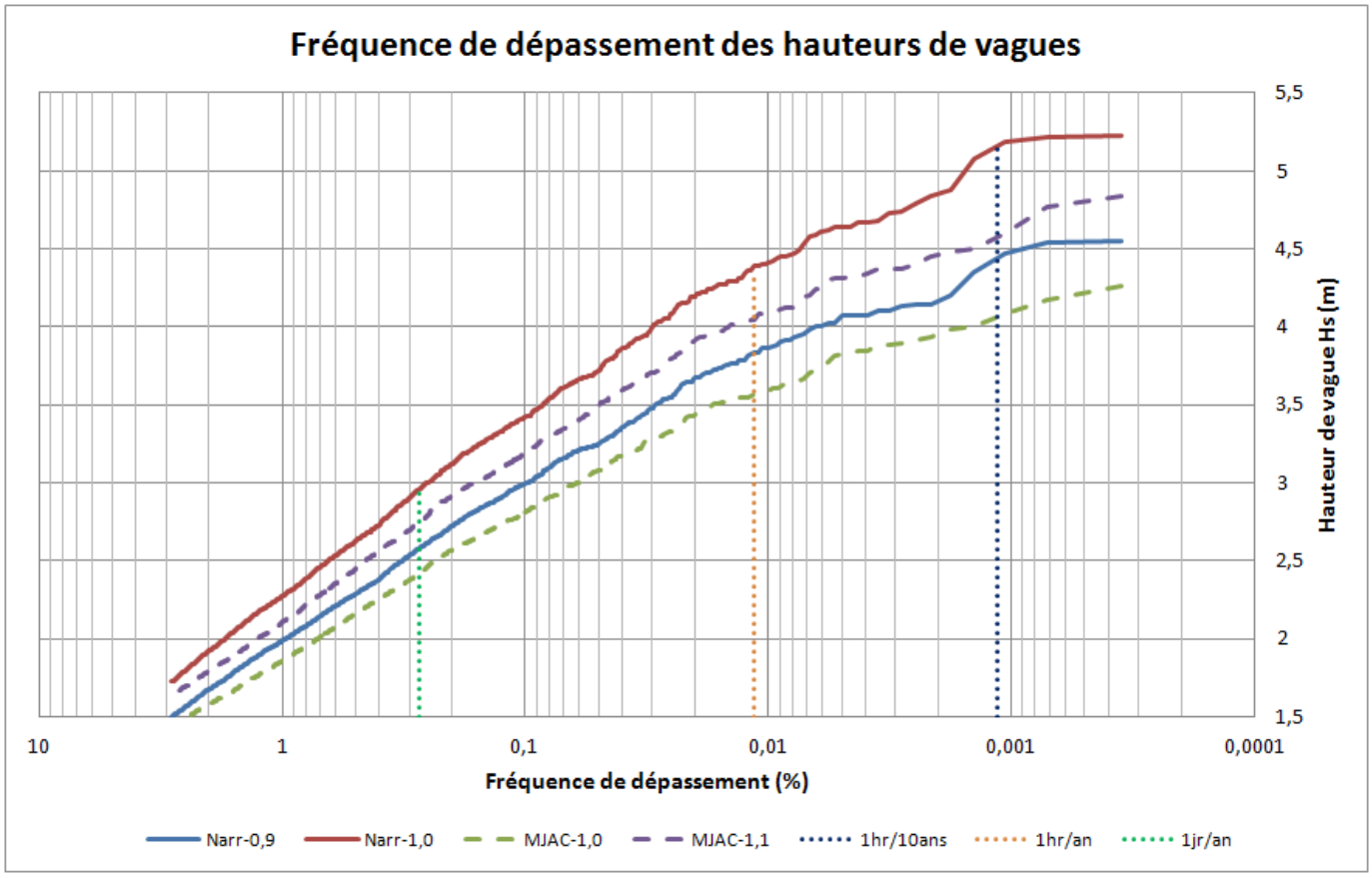


Figure 5.11 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues prédites

Il faudrait disposer de données de vagues enregistrées sur une assez longue période dans la région pour départager les différents scénarios de vagues proposés, ce qui n'est pas encore le cas. La recommandation de retenir le climat de vagues produit à l'aide des données de vent de **réanalyse NARR affectées d'un facteur 0,9** est principalement basée sur le fait que les données de vents NARR sont sur l'eau et que les résultats situent ce choix entre les deux séries de valeurs obtenues avec les données de Mont-Joli traditionnellement utilisées pour ce genre de calcul dans la région.

La principale préoccupation du choix du climat de vagues est d'obtenir une bonne représentation des directions de vagues plus qu'une représentation précise de leur hauteur absolue, puisque les ouvrages prévus et les processus sédimentaires vont être situés dans une zone où la réfraction et le déferlement affectent beaucoup la hauteur des vagues qui atteignent ces ouvrages.

Il sera important de tenir compte de cette hypothèse dans les recommandations de conception des ouvrages pour éviter que des événements exceptionnels ne ruinent ces ouvrages.

5.7 Vagues extrêmes prédites au large

L'évaluation de la hauteur des vagues ayant une période de retour de 10 à 100 ans a été faite à partir des résultats des calculs précédents selon les méthodes statistiques de Gumbel et de Weibull pour l'année entière. La figure 5.12 présente les résultats comparés de prédiction de hauteur de vagues pour ces périodes de retour selon la méthode de Gumbel (celle dont le degré d'incertitude sur les résultats est le moindre) pour chacun des quatre cas de calcul.

Avec cette méthode, la hauteur significative des vagues prédites au large de la péninsule de Manicouagan pour une période de retour de 25 ans est de l'ordre de 4,2 à 4,9 m alors que celle prédite pour une période de retour de 100 ans est plutôt de l'ordre de 4,7 à 5,7 m.

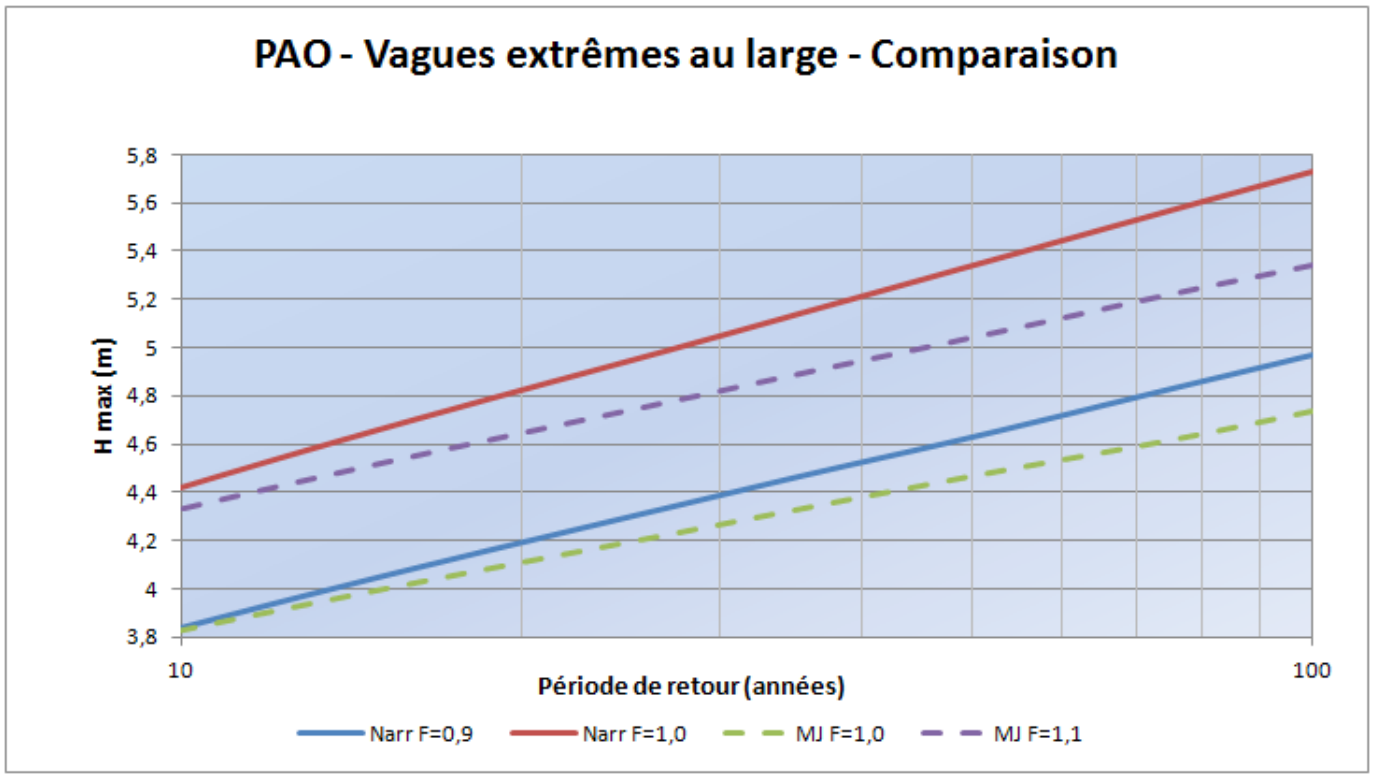


Figure 5.12 Prédiction de Hs au large de la péninsule de Manicouagan (année)

6 Vagues près des infrastructures projetées

6.1 Réfraction

Les vagues se produisant au large de la péninsule de Manicouagan ont été transformées, suite aux phénomènes de réfraction et de shoaling jusqu'au site où sont prévus les ouvrages de protection côtière de Pointe-aux-Outardes.

Le modèle MIKE 21 du Groupe Conseil LaSalle (GCL) a été utilisé à cet effet. Un rapport spécifique à cette étude a été produit par le GCL[11].



Figure 6.1 Extrait de Google Earth montrant la cote et les hauts-fonds devant Pointe-aux-Outardes

[11]Denault C. et Villeneuve, M. (2012), *"Pointes-aux-Outardes, Modélisation numérique des vagues, des courants littoraux et du transport sédimentaire"*, Rapport Groupe-Conseil LaSalle no 1832, Juillet 2012, présenté à la firme Dessau pour le compte de la Ville de Pointes-aux Outardes et du Ministère de la Sécurité publique



Figure 6.2 Extrait de Google™ Earth montrant la zone à l'étude

6.2 Réfraction

Les vagues de tempêtes se produisant au large de la péninsule de Manicouagan subissent de la réfraction et du déferlement avant d'atteindre la plage.

L'étude de la hauteur de vague qui frappe la plage de Pointe-aux-Outardes s'est faite à l'aide du modèle de réfraction (MIKE 21, Groupe Conseil LaSalle) à cause de la topographie irrégulière des fonds marins à cet endroit et en particulier de la présence de haut-fonds au sud-est de la zone à l'étude.

Des cas de vagues ont été sélectionnés pour effectuer le calcul de la réfraction en fonction de leur fréquence d'occurrence, de leur hauteur de vague et de leur importance en termes de transport littoral. Le tableau 6.1 liste les trente-six cas de calcul qui ont été traités par le modèle MIKE 21 pour définir le climat des vagues à proximité de la côte de Pointe-aux-Outardes.

Les résultats de ces cas de calcul fournis par le GCL ont permis de définir la transformation des vagues du large vers la côte (changement de hauteur et de direction) pour chacun des onze transects et des treize points de calcul de la réfraction définis dans la zone d'intérêt qui apparaissent sur la figure 6.3. Le transect 1 correspond à l'ancien quai de Pointe-aux-Outardes.

Tableau 6.1 Cas de calcul de réfraction des vagues

Dir	T	Dir	Hs		Fréquence	Heures
NNE	6	22,5	1,19	1	1,82E-04	1,59
NE	4	45	0,46	1	1,64E-02	143,46
NE	6	45	0,95	1	1,90E-02	166,64
NE	8	45	1,88	1	2,77E-03	24,23
ENE	4	67,5	0,5	1	3,68E-02	322,5
ENE	6	67,5	0,89	1	3,31E-02	290,36
ENE	8	67,5	1,44	1	3,28E-02	287,3
ENE	10	67,5	2,34	1	1,58E-02	138,31
ENE	12	67,5	3,73	1	1,16E-03	10,15
E	4	90	0,44	1	3,02E-02	264,66
E	6	90	0,84	1	2,23E-02	195,18
E	8	90	1,42	1	7,84E-03	68,64
E	10	90	2,83	1	4,17E-04	3,65
E	12	90	4,75	1	7,13E-06	0,06
ESE	4	112,5	0,38	1	1,01E-02	88,22
ESE	6	112,5	0,85	1	2,21E-03	19,39
ESE	8	112,5	1,63	1	2,50E-05	0,22
SE	4	135	0,35	1	4,39E-03	38,47
SE	6	135	0,89	1	3,14E-04	2,75
SSE	6	157,5	0,81	1	1,11E-04	0,97
S	4	180	0,37	1	3,94E-03	34,51
S	6	180	0,86	1	2,74E-04	2,4
SSW	4	202,5	0,4	1	8,45E-03	74,04
SSW	6	202,5	0,78	1	1,55E-03	13,62
SSW	8	202,5	2,13	1	2,85E-05	0,25
SW	4	225	0,45	1	2,95E-02	258,39
SW	6	225	0,86	1	1,97E-02	173,01
SW	8	225	1,45	1	3,94E-03	34,54
SW	10	225	2,75	1	2,50E-05	0,22
WSW	4	247,5	0,48	1	6,34E-02	555,4
WSW	6	247,5	0,95	1	4,92E-02	431,36
WSW	8	247,5	1,94	1	2,58E-03	22,58
W	4	270	0,58	1	9,86E-02	863,72
W	6	270	1,16	1	1,80E-02	157,58
WNW	4	292,5	0,49	1	3,77E-02	330,37
NW	4	315	0,46	1	3,27E-03	28,61

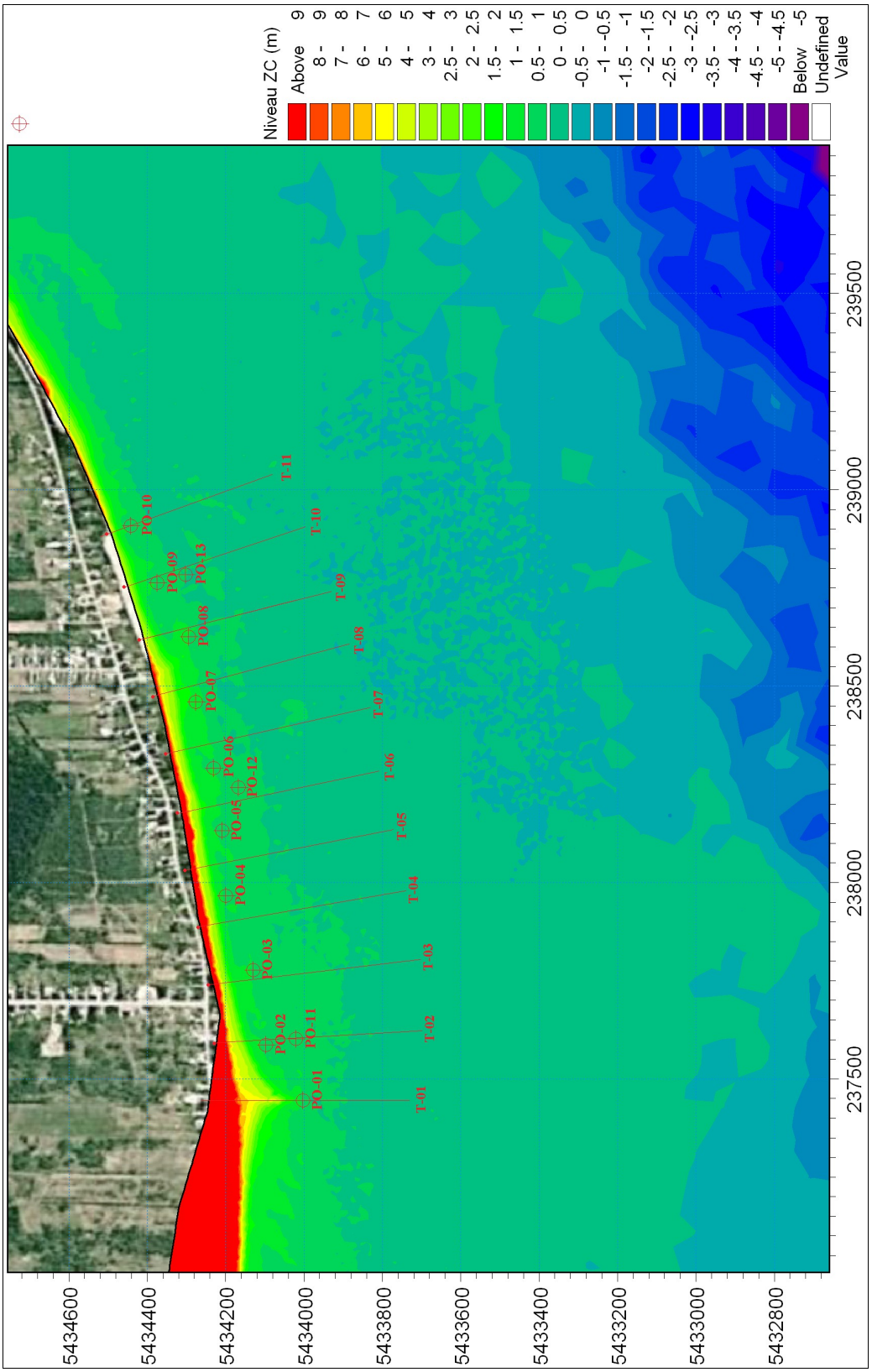


Figure 6.3 Localisation des transects et des points de calcul de la réfraction des vagues

6.3 Résultats des calculs de réfraction

Les calculs effectués par le GCL en termes de réfraction ont été traduits en séries de matrices de coefficients de réfraction et de changement de direction pour chacun des points de calculs PO-01 à PO-13. Un exemple de ces matrices (coefficient de hauteur et changement de direction) est illustré dans les tableaux 6.2 (Coefficients de hauteur) et 6.3 (changements de direction) pour le point PO-06. Les cases surlignées en jaune sont celles correspondant aux cas de calculs fournis au GCL (tableau 6.1).

Tableau 6.2 Matrice des coefficients de hauteur de vagues au point PO-06

T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	1,00	0,99	0,97	0,93	0,86	0,84	0,82	0,76	0,72	0,57	0,43	0,33	0,25
NNE	1,00	0,90	0,40	0,20	0,13	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
NE	1,00	0,90	0,50	0,27	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
ENE	1,00	0,92	0,70	0,45	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39	0,38	0,37	0,35
E	1,00	0,95	0,80	0,64	0,60	0,60	0,61	0,61	0,58	0,50	0,39	0,31	0,28
ESE	1,00	0,96	0,85	0,79	0,77	0,77	0,78	0,76	0,68	0,58	0,48	0,38	0,30
SE	1,00	0,98	0,92	0,86	0,86	0,87	0,83	0,77	0,70	0,62	0,51	0,41	0,30
SSE	1,00	0,99	0,95	0,90	0,90	0,90	0,85	0,79	0,72	0,64	0,54	0,43	0,30
S	1,00	0,98	0,93	0,88	0,88	0,88	0,84	0,78	0,71	0,63	0,53	0,42	0,30
SSW	1,00	0,98	0,93	0,84	0,83	0,83	0,76	0,63	0,54	0,47	0,41	0,36	0,30
SW	1,00	0,96	0,86	0,75	0,71	0,71	0,71	0,71	0,62	0,52	0,43	0,37	0,30
WSW	1,00	0,93	0,80	0,56	0,52	0,51	0,50	0,48	0,45	0,41	0,37	0,33	0,30
W	1,00	0,90	0,60	0,35	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20
WNW	1,00	0,90	0,50	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
NW	1,00	0,85	0,35	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
NNW	1,00	0,84	0,33	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Tableau 6.3 Matrice des changements de direction des vagues au point PO-06

T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	0	20	55	80	94	101	107	112	117	122	126	131	136
NNE	25	38	67	90	104	112	115	120	125	130	135	139	141
NE	45	57	85	103	112	117	123	128	134	138	141	143	144
ENE	70	80	95	108	116	122	127	131	135	138	140	142	145
E	90	96	104	115	122	127	132	135	139	142	144	145	149
ESE	110	116	121	126	131	135	140	142	146	149	151	153	154
SE	135	137	139	141	144	146	149	151	153	154	155	156	157
SSE	155	156	157	158	159	159	160	160	160	160	160	160	160
S	180	179	178	177	175	173	172	170	169	167	165	163	162
SSW	200	199	197	193	190	185	182	177	176	173	169	166	164
SW	225	222	215	206	201	194	191	187	184	179	176	171	166
WSW	245	241	232	216	208	201	197	192	187	183	178	174	169
W	270	260	242	222	212	205	202	200	196	192	186	180	173
WNW	300	288	250	227	220	213	208	204	200	196	190	184	178
NW	315	298	255	229	223	216	211	207	203	199	193	187	184
NNW	340	320	272	237	225	219	214	210	206	202	196	190	188

Ces informations ont été utilisées pour recalculer le climat des vagues en chacun des points apparaissant sur la figure 6.3.

6.4 Sélection des cas de vagues critiques près de la plage

Pour définir les contraintes de vagues sur les ouvrages (épis et plage), une sélection de cas critiques de vagues a été faite près de la plage. La figure 6.4 illustre quelques uns de ces cas à travers les prédictions de vagues extrêmes calculées après application des matrices de coefficients de hauteur et de changement de direction du large vers les points sélectionnés le long de la plage.

À l'aide de cette information, trois points de calcul ont été retenus pour la suite des calculs, soit les points PO-01 (le moins sollicité en termes de vagues), PO-02 (situation intermédiaire) et PO-13 (le point le plus sollicité en termes de vagues).

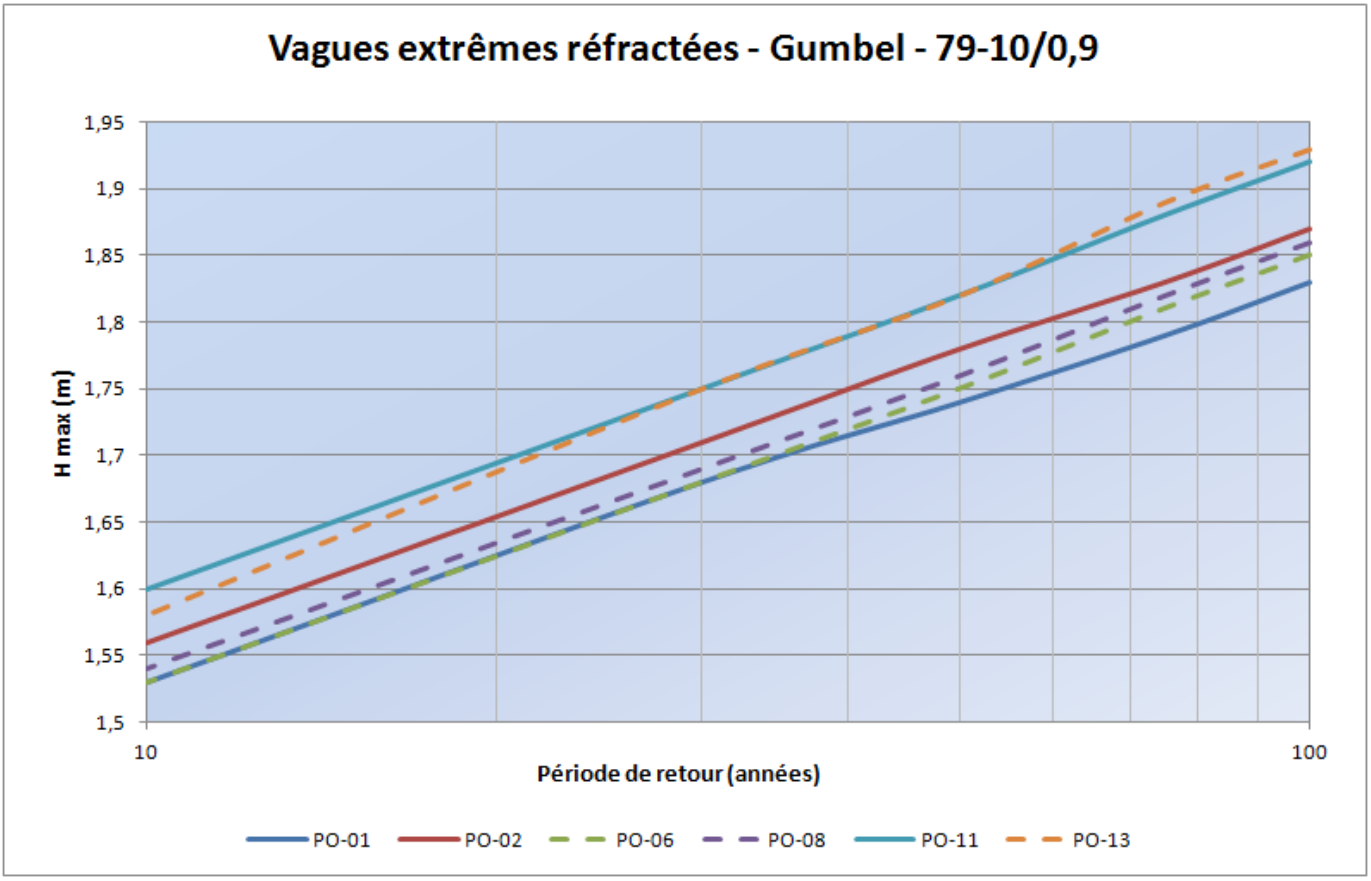


Figure 6.4 Hauteurs de vagues extrêmes calculées près de la plage

6.5 Hauteur de vagues recommandée près de la plage

Pour qu'un événement catastrophique de sollicitation de la plage et des épis se produise à Pointe-aux-Outardes, il est nécessaire de réunir deux conditions, soit :

- Une violente tempête du secteur est et
- Un très haut niveau d'eau au moment du plus fort de la tempête.

Si les récurrences de chacun des deux événements (tempête / niveau d'eau) sont relativement bien connues, la récurrence combinée des deux événements extrêmes l'est moins. On sait par contre que les fortes tempêtes du secteur est s'accompagnent fréquemment d'une hausse des niveaux d'eau par rapport aux niveaux prédits par les tables de marée.

Compte tenu de la vie utile des structures de protection de la berge projetées (35 ans), de l'incertitude concernant la récurrence combinée des événements exceptionnels (tempête / niveau d'eau) et de

l'incertitude entourant la détermination des hauteurs de vagues extrêmes (modélisation non calibrée), une hypothèse d'indépendance statistique des paramètres a été posée.

La figure 6.5 illustre la récurrence des niveaux d'eau à Baie-Comeau qui a été utilisée pour l'étude de Pointe-aux-Outardes.

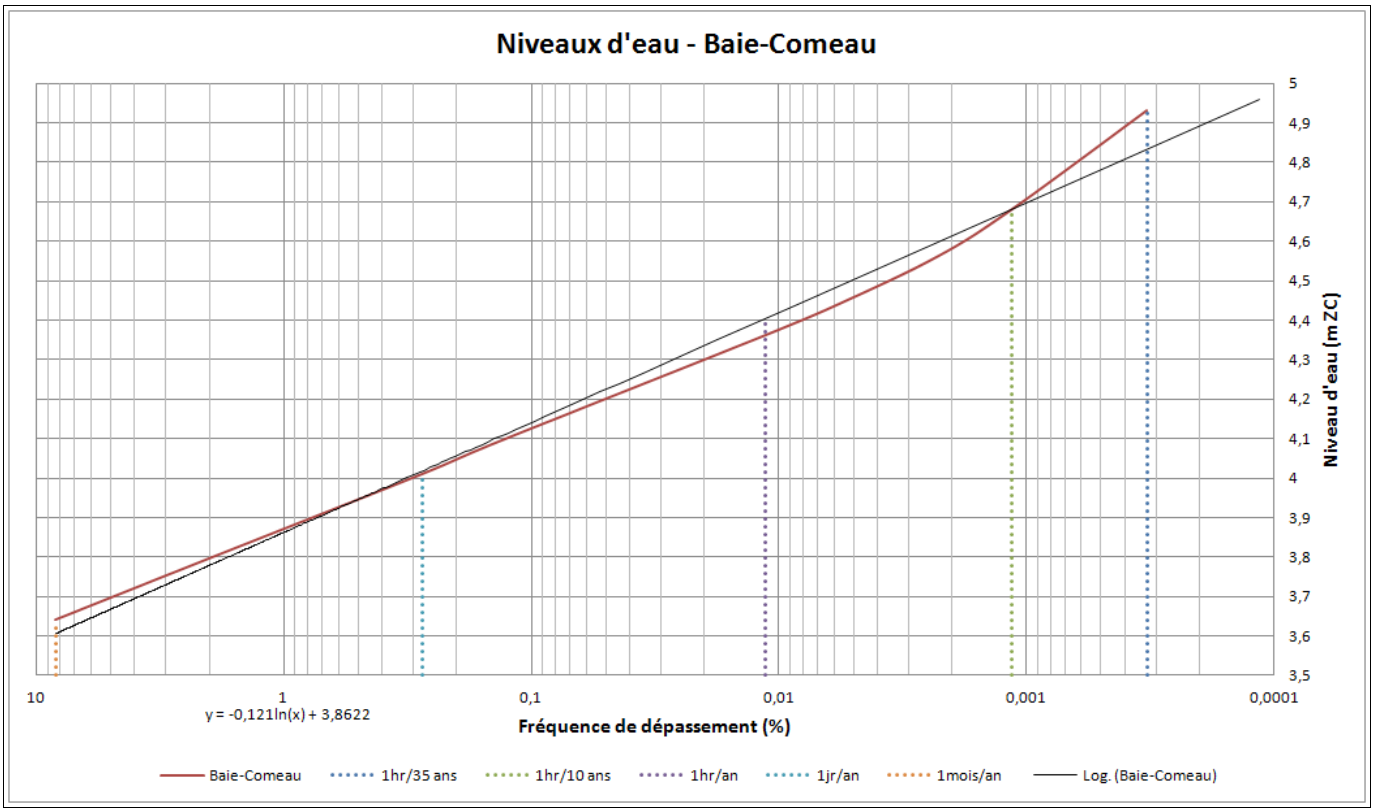


Figure 6.5 Fréquence de dépassement des niveaux d'eau à Baie-Comeau

Une analyse des séries temporelles des vagues réfractées aux trois points sélectionnés (PO-01, PO-02 et PO-13) pour le calcul a donné les informations qui ont servi à produire la figure 6.6. Cette analyse montre que le climat des vagues réfractées est relativement constant sur le domaine étudié.

La figure 6.7 illustre le résultat des calculs de récurrence combinée des événements pour une période de retour de 35 ans, soit la vie utile retenue pour les structures projetées. Cette figure illustre la correspondance entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vagues réfractées pour cette durée de vie utile.

Le cas du point PO-13 sera retenu pour la suite des calculs étant donné la faible variabilité des résultats.

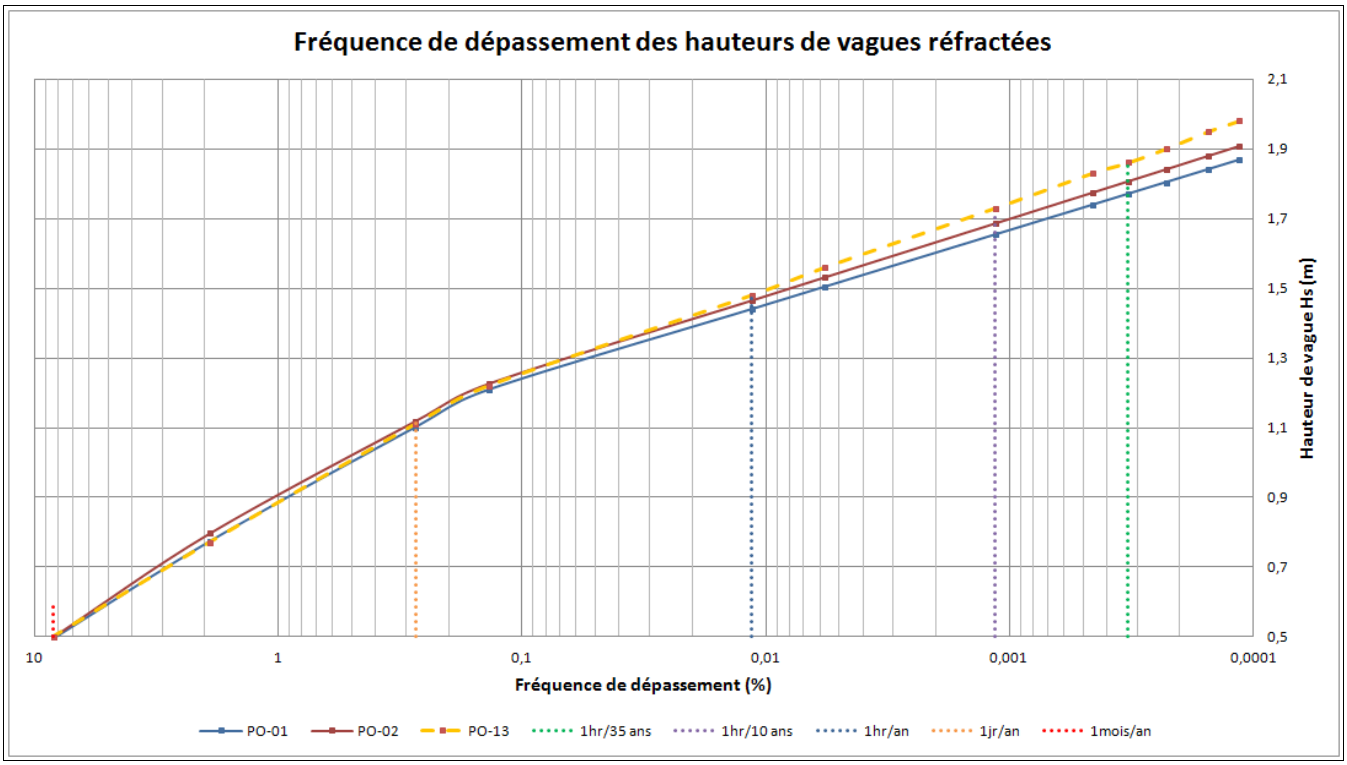


Figure 6.6 Fréquence de dépassement des hauteur de vagues à Pointe-aux-Outardes

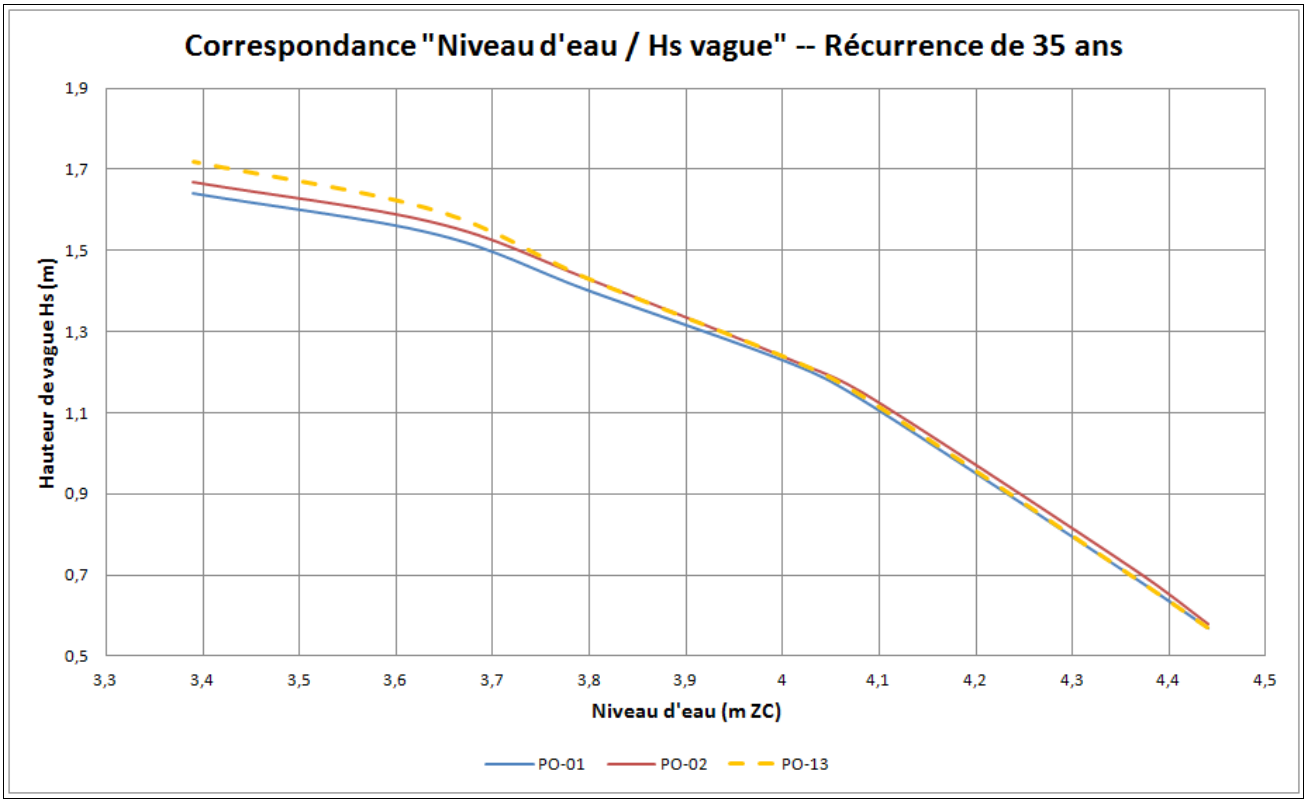


Figure 6.7 Combinaison Hs vagues réfractées / Niveau d'eau à Pointe-aux-Outardes

7 Dimensionnement de l'enrochement des épis

7.1 Remontée des vagues sur un enrochement

Le dimensionnement d'un enrochement de protection à Pointe-aux-Outardes a été fait à partir des résultats de l'étude de vagues. Le premier calcul consiste à déterminer l'élévation recommandée pour la crête du brise-lames en fonction de la remontée des vagues sur cette structure.

Les calculs de la remontée sont faits selon les équations du Coastal Engineering Manual du US Army Corps of Engineers 2003 (Partie II, chapitre II-4-4). Trois valeurs de remontée de l'eau sur la pente ont été calculées selon la fréquence (2, 10 ou 33 %) à laquelle la crête se fait franchir par les vagues les plus grandes d'un train de vagues donné (fig. 7.1).

Étant donné l'orientation relativement perpendiculaire à la direction d'approche des vagues de tempêtes des épis, il est raisonnable de retenir l'élévation de crête correspondant au franchissement du tiers supérieur des vagues de tempête (runup à 33 %). Avec ce critère, les épis se feront franchir lors des tempêtes importantes, mais ces franchissements ne devraient pas affecter leur stabilité.

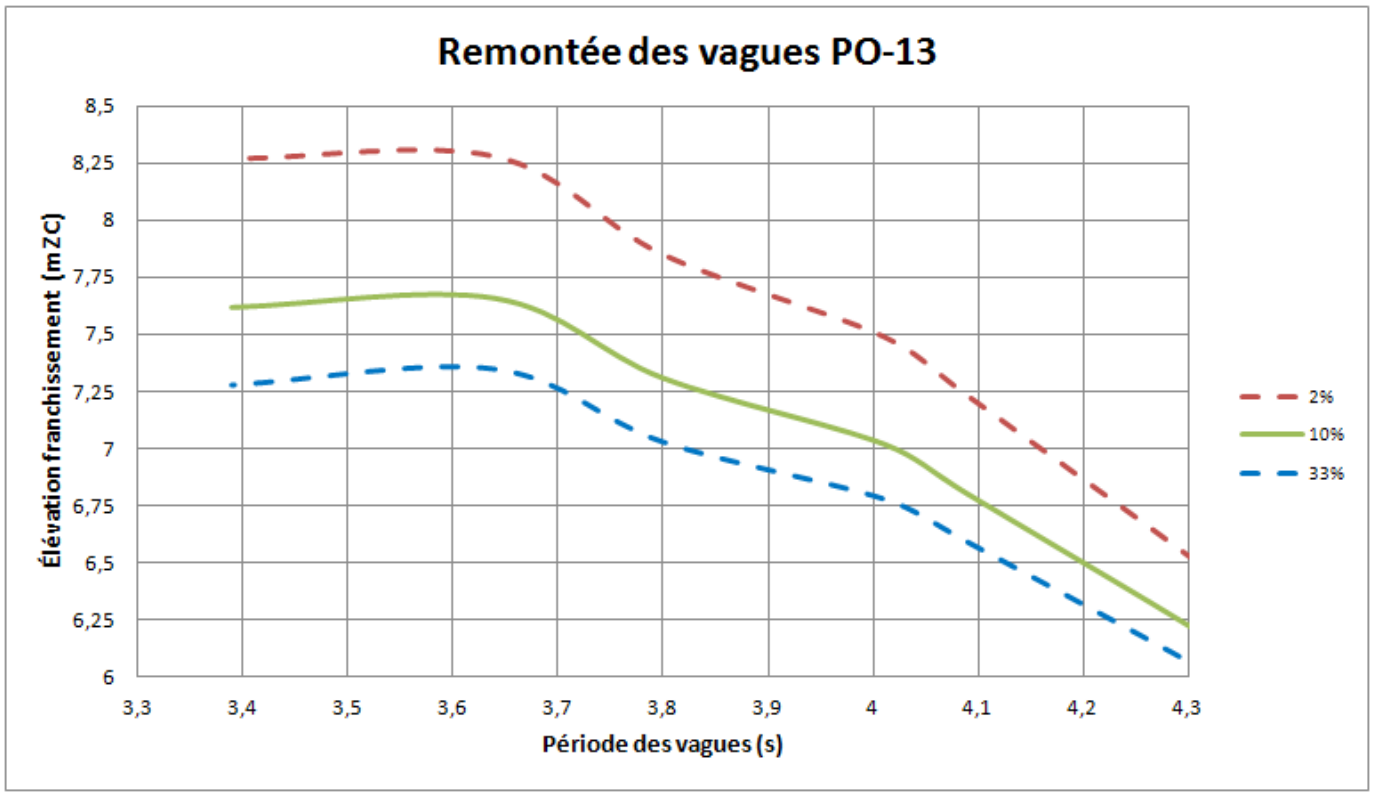


Figure 7.1 Remontée des vagues sur l'enrochement en fonction de la période des vagues et de l'élévation de l'eau

Selon les résultats illustrés sur la figure 7.1, la recommandation serait donc de placer l'élévation de la crête de l'enrochement principal à +7,3 m ZC (ou +5,5 m Géod.) mais de prévoir comme carapace des enrochements en mesure de résister à des événements conjuguant très hauts niveaux d'eau et forte tempête, de même que pour tenir compte du rehaussement du niveau moyen des océans en fonction des changements climatiques.

7.2 Dimensionnement des pierres de carapace de l'enrochement

Le dimensionnement des pierres de carapace du **musoir des épis** de protection de la plage de Pointe-aux-Outardes a été fait en fonction des résultats de l'étude de vagues. Les valeurs qui ont été retenues (équation de Hudson – Shore Protection Manual du US Army Corps of Engineers 1984) sont :

- Hauteur significative des vagues Hs de 2,0 m (récurrence 100 ans)
- Pente extérieure de 1,5 / 1
- Densité de la pierre de 2,64 t/m^3
- Densité de l'eau de 1,02 t/m^3
- Coefficient K_D de stabilité de 1,9 (musoir, vagues déferlantes)

L'utilisation des paramètres K_D du SPM 1984 contiennent un facteur de sécurité compte tenu de la restriction de profondeur et du laminage des plus fortes vagues qui résulte de cette restriction dans le cas de la protection de berge de Pointe-aux-Outardes.

Ces valeurs aboutissent à la recommandation de placer de la pierre de carapace de 1,4 à 2,4 tonnes (0,95 à 1,15 m de diamètre équivalent) sur deux couches. L'épaisseur de cette protection serait de 1,9 m et la largeur minimale de la crête serait de 2,8 m.

La pierre-filtre à placer sous cette pierre de carapace serait de la pierre de 0,1 à 0,3 tonne (0,4 à 0,55 m) sur une épaisseur de 0,9 m. Cette pierre-filtre pourrait être installée soit sur une couche de pierre 0 à 100 kg (0 à 400 mm) dans laquelle la granulométrie serait contrôlée, soit sur un géotextile empêchant les matériaux fins (sable, silt et argile) du talus et de la plage de migrer à travers la pierre-filtre et la pierre de carapace.

La figure 7.2 illustre la coupe-type correspondant à cette recommandation.

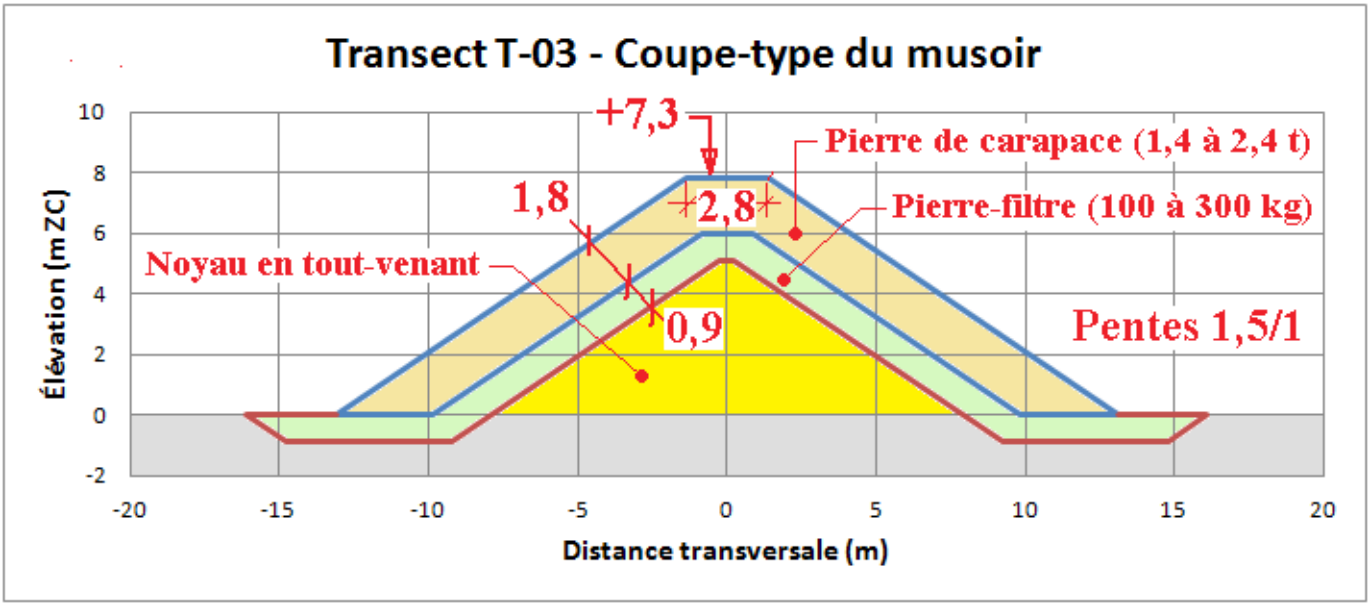


Figure 7.2 Coupe-type transversale du musoir des épis (élévations marégraphiques)

Le dimensionnement des pierres de carapace du **tronc des épis** de protection de la plage de Pointe-aux-Outardes a surtout été fait en fonction de résister aux impacts des glaces, puisque ces parties de épis sont relativement protégées des vagues de tempêtes.

Ces valeurs aboutissent à la recommandation de placer de la pierre de carapace de 0,5 à 1,4 tonnes (0,65 à 0,95 m de diamètre équivalent) sur deux couches. L'épaisseur de cette protection serait de 1,4 m et la largeur minimale de la crête serait de 2,2 m.

La pierre-filtre à placer sous cette pierre de carapace serait de la pierre de 50 à 150 kg (0,3 à 0,45 m) sur une épaisseur de 0,7 m. Cette pierre-filtre pourrait être installée soit sur une couche de pierre 0 à 100 kg (0 à 400 mm) dans laquelle la granulométrie serait contrôlée, soit sur un géotextile empêchant les matériaux fins (sable, silt et argile) du talus et de la plage de migrer à travers la pierre-filtre et la pierre de carapace.

La figure 7.3 illustre la coupe-type correspondant à cette recommandation.

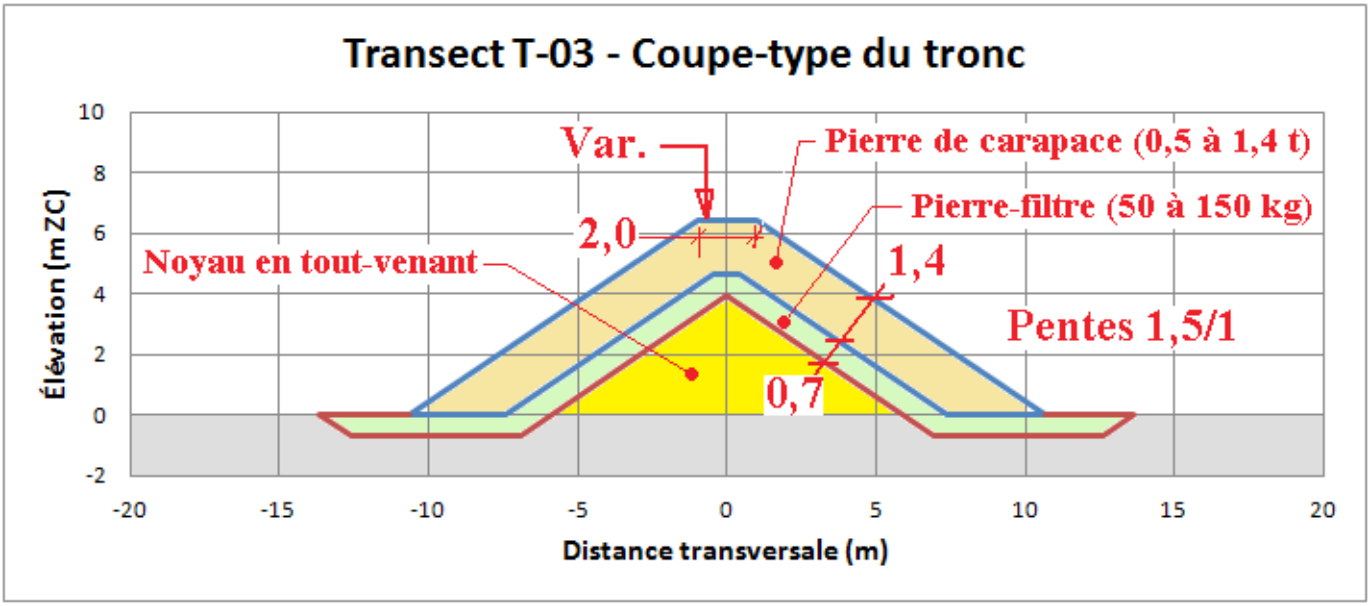


Figure 7.3 Coupe-type transversale du tronc des épis (élévations marégraphiques)

7.3 Ancrage des pierres en place dans le fond marin

Une hypothèse très importante de ce concept est que les pierres en place sur la plage sont bien ancrées dans cette plage. D'après la visite sur place, la plage est constituée de sable moyen. Par contre, il est possible de rencontrer du silt et de l'argile par endroits, surtout lorsque l'excavation pour la tranchée de stabilisation du pied de pente va être faite.

Des relevés géotechniques sont prévus dans le but de préciser la nature des matériaux constituant la plage dans la zone de construction des épis et en particulier de leur musoir.

7.4 Concept recommandé

Ce concept est illustré de façon schématique sur la figure 7.4 pour le transect 03 (emplacement approximatif de l'épi # 2) et devra être adapté aux différents cas de figure se présentant sur le site.

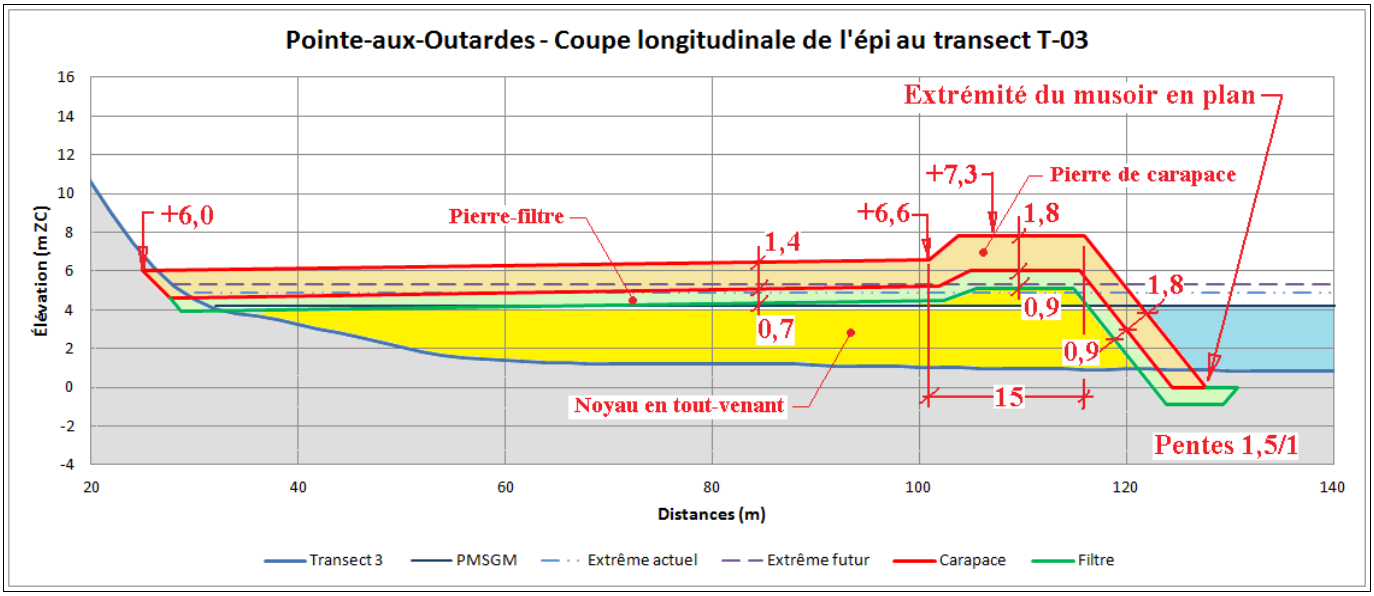


Figure 7.4 Coupe-type longitudinale de l'enrochement recommandé

8 Remontée des vagues sur la plage

8.1 Méthodes de calcul

Les méthodes paramétriques de calcul des remontées sur une plage du Coastal Engineering Manual ont été utilisées pour établir l'élévation de la crête de la plage rechargée. Les paramètres combinés de hauteur de vagues et de niveaux d'eau définis au chapitre précédent ont été utilisés pour ce calcul.

8.2 Résultats des calculs

Le graphique de la figure 8.1 illustre les élévations de crête de plage obtenues avec les paramètres définis plus haut en fonction de la remontée maximale « R_{max} » ou de la remontée significative « $R_{1/3}$ ». Ce graphique indique que le haut de plage devrait se trouver à +4.6 m ZC (+2,8 m NMM) pour ne pas être trop régulièrement submergé lors des tempêtes.

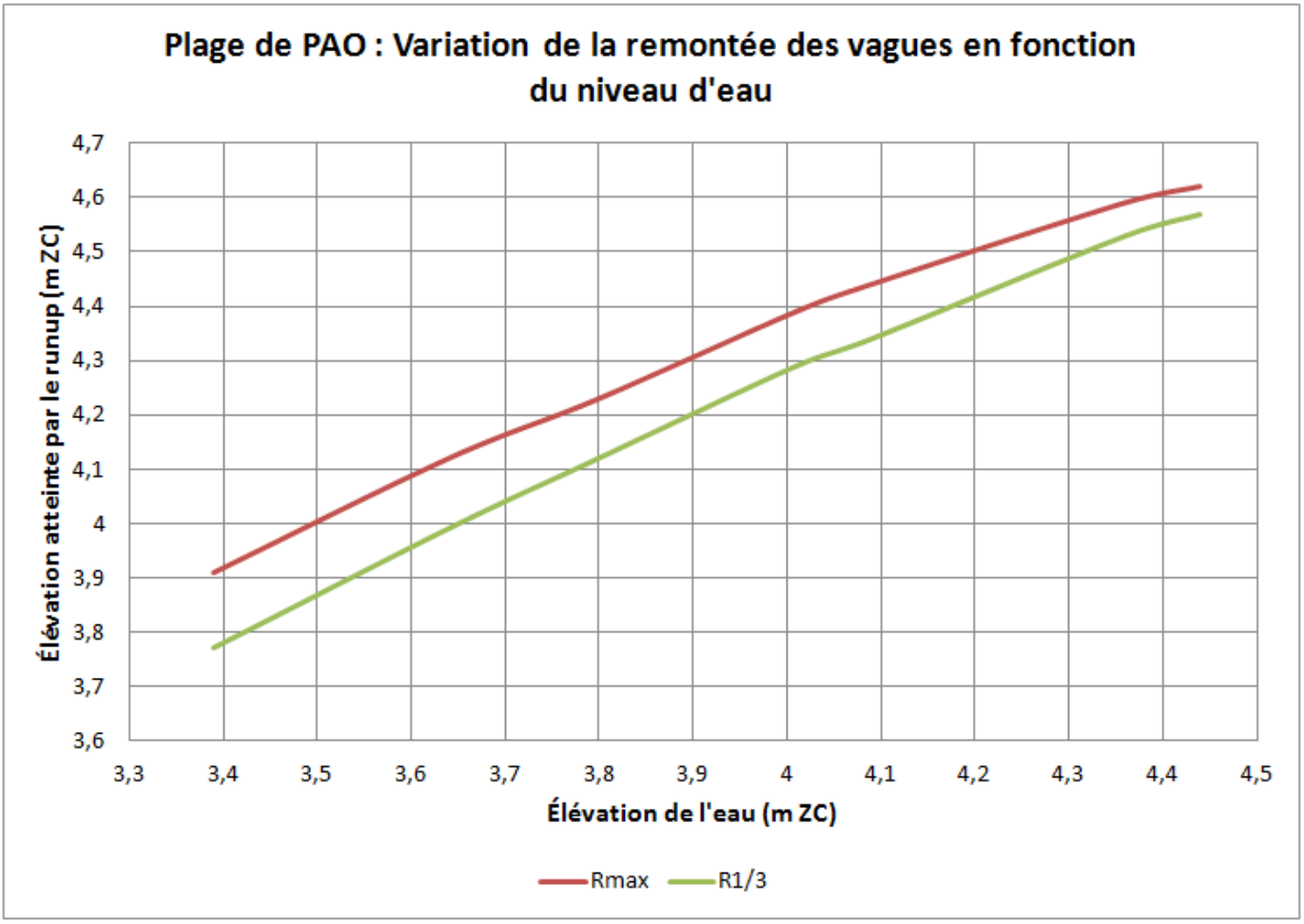


Figure 8.1 Élévation de la crête de la plage recommandée par les calculs

Une vérification de la vraisemblance des résultats des calculs a été faite à l'aide du transect 02 (à l'est de l'ancien quai) au niveau duquel se trouve une zone de haut de plage relativement à l'abri de la submersion (sauf lors d'événements exceptionnels). Ce transect est reproduit sur la figure suivante et indique bien que le niveau de haut de plage qui actuellement est peu atteint par la submersion se trouve environ à +4,6 m ZC. Ce niveau de haut de plage à +4,6 m ZC ne garantit pas que, lors d'événements exceptionnels tels que celui du 6 décembre 2010, certaines vagues ne vont pas atteindre ce haut de plage. À cet effet, il est important que ce haut de plage conserve une largeur minimale d'au moins une dizaine de mètres pour continuer à protéger le bas de la falaise, même en cas d'événements exceptionnels.

La visite sur le terrain a permis de constater que le haut de plage au droit du transect 02 a effectivement été inondé en décembre 2010, mais que cette inondation (et les vagues qui ont pu se produire à ce moment) n'a pas affecté le pied de la falaise à cet endroit.

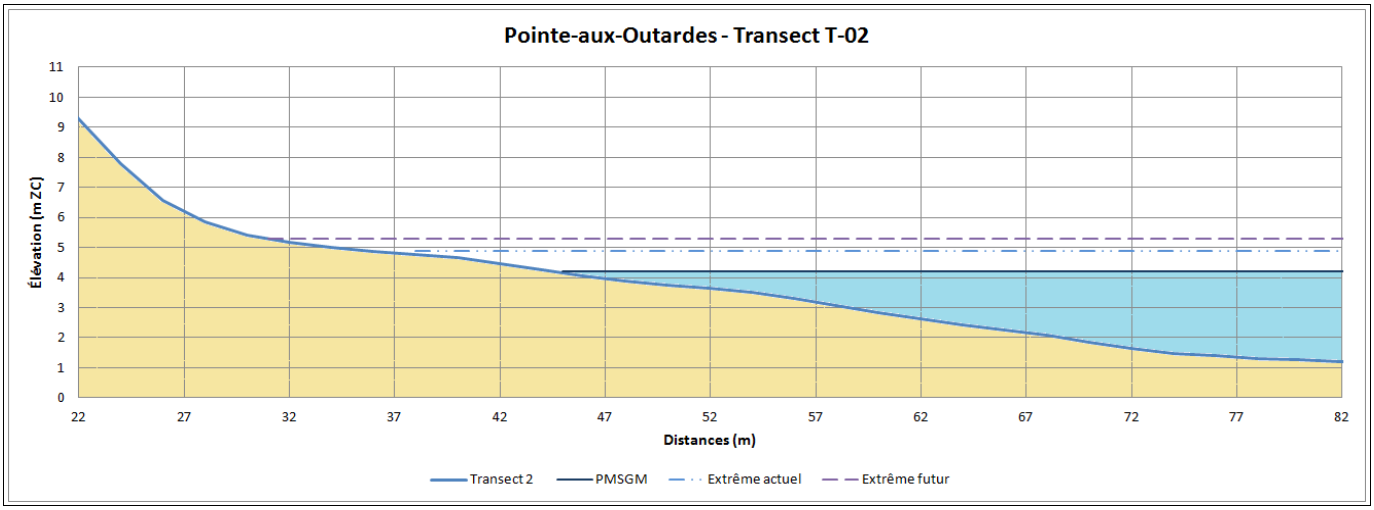


Figure 8.2 Coupe-type de la rive au niveau du transect 02

Il est à noter qu'à long terme, avec le rehaussement du niveau moyen des océans, cette élévation de haut de plage devrait être révisée à la hausse. Il est recommandé de prévoir une largeur minimale de haut de plage rechargée pour tenir compte des mouvements des sédiments mais également pour tenir compte de la hausse du niveau moyen de l'eau.

9 Dimensionnement de la recharge de plage

9.1 Méthodes de calcul

Le Coastal Engineering Manual (CEM) du U.S. Army Corps of Engineers propose une équation permettant de calculer la géométrie d'une plage à partir des caractéristiques du matériel la constituant. Il s'agit d'une relation très simplifiée ne faisant intervenir que le diamètre médian des matériaux de la plage et l'équation ne peut que donner une idée du profil d'équilibre probable de la plage. Une plage réelle est nettement plus complexe que cette idéalisation (fig. 9.2). Cette équation est la suivante :

$$h = A\, y^{2/3} \qquad \text{[Équation III-3-14]}$$

où h est l'élévation et y la distance en mètres calculée à partir de l'intersection du niveau moyen de l'eau et de la plage. « A » est un paramètre dépendant des caractéristiques géométriques (diamètre médian D_{50}) du sédiment utilisé pour la recharge de plage et parfois des vagues.

La figure 9.1 présente l'une des deux relations proposées dans le CEM entre le coefficient « A » et le diamètre D_{50} du matériel de la plage. Il s'agit d'une méthode simple d'évaluer la pente d'équilibre d'une plage qui a par contre l'inconvénient de ne pas faire intervenir les caractéristiques des vagues.

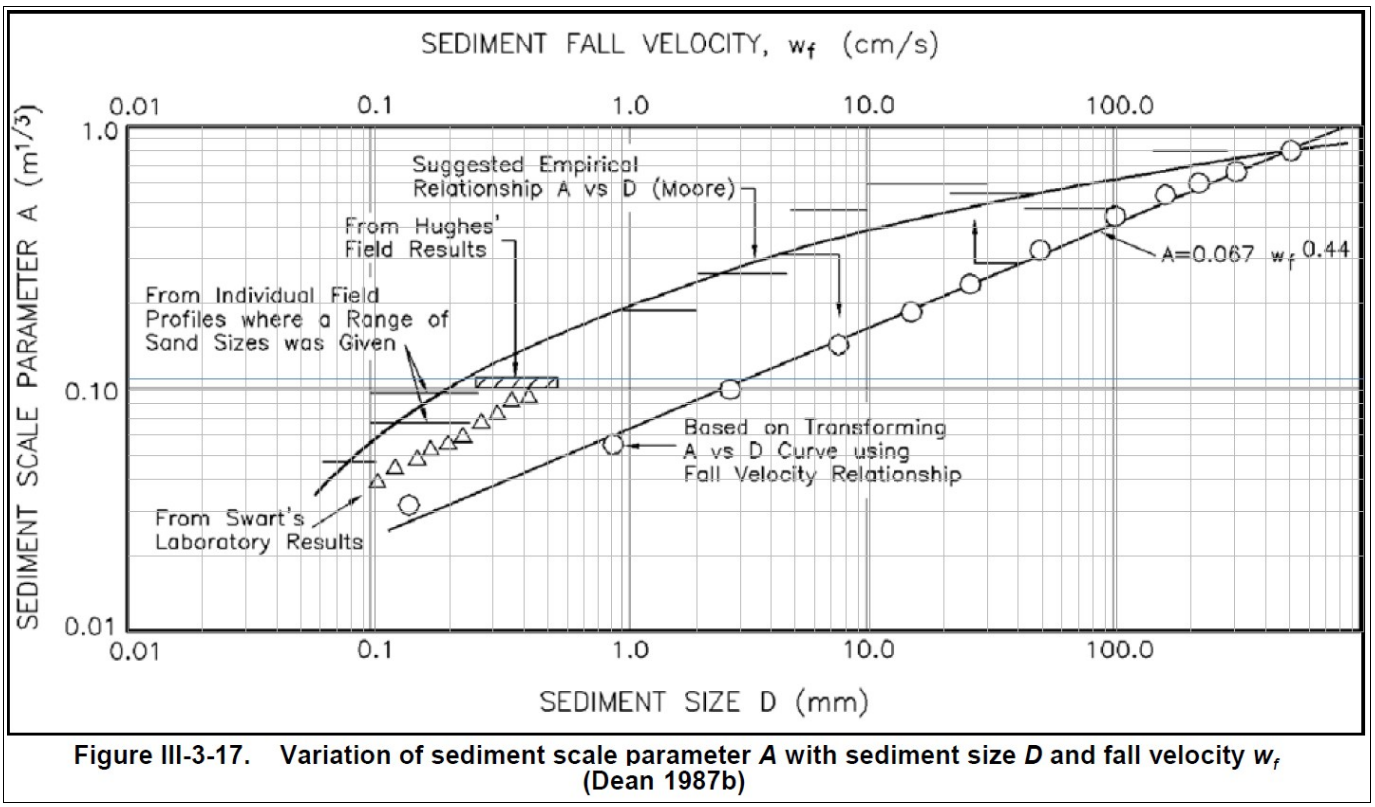


Figure III-3-17. Variation of sediment scale parameter *A* with sediment size *D* and fall velocity w_f (Dean 1987b)

Figure 9.1 Relation entre le paramètre « A » et le diamètre médian du matériel de recharge

Le CIRIA[12] propose une autre façon d'évaluer le paramètre « A », nettement plus compliquée à mettre en œuvre, mais qui fait intervenir la hauteur des vagues et la vitesse de chute des sédiments dans l'eau en fonction de leur taille. Compte tenu de la relative exposition de la plage de Pointe-aux-Outardes aux vagues de tempête et des imprécisions quant à la hauteur de ces vagues, la méthode simplifiée du CEM sera retenue pour ce dimensionnement du projet de recharge de plage.

Les formules de Hanson et Kraus utilisées par Genivar 2008 ne sont absolument pas recommandées pour le cas de Pointe-aux-Outardes à cause de la hauteur des vagues qui frappent cette plage.

Delft Hydraulics a développé un modèle numérique d'après les travaux de Van der Meer, 1998. Ce modèle permet de prédire la déformation du profil de plage en fonction des vagues qui le frappent et illustre la complexité du profil réel d'une plage de galets. La pente initiale de la plage de la figure 9.2 était de 1:5.

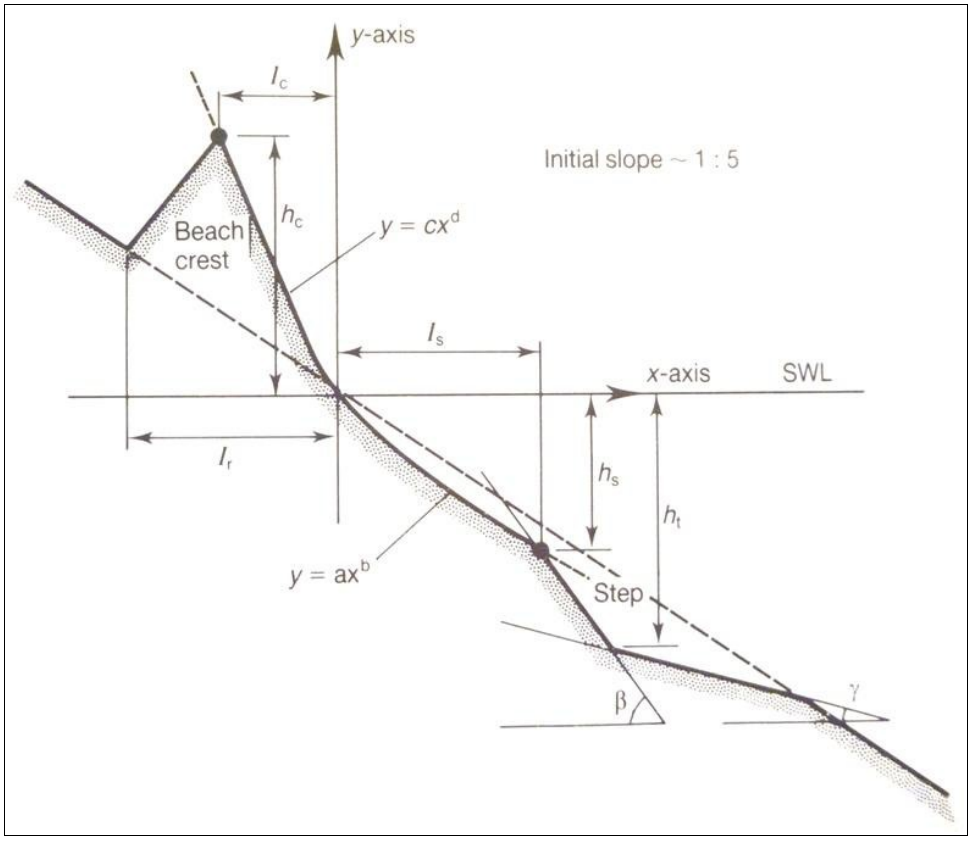


Figure 9.2 Évolution d'un profil de plage de galets (CIRIA – figure 145 page 245)

9.2 Profil d'équilibre de la plage actuelle

La première chose qui a été faite avec l'équation du CEM a été de déterminer par analogie de pente le D_{50} des sédiments constituant la plage actuelle de Pointe-aux-Outardes.

[12]Construction Industry Research and Information Association – Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, 1991

Le niveau moyen de l'eau considéré dans ces calculs a été le niveau extrême actuel (+5,0 m ZC).

Le tableau 9.1 et les figures 9.3 et 9.4 montrent qu'il faut faire l'hypothèse d'un matériel ayant un D_{50} de l'ordre de 10 mm à 15 mm pour que les profils de plage des transects se comparent au profil d'équilibre d'une plage selon les informations du CEM. La localisation des transects se trouve sur la figure 6.3.

Tableau 9.1 Diamètre médian D_{50} obtenu par comparaison des profils de plage aux différents transects

Transect	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11
D_{50} (mm)	10	15	15	15	10	10	10	10	15	15

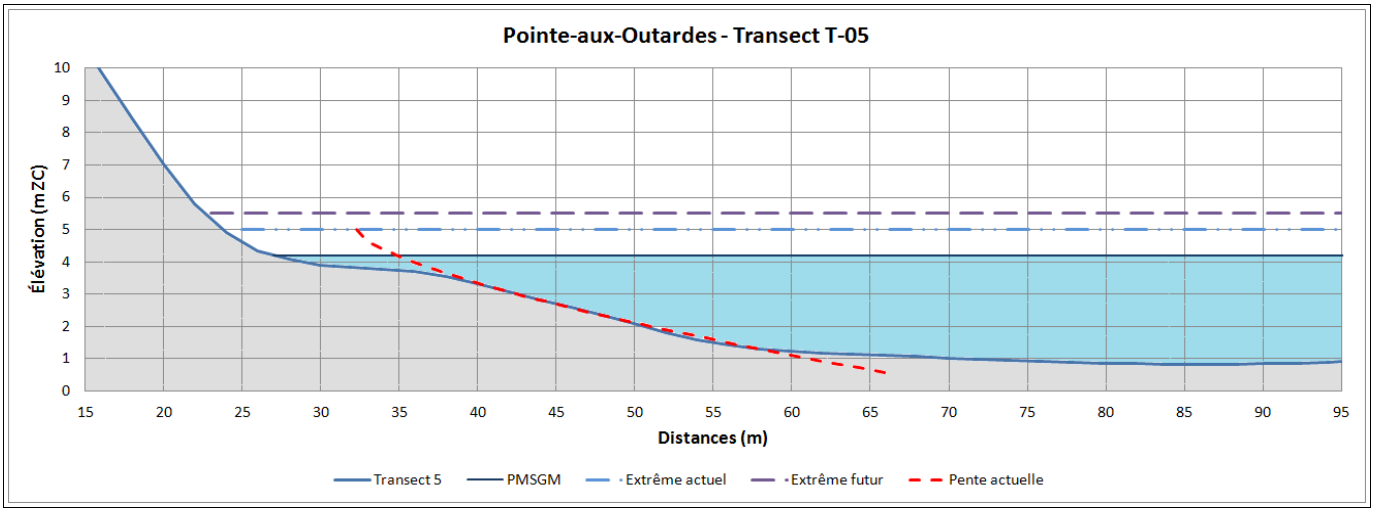


Figure 9.3 Transects T05 et profil d'équilibre de plage - D_{50} = 15 mm

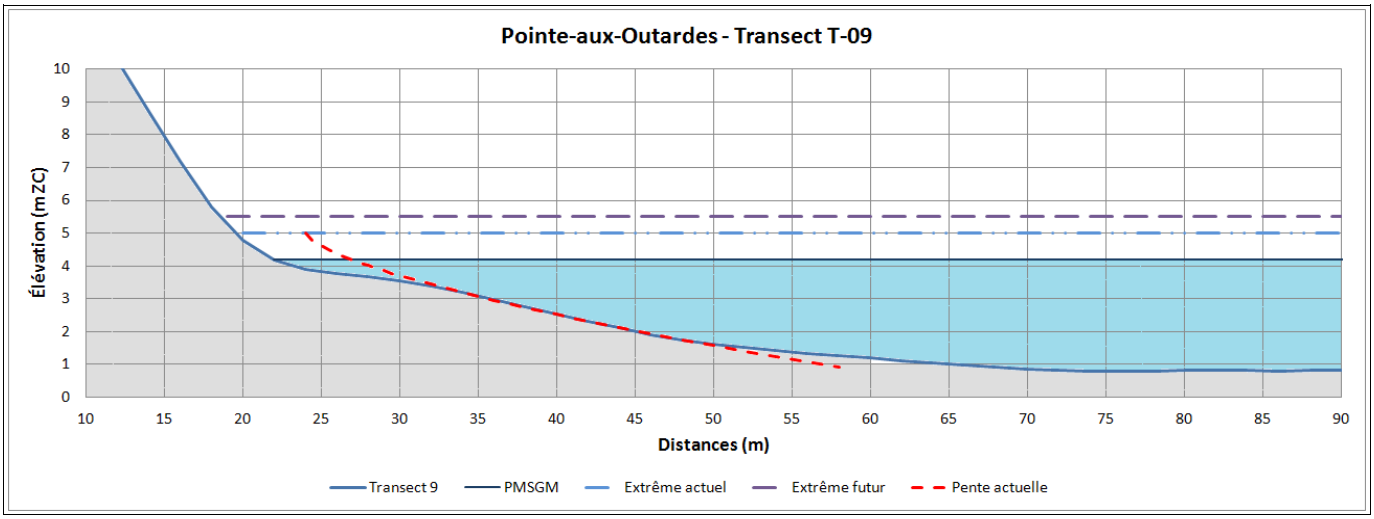


Figure 9.4 Transects T09 et profil d'équilibre de plage - D_{50} = 10 mm

Les informations granulométriques concernant la plage de Pointe-aux-Outardes dans la zone couverte par le projet de recharge indiquent un D_{50} des sédiments en place variant entre 0,4 et 1 mm (LVM 2012).

Les granulométries théoriques trouvées par la méthode de la pente de stabilité de plage du C.E.M. ne font que confirmer l'instabilité de la plage de Pointe-aux-Outardes. Les figures 9.3 et 9.4 illustrent la zone de vulnérabilité que constitue le haut de la plage qui sert de source de sédiments à ce système sédimentaire en équilibre très dynamique.

Compte tenu de la valeur de D_{50} trouvée par la méthode paramétrique décrite ci-dessus, un projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes qui viserait à assurer une certaine durabilité de cette plage rechargée et à minimiser les recharges récurrentes devrait s'orienter vers des sédiments ayant un diamètre médian de l'ordre de 10 mm, soit un « gravier avec un peu de sable et des traces de galets ».

Pour mémoire, Genivar 2008 préconisait un diamètre de sédiment de recharge de l'ordre de 0,56 mm.

9.3 Profils d'équilibre d'une plage rechargée

Les figures 9.5 et 9.6 illustrent les profils d'équilibre d'une plage qui serait rechargée avec sédiments ayant des valeurs caractéristiques du diamètre médian D_{50} de 7 mm (pente en vert) et 10 mm (pente en rouge). La pente de la plage en équilibre décroit assez rapidement avec la valeur du D_{50}. La courbe de plage correspondant au sédiment de 0,56 mm de diamètre (préconisé par Genivar) n'est pas indiquée sur les figures mais résulterait en des plages s'étendant nettement plus loin que la limite des figures. Par mesure de précaution et pour tenir compte des nombreuses imprécisions entourant ces calculs, le niveau d'eau considéré pour déterminer la pente théorique de la plage rechargée a été le niveau extrême futur (+5.5 m ZC ou +3,7 m NMM).

Les figures 9.5 et 9.6 illustrent le fait que du matériel de recharge de plage qui s'apparenterait à du gravier fin (D_{50} de 3 mm) provoquerait une augmentation significative des quantités de matériaux à mettre en place et poserait un problème de pérennité d'un tel projet de recharge de plage. Un matériel de recharge qui serait du sable même relativement grossier (D_{50} de 0,56 mm) poserait des problèmes encore plus aigus (quantité de matériaux, pérennité). La recommandation dans le cas de Pointe-aux-Outardes est de sélectionner des matériaux de recharge de plage plus grossiers (D_{50} minimal de 7 mm et préférablement D_{50} de 10 mm).

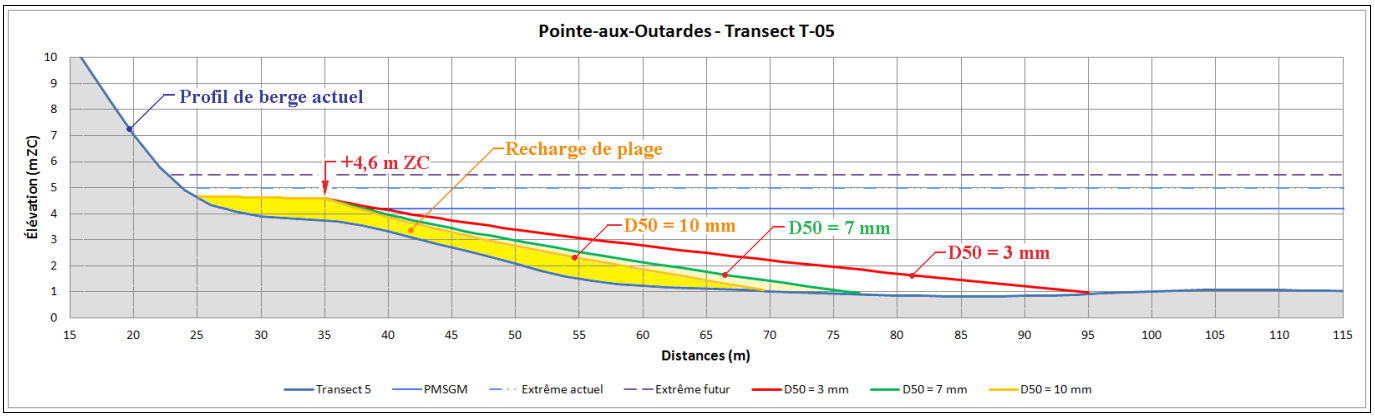


Figure 9.5 Transect T05 et profils d'équilibre de plage - D_{50} = 3, 7 et 10 mm

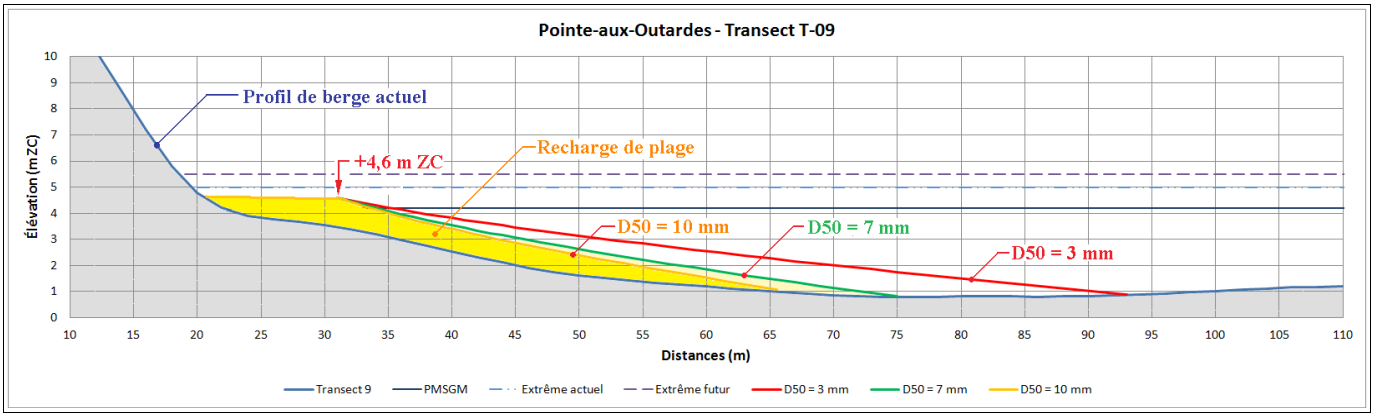


Figure 9.6 Transect T09 et profils d'équilibre de plage - D_{50} = 3, 7 et 10 mm

9.4 Granulométrie recommandée

La figure 9.7 illustre le fuseau granulométrique (zone en jaune) qui sera requis pour les matériaux de recharge de plage. Les matériaux fournis par l'entrepreneur devront présenter des courbes granulométriques régulières situées à l'intérieur du fuseau de la figure 9.7. Cette granulométrie pourra être obtenue soit par tamisage, soit par mélange de matériaux provenant de deux sources ou plus.

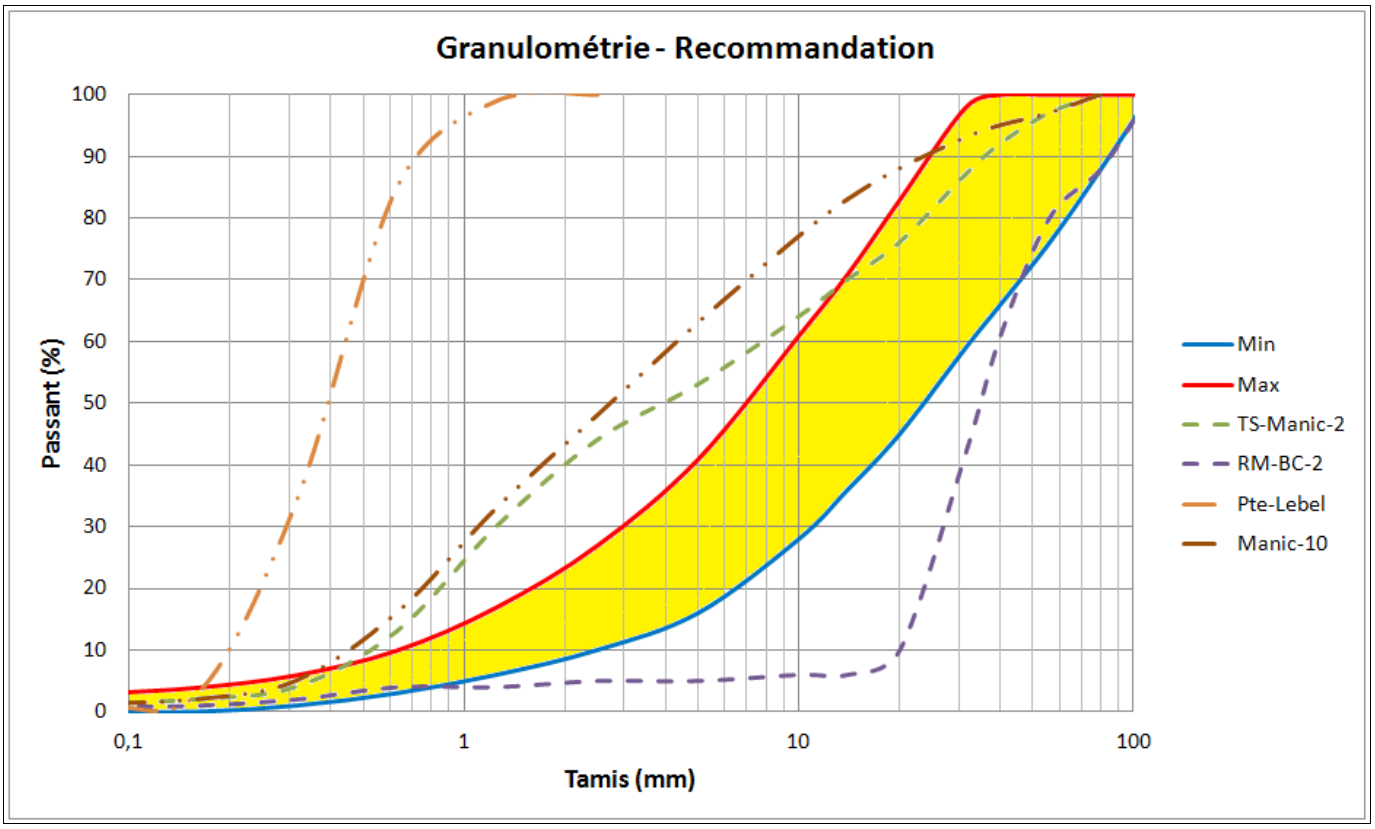


Figure 9.7 Fuseau granulométrie recommandé pour les matériaux de recharge de plage

9.5 Géométrie de la recharge de plage

La géométrie de la recharge de plage de Pointe-aux-Outardes est complexifiée par l'intensité du transit sédimentaire qui se produit parallèlement à la plage et qui est largement dominé par la direction Est-Ouest, induite par la prépondérance des tempêtes du secteur Est et par l'orientation de la plage. Un réseau de sept épis perpendiculaires à la plage a été prévu pour contrer ce mouvement des sédiments. La géométrie de la recharge de plage doit s'inscrire dans le cadre de la présence de ces épis.

La géométrie de plage qui s'est développée de part et d'autre de l'épi que constitue l'ancien quai a été utilisée pour définir la géométrie de chacune des plages entre les différents épis.

La figure 9.8 illustre l'ensemble des épis et la zone de plage rechargée (en gris). L'épi le plus à l'ouest (Épi 1) correspond à l'ancien quai.

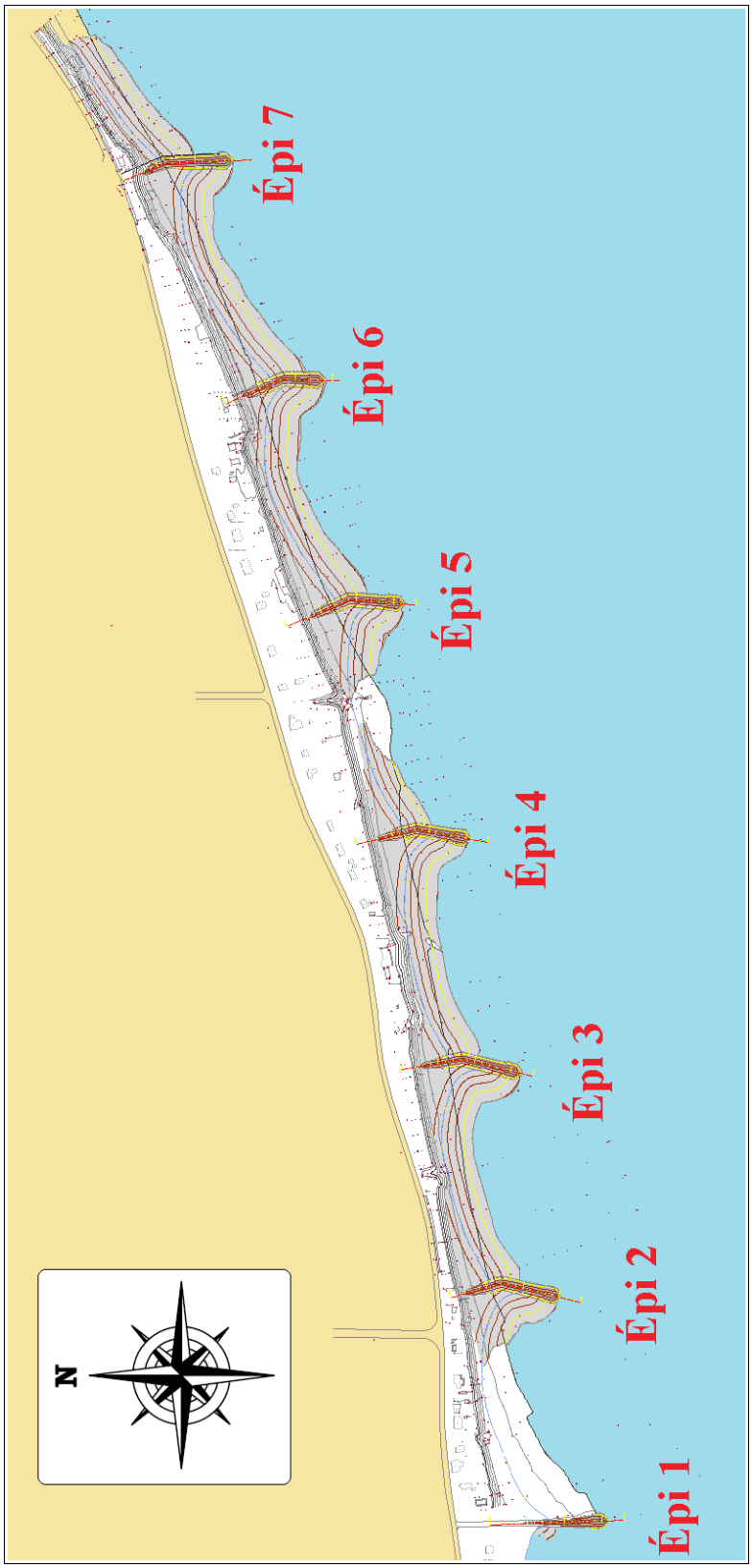


Figure 9.8 Vue de l'ensemble des épis proposés et géométrie de la recharge de plage

Chaque cellule entre deux épis a fait l'objet d'une évaluation de la position optimale de la crête de la recharge de plage qui tient compte :

- de la géométrie extraite de la forme de la plage actuelle de part et d'autre de l'ancien quai,
- de la position du pied de la falaise en érosion,
- de la présence de structures de protection de berge en place.

La cellule entre les épis E1 et E2 est représentée sur la figure 9.9.

La cellule entre les épis E2 et E3 est représentée sur la figure 9.10.

La cellule entre les épis E3 et E4 est représentée sur la figure 9.11.

La cellule entre les épis E4 et E5 est représentée sur la figure 9.12.

La cellule entre les épis E5 et E6 est représentée sur la figure 9.13.

La cellule entre les épis E6 et E7 est représentée sur la figure 9.14.

La cellule à l'est de l'épi E7 est représentée sur la figure 9.15.

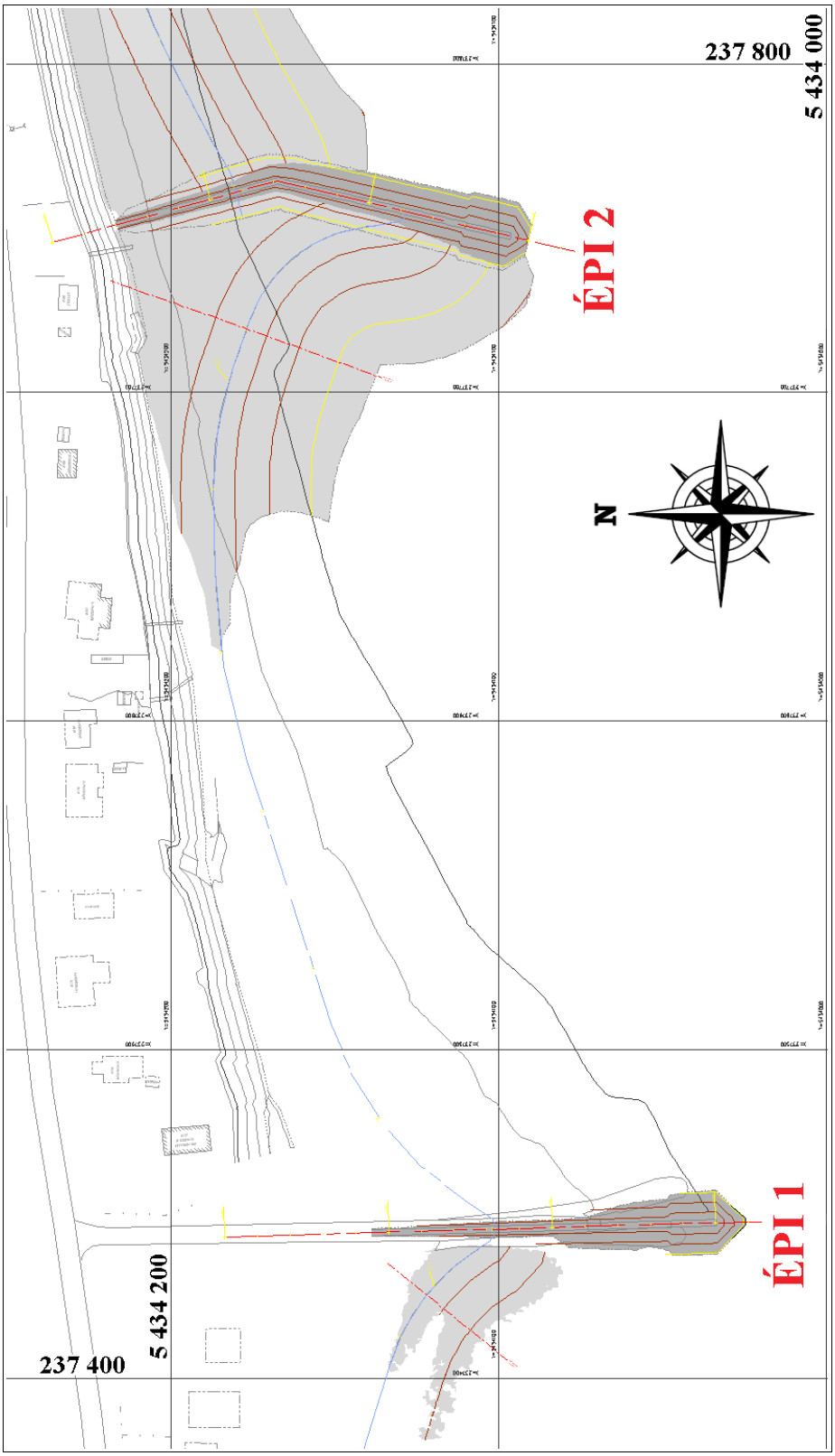


Figure 9.9 Recharge de plage entre les épis 1 et 2

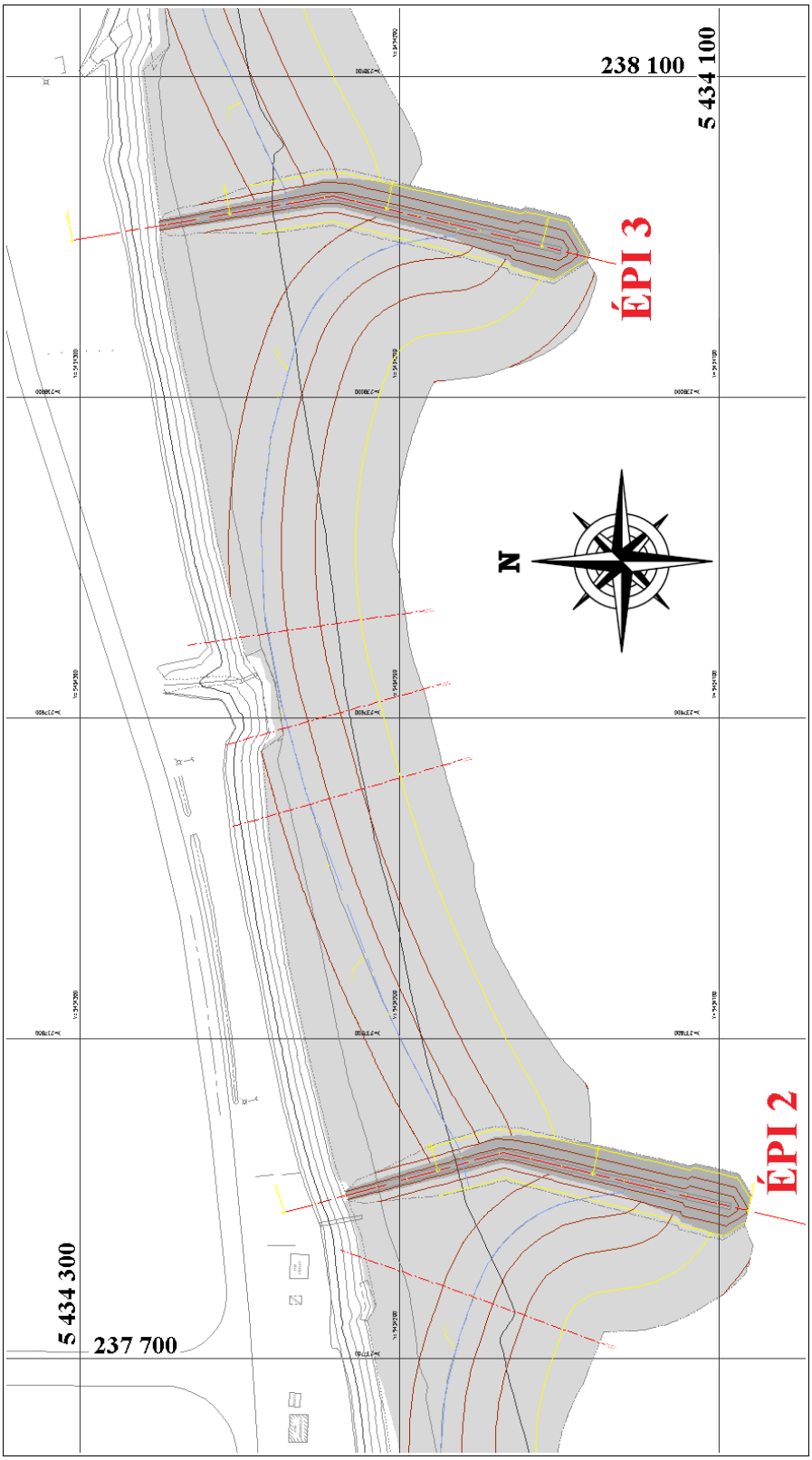


Figure 9.10 Recharge de plage entre les épis 2 et 3

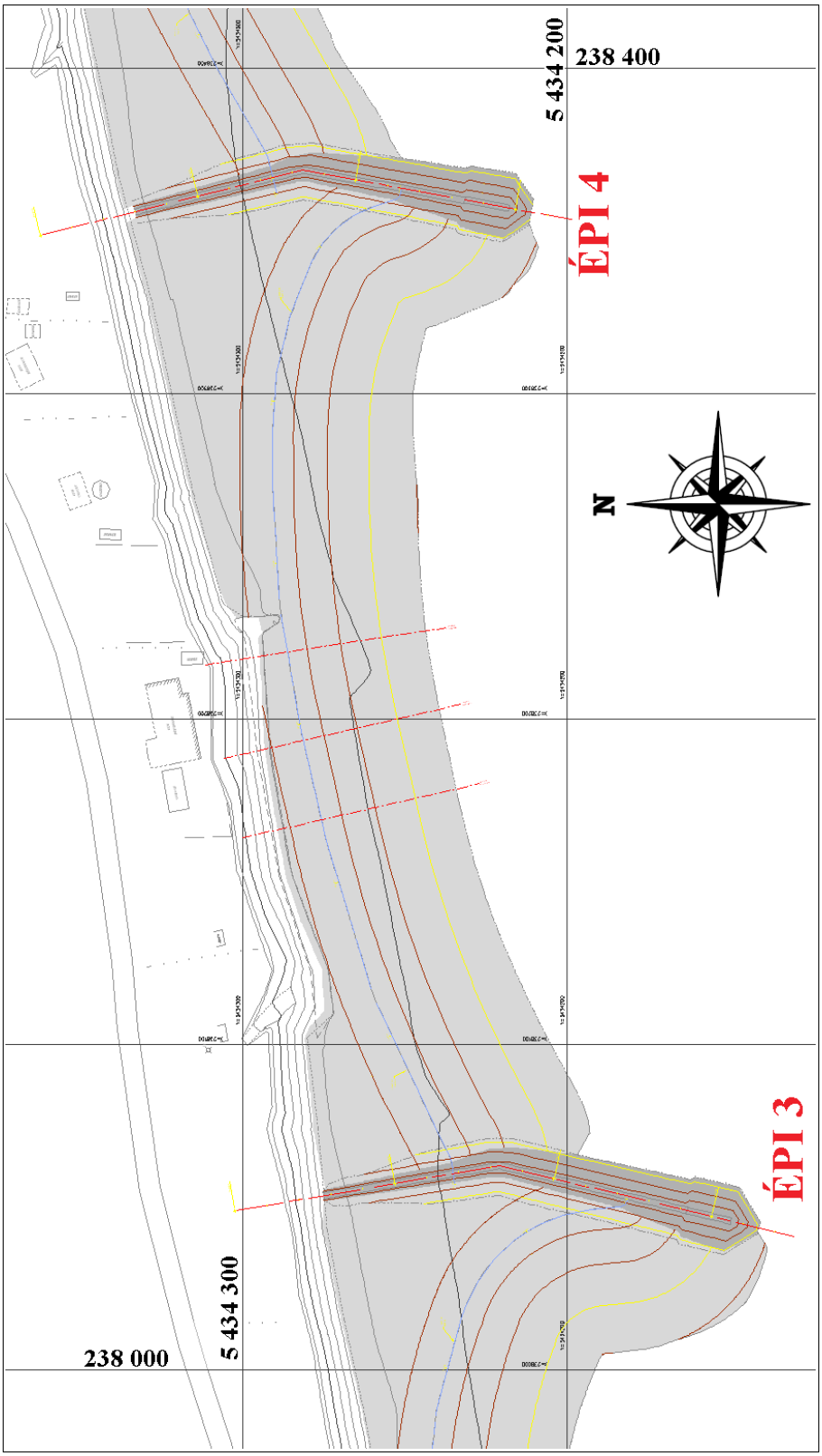


Figure 9.11 Recharge de plage entre les épis 3 et 4

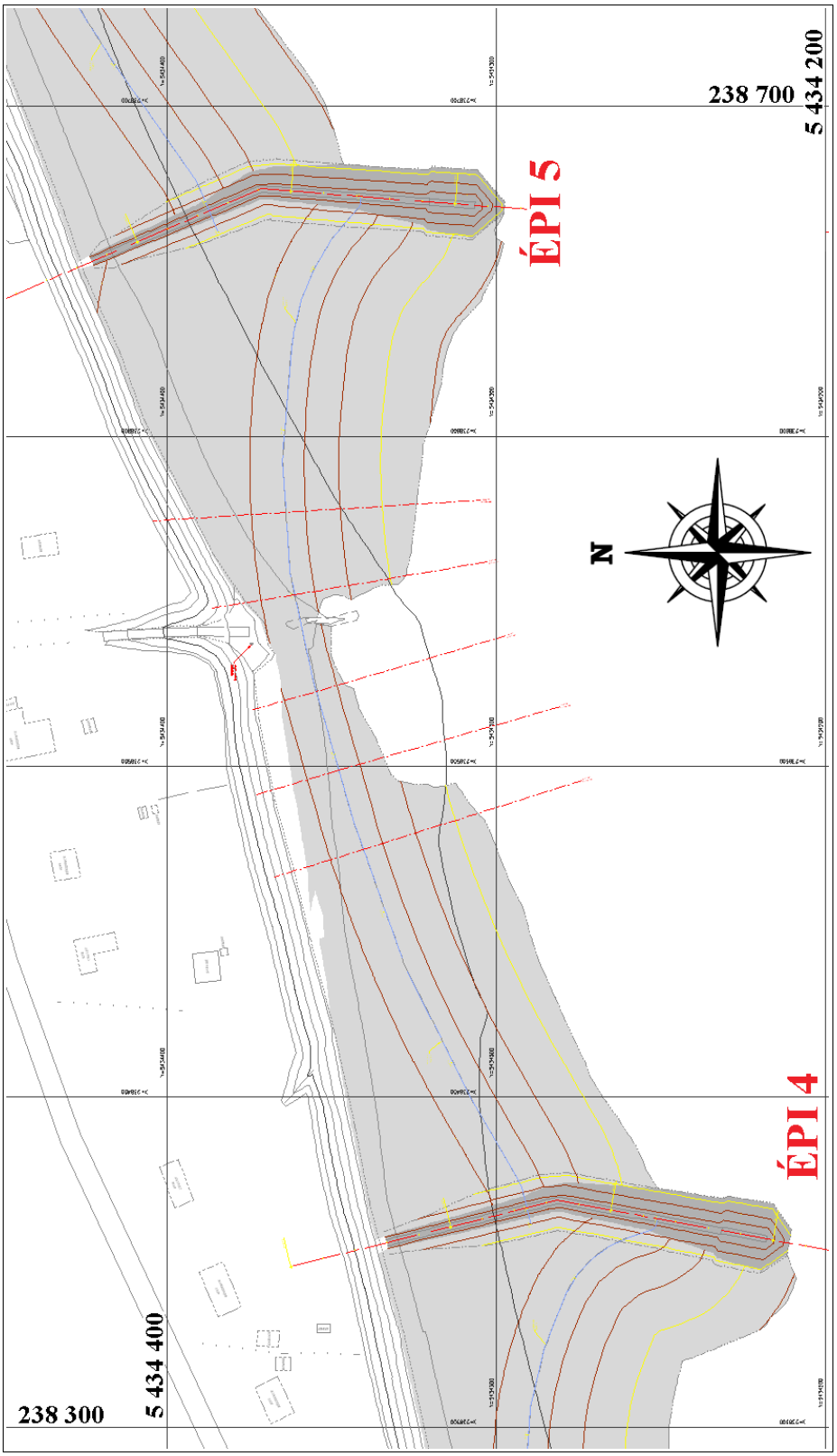


Figure 9.12 Recharge de plage entre les épis 4 et 5

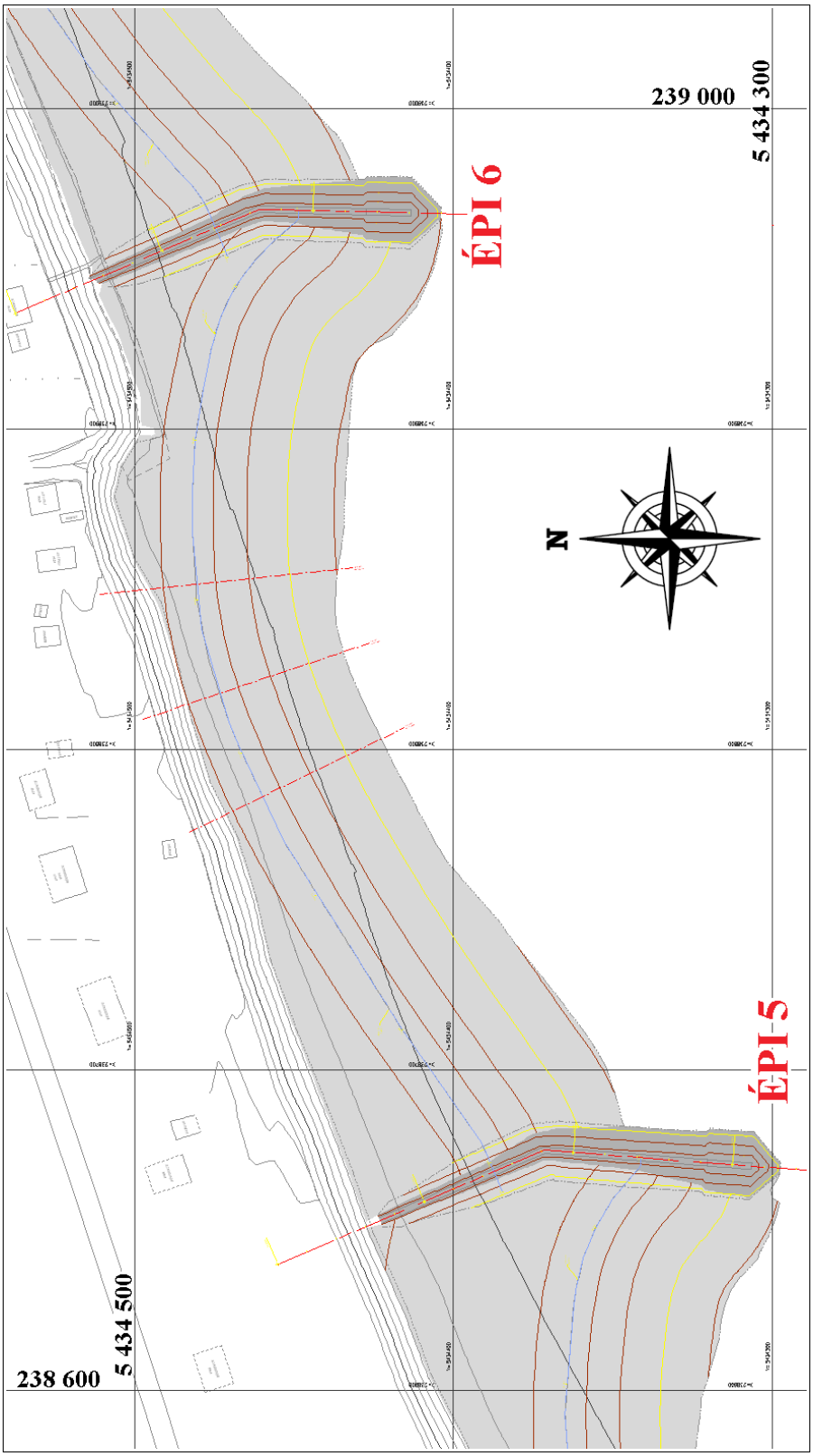


Figure 9.13 Recharge de plage entre les épis 5 et 6

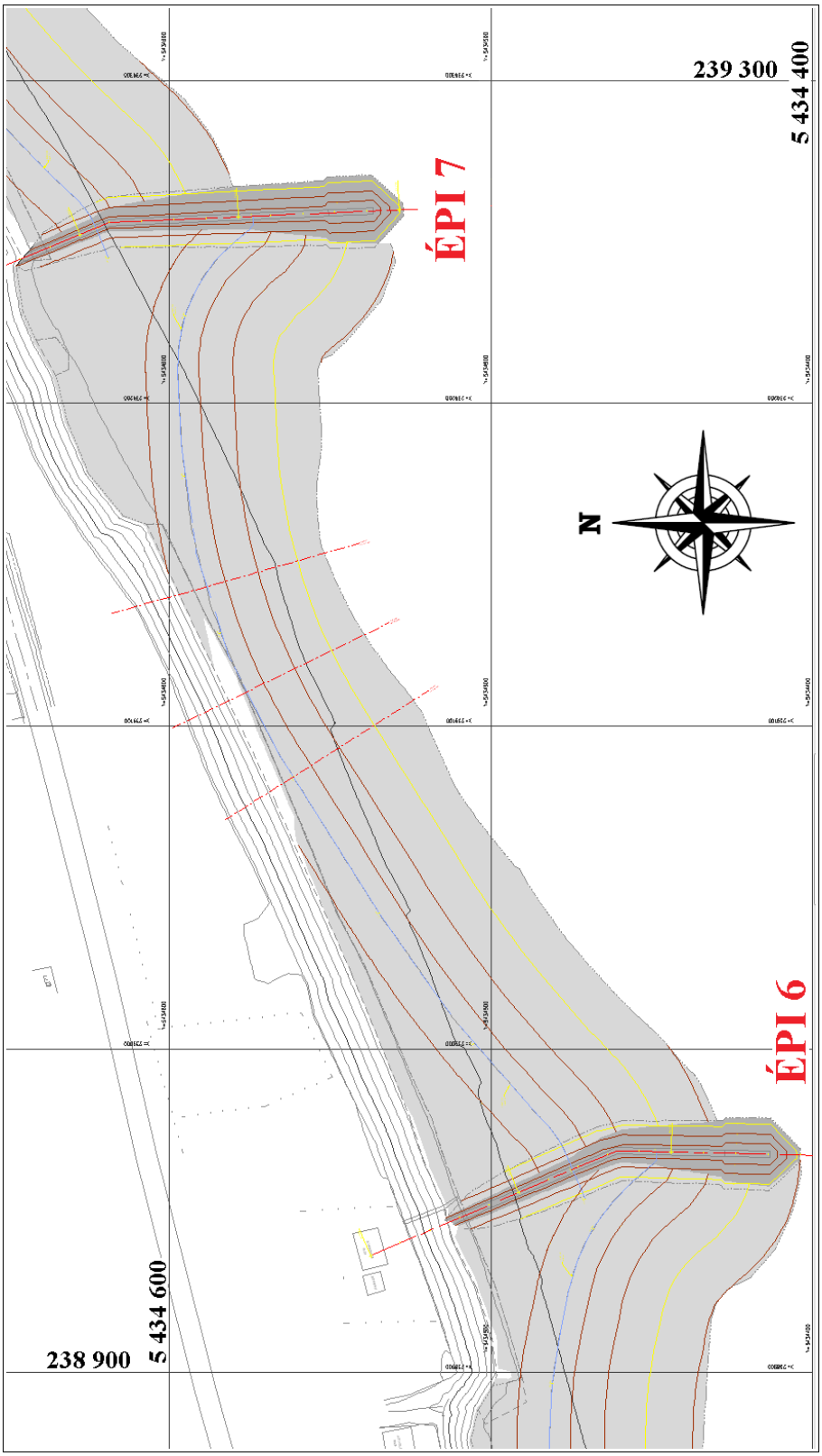


Figure 9.14 Recharge de plage entre les épis 6 et 7

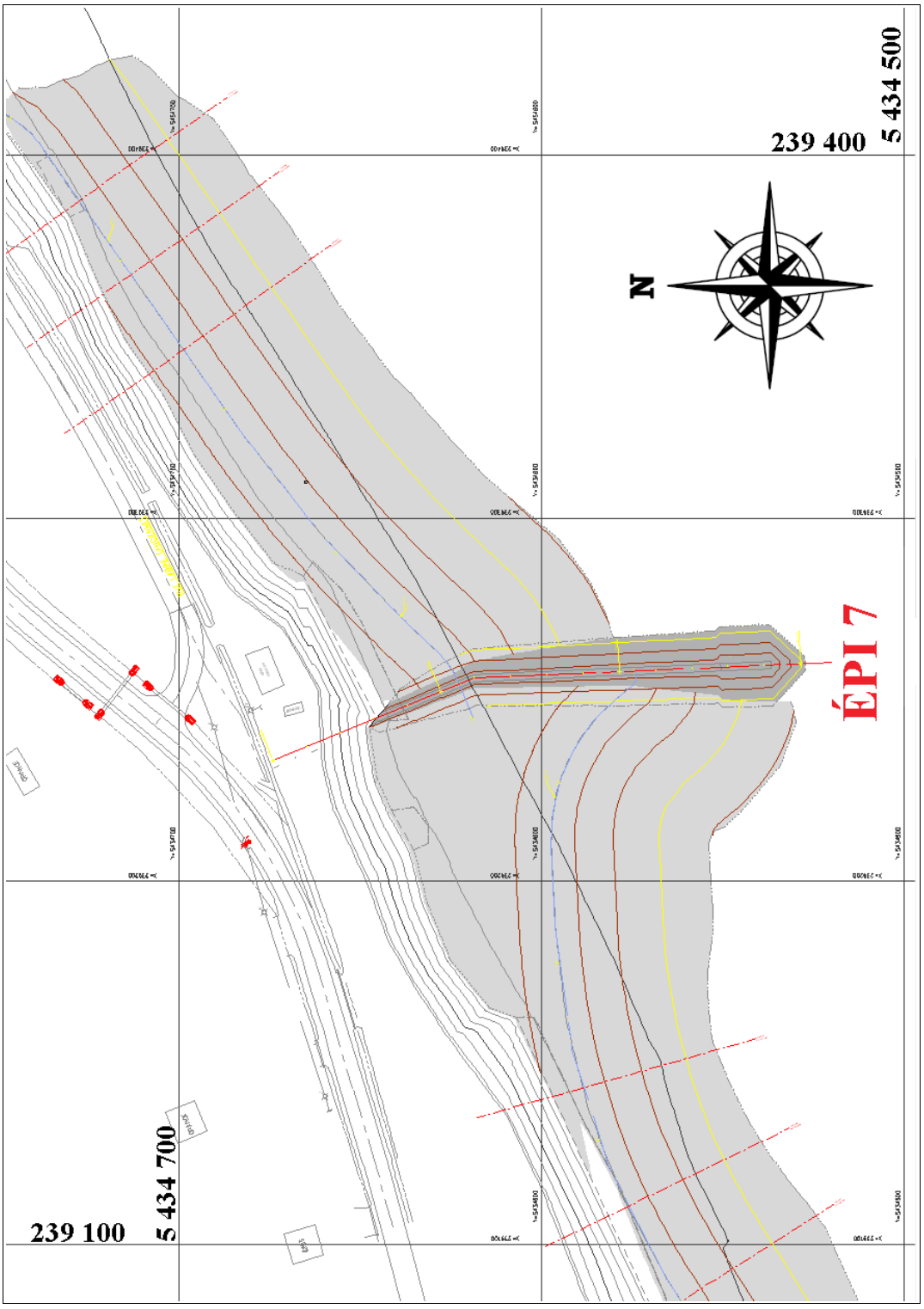


Figure 9.15 Recharge de plage à l'est de l'épi 7

9.6 Limites de l'efficacité de la recharge de plage

Il est important de noter que dans le but de produire un projet respectant un budget contraignant, la recharge de plage proposée n'empêchera pas certains épisodes d'instabilité de la falaise actuelle.

Cette falaise présente déjà des pentes qui ne sont pas des pentes de stabilité, compte tenu de la nature des matériaux qui la constituent. Sans même faire intervenir les vagues, la pente de cette falaise va s'adoucir avec le temps, au détriment de sa portion supérieure.

De plus, la géométrie de la crête de la recharge de plage (distance par rapport au bas de la falaise et élévation de la crête) ne garantit pas une protection complète contre toutes les vagues de tempêtes qui peuvent se produire devant Pointe-aux-Outardes.

Enfin, la recharge de plage va être remaniée par les tempêtes et des déplacements latéraux des sédiments vont se produire à l'intérieur des cellules entre les épis. Il est donc possible qu'à certains endroits, la crête de la recharge de plage recule au point d'atteindre le pied de la falaise et de provoquer une instabilité de cette portion de falaise lors des événements de tempête accompagnés de très hauts niveaux d'eau.

La méthode de travail qui sera indiquée à l'entrepreneur devrait diminuer ces risques d'apparition de zones de vulnérabilité au pied de la falaise, mais ne peut garantir totalement la protection du pied de la falaise. Cette méthode de travail consistera à demander à l'entrepreneur de placer la crête de la recharge de plage au sud (vers le large) de la ligne de crête théorique et, au-delà de cette crête, de réaliser des pentes de recharge plus raides que la pente théorique qui sert au calcul des quantités de recharge requises. Les vagues redistribueront progressivement les matériaux de recharge selon des pentes qui devraient s'apparenter aux pentes théoriques, mais la quantité de matériel de recharge servant de tampon entre les vagues et la falaise sera temporairement plus grande que ce que donnent les coupes théoriques.

9.7 Calcul des quantités de recharge

Dans le but d'évaluer les quantités de sédiments requis pour la recharge de plage de Pointe-aux-Outardes, un modèle de terrain a été développé par Dessau. Ce modèle a servi à calculer les quantités théoriques de sédiments requis pour réaliser la protection de la berge de Pointe-aux-Outardes.

Les informations topographiques qui ont servi à définir la plage existante seront désuètes au moment des travaux, le rivage reculant sur une base régulière. Il est proposé de se servir des quantités théoriques de sédiment de recharge (calculées par segments de 15 ou 20 m le long de la plage) pour définir les travaux devant être réalisés par l'entrepreneur. Cette méthode de travail devrait respecter le but du projet (protéger les rives de Pointe-aux-Outardes) tout en évitant un dépassement potentiellement important des coûts qui serait inévitable si c'était la topographie de la recharge de plage qui était le paramètre contractuel du projet.

Les quantités de pierre dans les épis et de matériaux de recharge de plage évaluées avec le modèle de terrain ayant servi dans cette étude sont les suivantes :

Tableau 9.2 Quantité de pierre dans les épis

Épi considéré	Quantité de pierre
Épi 1	320 m^3
Épi 2	7 280 m^3
Épi 3	7 500 m^3
Épi 4	6 880 m^3
Épi 5	7 450 m^3
Épi 6	4 920 m^3
Épi 7	3 630 m^3
TOTAL	38 000 m^3

Tableau 9.3 Quantité de matériaux de recharge de plage

Zone considérée	Quantité de matériaux de recharge
À l'ouest de l'épi 1	385 m^3
Entre l'épi 1 et l'épi 2	10 080 m^3
Entre l'épi 2 et l'épi 3	25 110 m^3
Entre l'épi 3 et l'épi 4	27 980 m^3
Entre l'épi 4 et l'épi 5	27 760 m^3
Entre l'épi 5 et l'épi 6	27 930 m^3
Entre l'épi 6 et l'épi 7	28 530 m^3
À l'est de l'épi 7	8 355 m^3
TOTAL	157 000 m^3

9.8 Coûts estimatifs du projet

Les quantités de matériaux ont été utilisées pour évaluer le coût des travaux de protection de la berge de Pointe-aux-Outardes.

Les prix unitaires considérés ont été les suivants :

- Pierre de carrière des épis : 55 $/m^3
- Matériaux de recharge : 30 $/m^3
- Organisation de chantier : 12 %
- Contingences : 12 %

Le coût estimatif des travaux d'un projet de protection des berges de Pointe-aux-Outardes comprenant sept épis et une recharge de plage en gravier est donc de **8,53 M$.**

10 Méthode de construction

10.1 Qualité de la pierre

La qualité de la pierre requise pour la construction des épis devra répondre à certaines exigences afin d'en assurer la pérennité dans les structures. La pierre devra être extraite d'une carrière de pierre dure et durable. L'utilisation de schiste ou d'ardoise, de pierres contenant du schiste ou de pierres rondes ne sera acceptée dans aucune partie de l'ouvrage. Les pierres utilisées devront être exemptes de plans de faiblesse tels que stratification, litage, fissures, lits d'argilite, etc.

La densité minimale de la pierre devra être de 2,64 t/m^3.

L'absorption d'eau devra être limitée à 1,0 % (suivant CAN/CSA-A23.2-00).

La perte à l'essai MgSO4 (ASTM-C88-90 ou CAN-CSA-A23.2-00) devra être de moins de 1,5 % après cinq cycles.

Des essais de chute devront être effectués en cas de pierres pour lesquelles on soupçonne des défauts.

10.2 Ancrage du pied de l'enrochement

Il est important que les pierres de carapace des épis soient bien ancrées dans la plage. La mise en place des épis va temporairement perturber la dynamique sédimentaire de la plage et des affouillements pourraient apparaître le long des épis, surtout à l'extrémité et sur la face ouest des musoirs des épis.

10.3 Mise en place des pierres de protection

La mise en place des pierres de protection devra probablement se faire à l'aide de pelles hydrauliques. La circulation de la machinerie sur la plage devra être limitée au strict nécessaire. La machinerie devra opérer à partir du dessus des épis. Comme il risque d'y avoir des périodes de submersion du tout-venant des épis, l'entrepreneur devra programmer ses travaux en fonction des marées et mettre en place une zone temporaire de repli de la machinerie pour s'assurer qu'elle soit hors d'eau à marée haute. En cas de tempête, il est probable que l'évacuation de la machinerie hors de la zone de travaux sera requise.

Le remplissage de carburant et l'entretien mécanique de la machinerie ne pourra probablement pas se faire sur la plage ou sur l'épi sans disposition spécifiques. L'entrepreneur devra en tenir compte dans son échéancier et sa méthodologie de travail.

Les pierres de carapace doivent être déposées par la machinerie et non déversées dans la pente. Le déversement occasionnerait trop de bris des pierres et trop de pierres mal placées ou non stabilisées dans les pentes.

10.4 Granulométrie des sédiments de recharge

Un contrôle de la granulométrie des sédiments de recharge de plage sera requis pour respecter les paramètres de conception de cette recharge de plage et assurer une pérennité minimale des travaux de protection de berge. Il est peu probable que les sédiments requis seront disponibles naturellement dans un seul banc de gravier. Il est plus réaliste de penser qu'un traitement minimal des sédiments de recharge sera requis pour respecter la granulométrie visée.

Deux sortes d'opérations pourraient être envisagées :

- Tamisage des sédiments d'un banc pour obtenir la granulométrie requise. Ce tamisage consistera fort probablement à réduire la partie fine des sédiments, mais pourrait aussi être requis pour en éliminer certains éléments grossiers.
- Mélange de sédiments provenant de deux sources ou plus. Pour limiter les coûts de matériaux au strict minimum, il est proposé dans ce cas de procéder au mélange des matériaux sur la plage-même. Des analyses de la granulométrie des différents matériaux seront requises pour définir les proportions des différents matériaux qui devront être mis en place pour respecter la granulométrie définie au devis. Sur le chantier, cette opération nécessitera un contrôle de la rotation des camions en provenance des différentes sources de matériaux pour respecter la granulométrie contractuelle et éviter des concentrations locales de matériaux plus fins ou plus grossiers.

11 Expertise hydraulique

11.1 Travaux de protection de berge

Les travaux de protection de berge envisagés sur la plage de Pointe-aux-Outardes s'étendent sur environ 1,7 km à partir de l'ancien quai vers l'est (figures 6.1 et 6.2).

La plage de Pointe-aux-Outardes est essentiellement sableuse. Des tentatives de protection de cette berge ont été faites dans le passé par le biais d'épis en enrochement placés en travers de la plage et d'enrochements placés en bas de la falaise en érosion. Quelques systèmes d'épis artisanaux ont également été testés. Malheureusement, ces protections n'ont pas été efficaces lors des tempêtes et l'érosion est très active dans ce secteur de la péninsule de Manicouagan.

11.2 Limites des travaux

Les limites du secteur concerné par les travaux de protection de berges de Pointe-aux-Outardes sont l'ancien quai du côté Ouest et le secteur où la route a été récemment déplacée du côté Est.

11.3 Effets des travaux sur la cellule hydrosédimentaire

La cellule hydrosédimentaire de Pointe-aux-Outardes doit être considérée comme ouverte à l'échelle des travaux. Les sédiments qui circulent devant Pointe-aux-Outardes proviennent de l'ensemble des rives à l'est de la zone des travaux et aboutissent majoritairement dans l'estuaire de la rivière aux Outardes, à l'ouest de la péninsule de Manicouagan.

Les travaux de protection de la falaise de Pointe-aux-Outardes, de par leur étendue, vont affecter directement la stabilité de la rive à l'ouest de l'ancien quai. Comme les protections de berge de ce secteur montrent certains signes de faiblesse, il faut s'attendre à voir apparaître des zones d'érosion et d'instabilité de berge à l'ouest du quai, même dans les secteurs enrochés.

Les travaux devraient par contre améliorer un peu la stabilité de la plage à l'est de la zone des travaux, au-delà de l'épi 7 et de la recharge de plage qui l'accompagne.

Les effets des travaux de protection de berges sur le secteur protégé vont être d'arrêter durablement l'érosion de la falaise de Pointe-aux-Outardes dans le secteur des travaux. Des recharges récurrentes seront cependant requises pour prolonger l'effet de protection de berge au-delà d'une dizaine ou quinzaine d'années. Certains apports sédimentaires sont attendus de la stabilisation de la pente de la falaise dans le secteur des travaux, mais comme les sédiments érodés seront fins et en relativement faible quantité, ils ne seront certainement pas suffisants pour maintenir l'efficacité de la protection de berge à long terme.

Les travaux de protection sont faits pour éliminer la submersion côtière qui se produisait sur une plage trop basse et qui était à l'origine de l'érosion de la falaise.

11.4 Durée de vie des travaux

La durée de vie des épis en enrochement est normalement de 35 à 50 ans sans interventions autres que de l'entretien. Il est probable qu'après ces 35 années, certains travaux de réfection des épis seront requis, surtout si le rehaussement du niveau d'eau se produit selon les scénarios pessimistes.

La recharge de plage a une durée de vie nettement plus faible que les enrochements en termes d'efficacité complète (10 à 15 ans). Si aucune recharge supplémentaire n'est faite à cet intervalle de temps de 10 ou 15 ans, les épis vont continuer à procurer une protection partielle contre l'érosion de la falaise. Il faut cependant s'attendre à ce que la falaise se fasse attaquer par les vagues, en particulier entre les épis. A plus long terme, la racine des épis risque d'être contournée par les vagues, ce qui signifiera la destruction des épis et la fin de la protection de berge.

11.5 Méthodes de travail

Les méthodes de travail recommandées sont décrites au chapitre 10 du présent rapport.

11.6 Inspection et entretien

Des inspections annuelles (de préférence au printemps) sont recommandées sur ce type d'ouvrage pour détecter à l'avance les problèmes potentiels. L'entretien nécessaire pour maintenir le bon état et la pérennité des épis en enrochement est normalement minime si le contrôle de qualité requis a été fait lors de la construction.

Le suivi de la recharge de plage impliquera des relevés réguliers de la plage et une analyse de ces relevés pour s'assurer de comprendre les déplacements de sédiments qui se seront produit en rapport avec les tempête et de programmer les recharges de plage subséquentes, tant en termes de récurrence qu'en termes de quantités.

Un suivi de rehaussement du niveau des océans serait recommandé pour évaluer à l'avance les conséquences des modifications importantes qui pourraient se produire à une échelle régionale suite à ces changements du niveau moyen de l'eau.

12 Conclusion et recommandations

12.1 Conclusion

Suite à une évaluation de l'état actuel de la rive, des variations de niveau d'eau et de hauteur de vagues de tempêtes devant Pointe-aux-Outardes, la présente étude d'optimisation d'un concept de protection de la rive située à l'est de l'ancien quai de Pointe-aux-Outardes a permis de définir les paramètres géométriques selon lesquels il serait possible d'installer une protection de berge de façon efficace.

Le concept évalué a été celui d'épis en enrochements entre lesquels serait faite une recharge de plage au pied de la falaise en érosion. Les travaux consisteraient à construire sept épis, le premier de ces épis étant celui qui remplacerait l'ancien quai. Ces épis seraient espacés d'environ 280 mètres.

Entre ces épis serait installée une recharge de plage selon une géométrie de la rive proche de celle qui devrait se mettre en place à la suite de la mise en place des épis. Des précautions seront prises lors des travaux pour que les modifications transitoires de la recharge de plage lors des premières tempêtes ne créent pas de zones fragiles du point de vue de l'érosion.

Ces travaux impliqueraient la mise en place d'environ 38 000 m^3 de pierre pour les épis et 157 000 m^3 de matériaux de recharge de plage.

12.2 Recommandations

Certaines précautions ont été prises par rapport au rehaussement du niveau moyen des océans dans le cadre des changements climatiques. Par contre, les prévisions de rehaussement du niveau d'eau varient beaucoup selon les sources. Il serait prudent de suivre l'évolution de ces provisions du rehaussement des niveaux d'eau pour prévenir des problèmes de stabilité à long terme de la protection de berge envisagée.



Yann Ropars, ing., M. Sc.