



Sept-Îles

Recharge de la flèche littorale de Uashat

Projet ZIP : HS00282

Rapport PRÉLIMINAIRE-FINAL

Avril 2021



KINCENTRIC
Employeur de Choix
CANADA 2019

TABLES DES MATIÈRES

CLAUSES DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

SOMMAIRE EXÉCUTIF

TABLES DES MATIÈRES	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	v
1 Introduction	1
1.1 Mise en contexte	1
1.2 Objectifs de la présente étude	1
2 Données sur le recul des rives	2
2.1 Rapport de l’UQAR en 2008	2
2.2 Rapport de l’UQAR en 2012	6
2.3 Photos aériennes	10
2.3.1 Données utilisées	10
2.3.2 Flèche littorale de Uashat	10
2.4 Carte marine historique	15
2.5 Photos historiques des rives de Sept-Îles	15
2.6 Analyse des mouvements sédimentaires	19
2.7 Mouvements sédimentaires prévisibles	22
3 Niveaux d’eau	23
3.1 Niveaux d’eau disponibles	23
3.2 Influence des changements climatiques et de la remontée isostatique	23
3.3 Recommandations de niveaux d’eau en termes d’ouvrages côtiers	25
4 Vagues	27
4.1 Vagues au large de la flèche littorale	27
4.2 Direction des vents et des vagues	29
4.3 Hauteurs des vagues – Flèche littorale	31
5 Topographie	34
5.1 Données disponibles	34
5.2 Modèles numériques de terrain	34
5.3 Transects	36
5.4 Élévation de la crête de la flèche littorale	38
6 Recharge de la flèche littorale	40
6.1 Recherche de matériaux disponibles dans la région	40

6.2	Granulométrie des matériaux en place	41
6.3	Granulométrie des matériaux de recharge de plage.....	41
6.4	Remontée des vagues sur une plage	43
6.5	Remontée des vagues sur la flèche littorale.....	43
6.6	Profils d’une recharge de la flèche littorale de Uashat.....	45
6.7	Plan d’une recharge de la flèche littorale	48
7	Conclusion et recommandations.....	50
7.1	Conclusion	50
7.2	Recommandations	51

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Tableau 31 du rapport UQAR-2008 – Artificialisation des rives de Sept-Îles.....	2
Figure 2.2	Figure 88B – Rapport UQAR-2012 – Caractérisation des rives du territoire de Uashat	4
Figure 2.3	Rapport UQAR-2008 – Évolution des rives de Sept-Îles – Position des chaînages de l’UQAR.....	5
Figure 2.4	Déplacement annuel de la rive à Uashat – Rapport UQAR-2008 – 1979 à 2001.....	6
Figure 2.5	Figure 104 – Projection d’évolution côtière – Rapport UQAR-2012 – Secteur Ouest ..	8
Figure 2.6	Figure 124 – Zonage de risque d’érosion côtière – Rapport UQAR-2012 – Secteur de la marina et rive ouest	9
Figure 2.7	Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1965 et des isocontours de 2014	11
Figure 2.8	Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1976 et des isocontours de 2014	12
Figure 2.9	Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1987 et des isocontours de 2014	13
Figure 2.10	Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1992 et des isocontours de 2014	14
Figure 2.11	Carte marine de la baie des Sept-Îles en 1831 (BANQ)	15
Figure 2.12	Plage au sud du vieux quai de Sept-Îles en 1940	16
Figure 2.13	Secteur au sud du vieux quai de Sept-Îles en 2010.....	16
Figure 2.28	Rivage de Sept-Îles entre le vieux quai et les installations industrielles en 1953	17
Figure 2.29	Rivage de Sept-Îles entre le vieux quai et la marina en 2016.....	17
Figure 2.16	Plage Ferguson au sud de l’aéroport et à l’est des enrochements en 2006	18
Figure 2.17	Plage Ferguson au sud de l’aéroport et à l’ouest des enrochements en 2006	18
Figure 2.18	Évolution morphologique du delta de la rivière Moisie – Dubois et Lessard - 1984 ..	20
Figure 2.19	Évolution géologique du territoire de Sept-Îles en relation avec les sédiments de la rivière Moisie - Dubois et Lessard - 1984.....	21

Figure 2.20	Points caractéristiques de la flèche littorale de Uashat.....	22
Figure 3.1	Sept-Îles – Fréquence de dépassement des niveaux d'eau horaires extrêmes hauts	24
Figure 3.2	Sept-Îles – Récurrence des niveaux d'eau annuels extrêmes hauts	25
Figure 4.1	Baie des Sept-Îles – Contexte bathymétrique de la zone à l'étude – Position des points de calcul des vagues	28
Figure 4.2	Baie des Sept-Îles – Position des points de génération des vagues	29
Figure 4.3	Aéroport de Sept-Îles – Rose des vents (1978 à 2019 – Année complète)	30
Figure 4.4	Baie des Sept Îles – Point de génération des vagues SI1 (rive ouest) – Rose des vagues générées à partir des vents de l'aéroport (année complète)	30
Figure 4.5	Point de génération des vagues SI2 (UQAR) – Relation entre la hauteur et la direction des vagues.....	31
Figure 4.6	Point de génération des vagues SI3 (UQAR) – Relation entre la hauteur et la direction des vagues.....	32
Figure 4.7	Comparaison des fréquences de dépassement des hauteurs de vagues des points SI1 (GENER – rive ouest), SI2 et SI3 (UQAR) – 30 plus hautes vagues	32
Figure 5.1	Modèle numérique de terrain (UQAR-2020) et localisation des transects	35
Figure 5.2	Comparaison de la position de l'isobathe +1,0 m - UQAR-2020 versus LiDAR-2014	36
Figure 5.3	Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S14 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014.....	37
Figure 5.4	Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S18 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014.....	37
Figure 5.5	Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S21 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014.....	37
Figure 5.6	Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S24 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014.....	38
Figure 5.7	Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S27 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014.....	38
Figure 5.8	Élévation de la crête de la flèche littorale - UQAR-2020 versus LiDAR-2014.....	39
Figure 6.1	Analyses granulométriques des matériaux de sablières à Sept-Îles.....	40
Figure 6.2	Courbes granulométriques des sédiments prélevés sur la flèche littorale de Uashat	41
Figure 6.3	Fuseau granulométrique proposé pour la recharge de la flèche littorale de Uashat .	42
Figure 6.4	Exemple de résultats des calculs de remontée des vagues sur la flèche littorale de Uashat pour l'équation du R_{max} de Batjes-1971	44
Figure 6.5	Ensemble des résultats des calculs de remontée des vagues sur la flèche littorale .	45
Figure 6.6	Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S14.....	46
Figure 6.7	Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S17.....	46
Figure 6.8	Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S20.....	47
Figure 6.9	Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S23.....	47
Figure 6.10	Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S25.....	47
Figure 6.11	Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S28.....	48

Figure 6.12	Vue en plan de la recharge de plage (à l'équilibre) proposée pour la façade ouest du territoire - ITUM.....	49
Figure A.1	Transect S12 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	53
Figure A.2	Transect S13 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	54
Figure A.3	Transect S14 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	54
Figure A.4	Transect S15 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	55
Figure A.5	Transect S16 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	55
Figure A.6	Transect S17 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	56
Figure A.7	Transect S18 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	56
Figure A.8	Transect S19 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	57
Figure A.9	Transect S20 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	57
Figure A.10	Transect S21 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	58
Figure A.11	Transect S22 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	58
Figure A.12	Transect S23 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	59
Figure A.13	Transect S24 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	59
Figure A.14	Transect S25 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	60
Figure A.15	Transect S26 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	60
Figure A.16	Transect S27 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	61
Figure A.17	Transect S28 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 6.1	Valeurs numériques du fuseau granulométrique proposé ($D_{50} = 1 \text{ mm}$).....	42
-------------	---	----

ANNEXES

ANNEXE « A » Coupes-types de la recharge de la flèche

CLAUSES DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Ce document a été préparé par Consultants Ropars Inc. de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif de la ZIP Côte Nord et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du projet de **recharge de la flèche littorale de Uashat pour CIMA+ à Québec**. Le contenu de ce document ne peut être appliqué ou utilisé, en tout ou en partie, par ou à l'avantage d'autres parties sans l'autorisation écrite de Consultants Ropars Inc. et de son client CIMA+. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Les informations techniques contenues dans ce document forment un tout. Les hypothèses posées pour dimensionner les ouvrages proposés sont à la base des caractéristiques de ces ouvrages. Le fait de ne retenir qu'une partie des informations techniques contenues dans ce rapport dégage Consultants Ropars Inc. de sa responsabilité professionnelle.

Consultants Ropars Inc. n'assument aucune responsabilité quant à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par d'autres parties que **CIMA+**.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Toutes les berges dans le secteur de Uashat sont en érosion. Cette érosion est encore plus spectaculaire sur la flèche littorale de Uashat qui recule par endroits de 3 m par année depuis des décennies. Sur la base de l'analyse des conditions hydrodynamiques sollicitant la flèche littorale, la présente étude a pour principal objectif de proposer une option de recharge en sable de la flèche littorale de Uashat destinée à temporairement atténuer les effets de la submersion. Il ne s'agit en aucun cas de « stabiliser » la flèche ou de la pérenniser, le financement actuel du projet par la ZIP étant très inférieur à ce qui serait requis pour résoudre les problèmes d'érosion et de déplacement de cette flèche.

Enjeux sectoriels associés à la dynamique littorale à l'échelle locale

L'analyse des documents historiques disponibles (photos, cartes marines, relevés) a permis de mettre en lumière certaines particularités de la dynamique sédimentaire du secteur à l'étude. La flèche littorale telle que nous la connaissons aujourd'hui est probablement une formation géomorphologique côtière transitoire dans le temps (à l'échelle géologique). Celle-ci existait probablement au XIX^e siècle (voir la carte marine de 1831). Les photos aériennes disponibles nous permettent de suivre son évolution. La formation d'une flèche littorale sablonneuse dans le secteur de la plage le long de l'avenue Arnaud (partie ouest de Uashat) débute probablement dans les années 1930. La flèche atteindra ultimement son extension maximale vers le nord-ouest vers 2010. Depuis le milieu des années 1990, cette flèche littorale a tendance à s'amincir à plusieurs endroits. Ce constat est clair par photo-interprétation dans la portion de la flèche située au nord de l'émissaire de la rue du Vieux Poste. Cette régression de la flèche est très probablement due à une diminution des apports sédimentaires en relation avec l'artificialisation des rivages de la ville de Sept-Îles.

La flèche littorale de Uashat est extrêmement fragile et en sursis précaire. L'intensité des tempêtes qui frapperont cette flèche déterminera la vitesse de sa détérioration, mais si rien n'est fait pour la renforcer d'ici 3 à 5 ans, cette structure pourrait complètement disparaître. Avec la disparition de la flèche littorale, c'est toute la rive ouest du territoire de Uashat qui est susceptible d'être fortement sollicitée par les prochaines tempêtes. La disparition de la flèche littorale fera également disparaître les marais situés entre celle-ci et la rive. À l'heure actuelle, tout porte à croire que la flèche littorale présente sur la face ouest du territoire de Uashat est en voie de disparition compte tenu, entre autres choses, de la présence plus au sud d'infrastructures portuaires et d'ouvrages de protection de berge en enrochement qui ont tari l'apport sédimentaire pouvant contribuer naturellement à la recharge de la plage et de la flèche.

Configuration actuelle de la flèche littorale

La flèche littorale de Uashat peut être séparée en deux secteurs, soit :

- le pédoncule qui part de l'émissaire situé dans le prolongement de la rue du Vieux Poste et qui s'étend sur environ 550 m vers le nord-ouest le long de l'avenue Arnaud et
- la pointe de la flèche qui constitue les derniers 430 m à son extrémité nord-ouest.

Si la pointe de la flèche littorale est relativement large et stable, il en va tout autrement pour le pédoncule très étroit par endroits qui, au cours des années, a reculé de plusieurs dizaines de mètres et dont la crête s'est abaissée, permettant aux vagues de la franchir et accentuant les problématiques d'érosion de la flèche.

Recharge de la flèche littorale

L'UQAR avait suggéré à la ZIP une recharge du pédoncule de la flèche littorale. CIMA+ a été chargé par la ZIP Côte-Nord de dimensionner cette recharge.

Une analyse des relevés LiDAR de 2014 et 2020 a permis de préciser les caractéristiques dimensionnelles actuelles du pédoncule de la flèche littorale et de recommander une intervention de recharge relativement optimale compte tenu du budget disponible et de l'urgence d'intervenir. Ces travaux s'étendraient sur environ 370 m de longueur et nécessiteraient la mise en place de 2 000 m³ de matériaux. La crête de la recharge de la flèche ferait 7,5 m de largeur à la construction et son élévation serait de +2,6 m.

Le matériel de recharge retenu est un sable naturel ($D_{50} = 1$ mm) disponible dans les sablières de la région de Sept-Îles. La granulométrie de ce matériel de recharge est très similaire à celle des matériaux constituant la flèche.

Recommandations

L'intervention de recharge de la flèche proposée dans ce rapport est une intervention de relativement faible ampleur, comparée aux problématiques d'érosion et de déplacement de la flèche littorale. Même si la mise en place de la recharge proposée diminue un peu les problématiques de franchissement de la flèche par les vagues de tempêtes, cette recharge pourrait être significativement remodelée par les tempêtes qui se produiront après sa mise en place. Il serait recommandé de prévoir d'autres interventions de recharge à court et moyen terme dans le but de stabiliser la flèche littorale et de préserver les marais situés entre la flèche et le littoral ouest de la communauté de Uashat.

Le concept de recharge est présenté sans les modélisations hydro-sédimentaires qui seraient requises pour optimiser sa géométrie et sa durée de vie utile. Si le concept de recharge de la flèche littorale est retenu dans une perspective à plus long terme, il est recommandé que ces modélisations

hydro-sédimentaires soient faites par une compagnie ayant l'expertise requise. Dans ce contexte, des mesures de vagues dans la baie des Sept Îles sont recommandées pour s'assurer d'utiliser des données de vagues fiables dans les modélisations hydro-sédimentaires.

Le concept de recharge de la flèche a été proposé en considérant, pour les matériaux de recharge, un diamètre médian D_{50} de 1 mm, très similaire à celui des matériaux en place. Dans le but d'optimiser les interventions de recharge récurrente de la flèche, il serait important d'évaluer la possibilité d'utiliser des matériaux différents des matériaux en place (dans le cas flèche de Uashat, un mélange de sable et graviers à la place du sable). Ce type de matériaux plus grossiers permettrait de prolonger la durée de vie utile de la recharge.

Finalement, un suivi régulier de la topographie de la flèche littorale de Uashat est recommandé.

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

Le comité ZIP Côte-Nord du Golfe (ci-après « ZIP ») souhaite renforcer la flèche littorale de Uashat. En effet, cette flèche est aux prises avec un enjeu d'érosion et de déplacement vers le nord-est de l'ensemble de la flèche, surtout dans la partie adjacente avec l'émissaire de la rue du Vieux-Poste. Les vagues de certaines tempêtes passent directement par-dessus la flèche, au point de menacer son intégrité.

Le projet envisagé par la ZIP consiste à recharger la flèche littorale de Uashat à l'aide de matériaux granulaires et de revégétaliser cette flèche à l'aide de plantation d'élyme des sables.

1.2 Objectifs de la présente étude

L'objectif de l'étude d'avant-projet confiée par CIMA+ à Consultants Ropars Inc. est de :

- Prendre connaissance des informations concernant la flèche littorale,
- Réaliser un modèle numérique de terrain à partir des données de base (relevé fait par l'UQAR en 2020),
- Évaluer les solutions réalistes de recharge de la flèche,
- Établir les caractéristiques techniques de l'option de recharge recommandée.

2 Données sur le recul des rives

2.1 Rapport de l'UQAR en 2008

L'Université du Québec à Rimouski (UQAR) a effectué un suivi du recul des rives de Sept-Îles à partir du relevé de plusieurs bornes et de l'analyse de photos aériennes qui a mené à un rapport produit en 2008¹. Une partie de ce rapport traite directement de l'évolution des rives de Sept-Îles entre 1931 et 2006.

La figure 2.1 qui présente un tableau extrait de ce rapport de l'UQAR décrit l'artificialisation des berges de Sept-Îles entre 1931 et 2006. Pour l'ensemble de la zone de Sept-Îles, 24% des rives étaient artificialisées en 2006. Pour le secteur urbain incluant les infrastructures portuaires, cette artificialisation des rives est nettement plus importante (de l'ordre de 70 % entre la Pointe aux Basques et la rivière du Poste selon l'image Google EarthTM datée d'août 2018).

Tableau 31. Évolution des types d'infrastructures pour le secteur de Sept-îles.

Type d'infrastructure	Longueur (m) et pourcentage de côte artificielle											
	1931	%	1965	%	1979	%	1996	%	2001	%	2006	%
Enrochement			2708	8	5168	15	5124	15	5340	15	6218	18
Muret de bois			367	1,1	518	1,5	310	0,9	381	1,1	485	1,4
Remblai					112	0,3					61	0,2
Infrastructure portuaire (quai)	10	0,03	88	0,3	103	0,3	171	0,5	192	0,6	195	0,6
Infrastructure portuaire (industriel)					33	0,1	25	0,1	35	0,1	35	0,1
Infrastructure portuaire (brise-lames)					14	0,04	88	0,3	100	0,3	103	0,3
Infrastructure portuaire (épis rocheux)					17	0,1	42	0,1	41	0,1	41	0,1
Épis rocheux					9	0,03					36	0,1
Muret de béton			785	2,3	217	0,6	1241	3,5	1251	4	1249	3,6
Ensablement (dunes)									51	0,1		
Total	10	0,03	3948	11,6	6191	17,9	7001	19,9	7391	21,3	8423	24,3
Trait de côte	31715	100	34038	100	34596	100	35243	100	34713	100	34713	100

Figure 2.1 Tableau 31 du rapport UQAR-2008 – Artificialisation des rives de Sept-Îles

¹ Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. et Morissette, A., 2008. Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC, 256 pages

La figure 2.2 extraite du rapport UQAR-2012 illustre les types de rivages dans le secteur à l'étude. Dans le cas de la flèche littorale à l'étude, les mécanismes d'érosion identifiés dans le rapport sont la « submersion » et les « véhicules tout-terrain ».

La figure 2.3 illustre la position des chaînages servant à illustrer les taux de déplacement du rivage entre 1931 et 2001. Le secteur à l'étude est situé entre les chaînages « 4 » et « 5 », définis comme une « flèche littorale »

La figure 2.4 illustre les mesures de taux annuels de déplacement de la rive de 1979 à 1996 et de 1979 à 2001 (mesures faites sur les photos aériennes disponibles). La flèche littorale (« 4 » à « 5 ») a plutôt progressé jusque dans les années 70, mais a fortement été en érosion à partir des années 80.

Le comportement de la flèche littorale a complètement changé à partir des années 80. Un recul massif de la flèche s'est produit (jusqu'à 3 m/an en moyenne), probablement en relation avec le déficit en sédiments provoqué par l'artificialisation des rives de Sept-Îles.

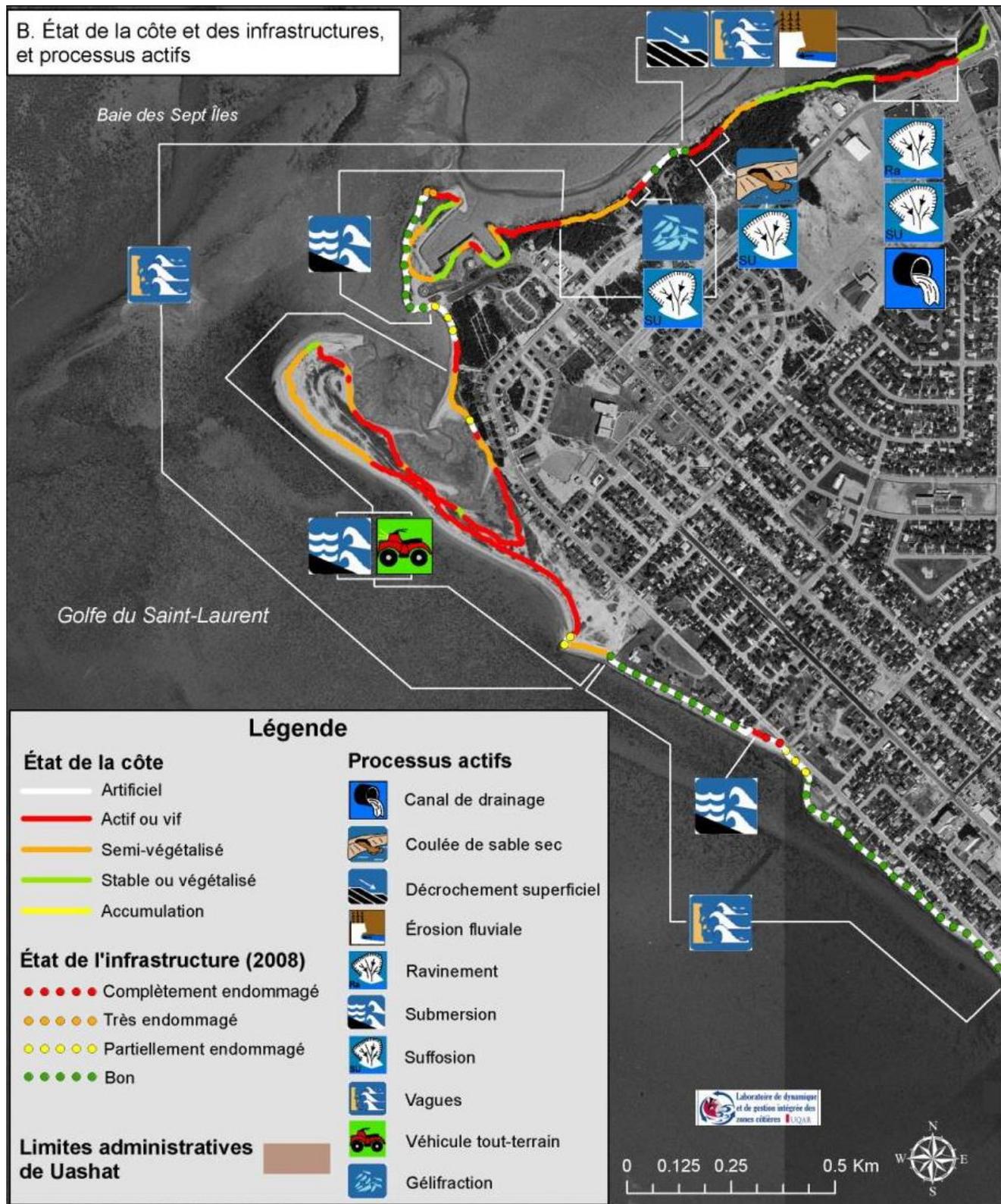


Figure 2.2 Figure 88B – Rapport UQAR-2012 – Caractérisation des rives du territoire de Uashat



Figure 2.3 Rapport UQAR-2008 – Évolution des rives de Sept-Îles – Position des chaînages de l’UQAR

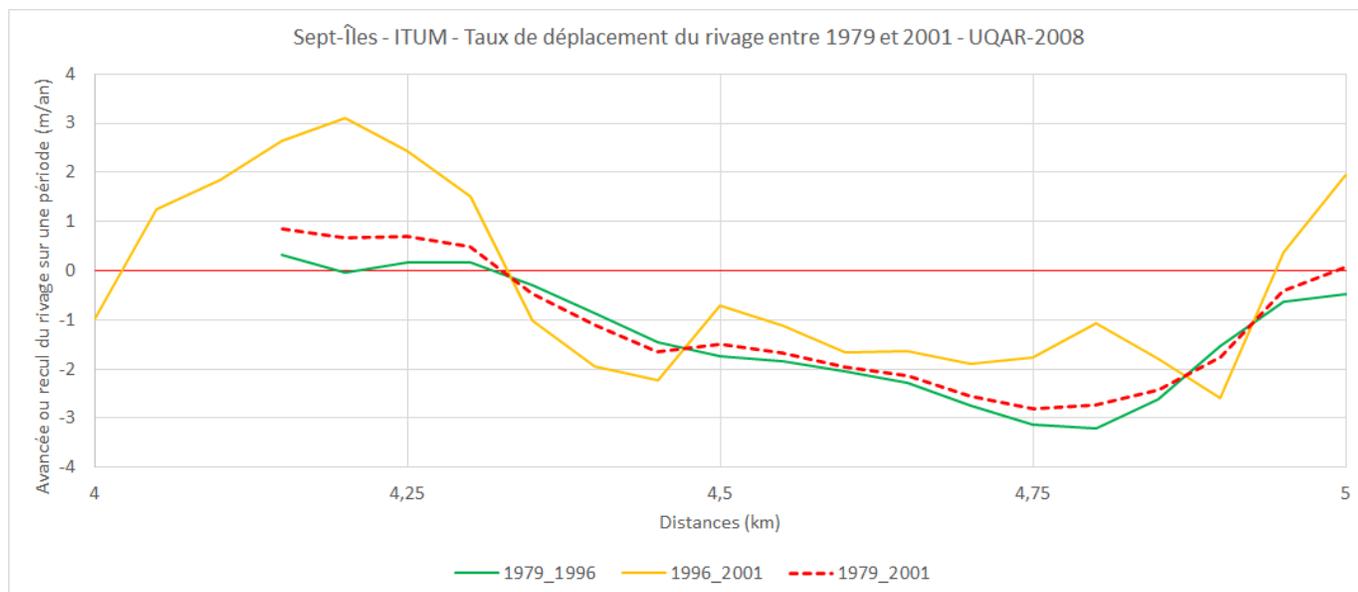


Figure 2.4 Déplacement annuel de la rive à Uashat – Rapport UQAR-2008 – 1979 à 2001

2.2 Rapport de l’UQAR en 2012

Un second rapport a été rédigé par l’UQAR en 2012². Les rives de Uashat ont fait l’objet d’analyse et de prévision de recul. Le résumé du rapport concernant les rives d’Uashat dans un contexte de changement climatique indique qu’« avec l’augmentation des précipitations de pluie projetées en hiver et au printemps, la falaise meuble sur laquelle se trouve le boulevard des Montagnais (SEP-01) devrait reculer de 32 m à l’horizon 2060 si aucune solution d’adaptation n’est mise de l’avant. De plus, avec la réduction anticipée du couvert de glace, le littoral compris entre le site du Vieux-Poste et la salle communautaire Naneu (SEP-02 et SEP-03) devrait reculer d’un peu plus de 40 m à l’horizon 2060. La flèche littorale Naneu devrait reculer de 26 m et son pédoncule devrait migrer vers l’ouest. En ce qui concerne la terrasse de plage à l’est de la flèche littorale (SEP-04b), cette dernière devrait reculer de 104 m d’ici 2060 ».

Dans la conclusion du rapport, on retrouve le commentaire suivant : « **Cette étude a aussi permis d’identifier les infrastructures et les activités qui seront vulnérables aux aléas côtiers et aux changements environnementaux d’ici 2060.** La vulnérabilité des Innus s’étend au-delà des limites administratives et des infrastructures physiques. Plusieurs activités et infrastructures sont déjà vulnérables. La rue Arnaud, les résidences ainsi que les nombreux chalets qui sont vulnérables d’ici 2060 devraient attirer l’attention des

² Bernatchez, P., Friesinger, S., Denis, C. et Y. Jolivet, 2012. Géorisques côtiers, vulnérabilité et adaptation de la communauté de Uashat mak Mani-Utenam dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Conseil tribal Mamuitun et au Ministère des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, 239 pages

gestionnaires de la communauté et les inciter à mettre en branle une stratégie d'adaptation aux aléas côtiers ».

La figure 2.5 est une reproduction de la figure 104 du rapport UQAR-2012. La projection de recul de la rive y est illustrée entre 2005 et 2060. Ces reculs étaient évalués à 26 m pour la flèche littorale.

La figure 2.6 est une reproduction de la figure 124 du rapport UQAR-2012. La zone de risque d'érosion de la rive y est illustrée entre 2005 et 2060. La largeur de cette zone de risque était évaluée entre 55 et 116 m dans le secteur de la rue Arnaud.



Figure 104. Projection de l'évolution côtière de la région de Uashat mak Mani-Utenam entre 2005 et 2060, unités homogènes SEP-03, SEP-04A et SEP-04B



Sources : Orthophoto Ville de Sept-Îles, 2005. Ligne de rivage LDGIZC 2005. Réalisation : LDGIZC 2011.

Figure 124. Zonage du risque d'érosion de la région de Uashat entre 2005 et 2060, unités homogènes SEP-2, SEP-3A, SEP-3B, SEP-3C, SEP-4A et SEP-4B

Figure 2.6 Figure 124 – Zonage de risque d'érosion côtière – Rapport UQAR-2012 – Secteur de la marina et rive ouest

2.3 Photos aériennes

2.3.1 Données utilisées

Les photos aériennes de 1965, 1976, 1987 et 1992 ont été récupérées et géoréférencées. Le géoréférencement de ces photos n'est pas parfait et certaines variations entre les photos doivent être interprétées en fonction de cette imprécision.

Un modèle de terrain a été extrait des relevés LiDAR de 2014 (mis à notre disposition par le MSP) pour vérifier l'évolution du rivage au cours des années. Pour simplifier la présentation des informations, de ce modèle de terrain ont été extraites les isocontours de +0,0 m (ligne rouge grasse), +2,0 m (ligne jaune fine) et +4,0 m (ligne verte fine). La superposition de ces lignes et de la photo aérienne illustre les mouvements de la rive entre les deux dates considérées et permet d'avoir des repères pour comparer les différentes photos aériennes entre elles.

2.3.2 Flèche littorale de Uashat

Les figures suivantes présentent différentes photos aériennes de la partie ouest du secteur de Uashat sur lesquelles sont superposées les isocontours de 2014.

La figure 2.7 présente les isocontours de 2014 sur la photo aérienne de **1965**. La flèche littorale ouest est en progression vers le nord-ouest. Un marais littoral commence probablement à se former derrière cette flèche. La photo aérienne complète de 1965 nous confirme que ce qui deviendra le vieux quai est en place et que des enrochements ont été mis en place sur environ 800 m à partir du quai en allant vers le nord (jusqu'à la rue de la Réserve). La rive au sud du quai est également enrochée.

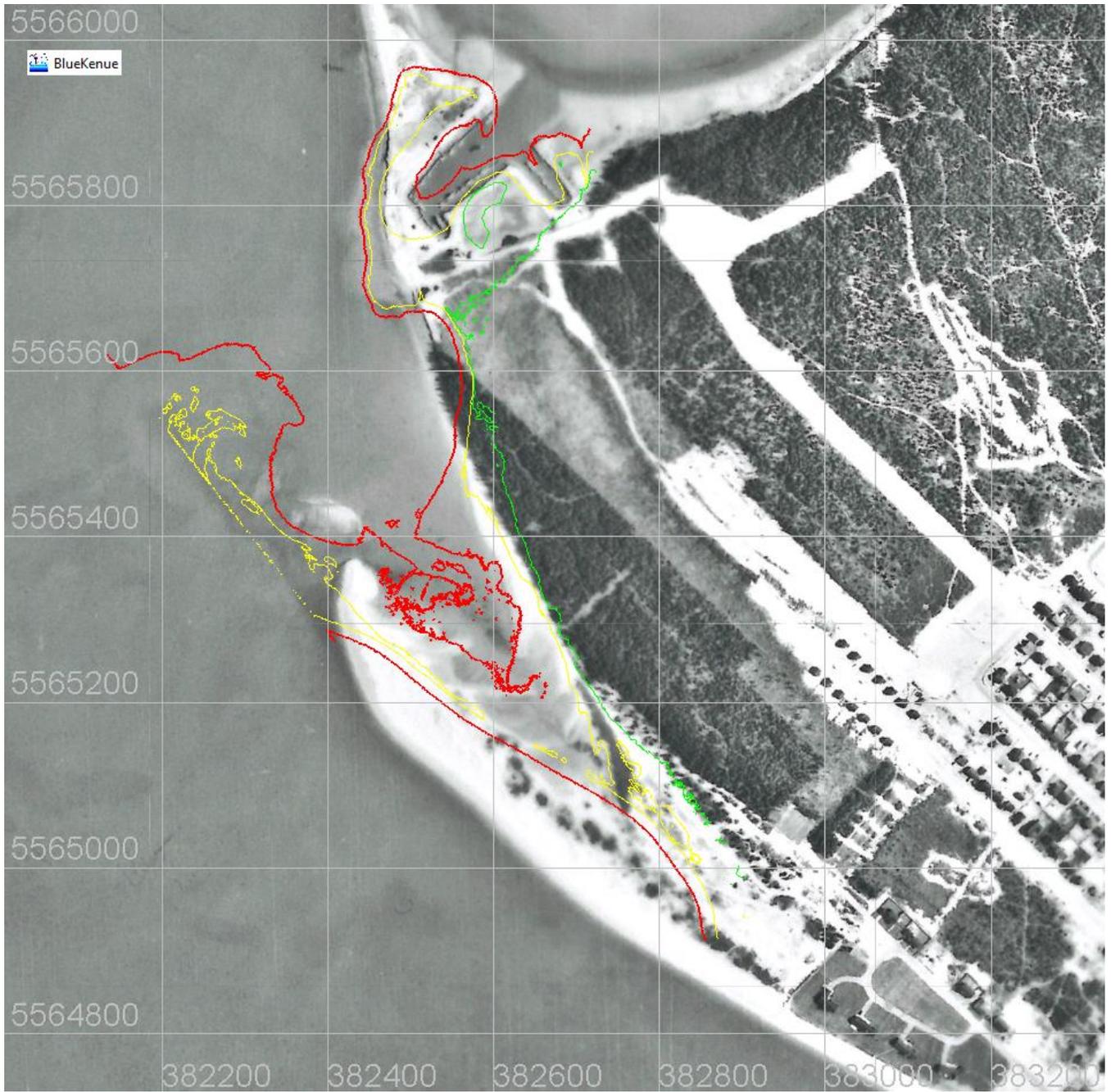


Figure 2.7 Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1965 et des isocontours de 2014



Figure 2.8 Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1976 et des isocontours de 2014

La figure 2.8 présente les isocontours de 2014 sur la photo aérienne de **1976**. La flèche littorale ouest s’est allongée d’environ 200 m depuis 1965 (11 ans). Un marais littoral est en place derrière cette flèche. Le rivage au nord du marais littoral a reculé de l’ordre de 40 m sur 100 m de long depuis 1965. Dans le prolongement de la rue du Vieux-Poste est apparu un émissaire dont l’extrémité est protégée par des enrochements.

La figure 2.9 présente les isocontours de 2014 sur la photo aérienne de 1987. La flèche littorale ouest a progressé d'environ 50 mètres en 11 ans (1976 à 1987). Le marais littoral est bien développé. La largeur de la flèche littorale au nord de la marina a encore diminué. On constate le début d'une érosion significative de la rive au nord de l'émissaire situé dans le prolongement de la rue du Vieux-Poste.



Figure 2.9 Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1987 et des isocontours de 2014



Figure 2.10 Flèche littorale de Uashat – Comparaison de la photo de 1992 et des isocontours de 2014

La figure 2.10 présente les isocontours de 2014 sur la photo aérienne de **1992**. La flèche littorale ouest a pratiquement atteint sa pleine longueur (environ 30 m de plus qu'en 1987). Des enrochements ont été ajoutés le long de la face nord de l'émissaire de la rue du Vieux-Poste pour contrer l'érosion qui s'y produit. Le rivage est encore pratiquement 100 m à l'ouest de sa position en 2014 sur 500 m de long.

2.4 Carte marine historique

La Bibliothèque et Archives nationales du Québec (BANQ) possède une carte marine de la baie des Sept Îles datant de 1831. La figure 2.11 présente cette carte marine. D'après cette carte, une importante flèche littorale prolongeait la rive ouest du territoire de Uashat vers le nord. D'autre part, cette carte indique qu'une grande zone de hauts-fonds débordait la partie nord de la rive ouest du territoire. Ces deux particularités hydro-sédimentaires ont disparu aujourd'hui.

Il existe également une carte marine de 1760 de la baie des Sept-Îles, mais cette carte présente visiblement des distorsions qui la rendent moins intéressante du point de vue hydro-sédimentaire.



Figure 2.11 Carte marine de la baie des Sept-Îles en 1831 (BANQ)

2.5 Photos historiques des rives de Sept-Îles

Des photos historiques des rives de la ville de Sept-Îles ont été récupérées pour illustrer l'impact des enrochements sur les plages qui constituaient ces rives à l'origine.

La photo de la figure 2.12 présente la plage au sud du vieux quai en 1940. La photo de la figure 2.13 présente ce qu'est devenue la plage en 2010 après la mise en place des enrochements.

La photo de la figure 2.14 présente une vue d'ensemble de la plage au sud du vieux quai en 1953. La photo de la figure 2.15 présente ce qu'est devenu ce rivage en 2016 après la mise en place des enrochements.

La photo de la figure 2.16 présente la partie est de la plage Ferguson située au sud de l'aéroport en 2006. La photo de la figure 2.17 présente ce qu'est devenue cette plage avec la mise en place des enrochements. Quelques centaines de mètres séparent ces deux photos.



Figure 2.12 Plage au sud du vieux quai de Sept-Îles en 1940



Figure 2.13 Secteur au sud du vieux quai de Sept-Îles en 2010



Figure 2.28 Rivage de Sept-Îles entre le vieux quai et les installations industrielles en 1953



Figure 2.29 Rivage de Sept-Îles entre le vieux quai et la marina en 2016



Figure 2.16 Plage Ferguson au sud de l'aéroport et à l'est des enrochements en 2006



Figure 2.17 Plage Ferguson au sud de l'aéroport et à l'ouest des enrochements en 2006

La mise en place de protections de berge en enrochements a donc systématiquement fait disparaître les différentes plages de Sept-Îles. Cet effet est tout à fait normal et prévisible, pour peu qu'on fasse l'effort d'analyser la dynamique sédimentaire de ces plages.

Les enrochements ne permettent pas à l'énergie des vagues de se dissiper sur une pente douce par déferlement. Ces enrochements interdisent également l'adaptation dynamique de la partie supérieure de la plage aux vagues de tempête. Les enrochements renvoient vers la plage l'énergie des vagues, énergie qui chasse le sable de la plage (soit vers le large soit latéralement) et la fait progressivement disparaître.

L'autre important effet des enrochements sur la dynamique des plages est de tarir une des sources de sédiments qui entretiennent la plage, soit le haut de plage. Seul reste l'apport latéral de sédiments, lui-même souvent tari par la mise en place d'épis, de quais ou d'autres enrochements.

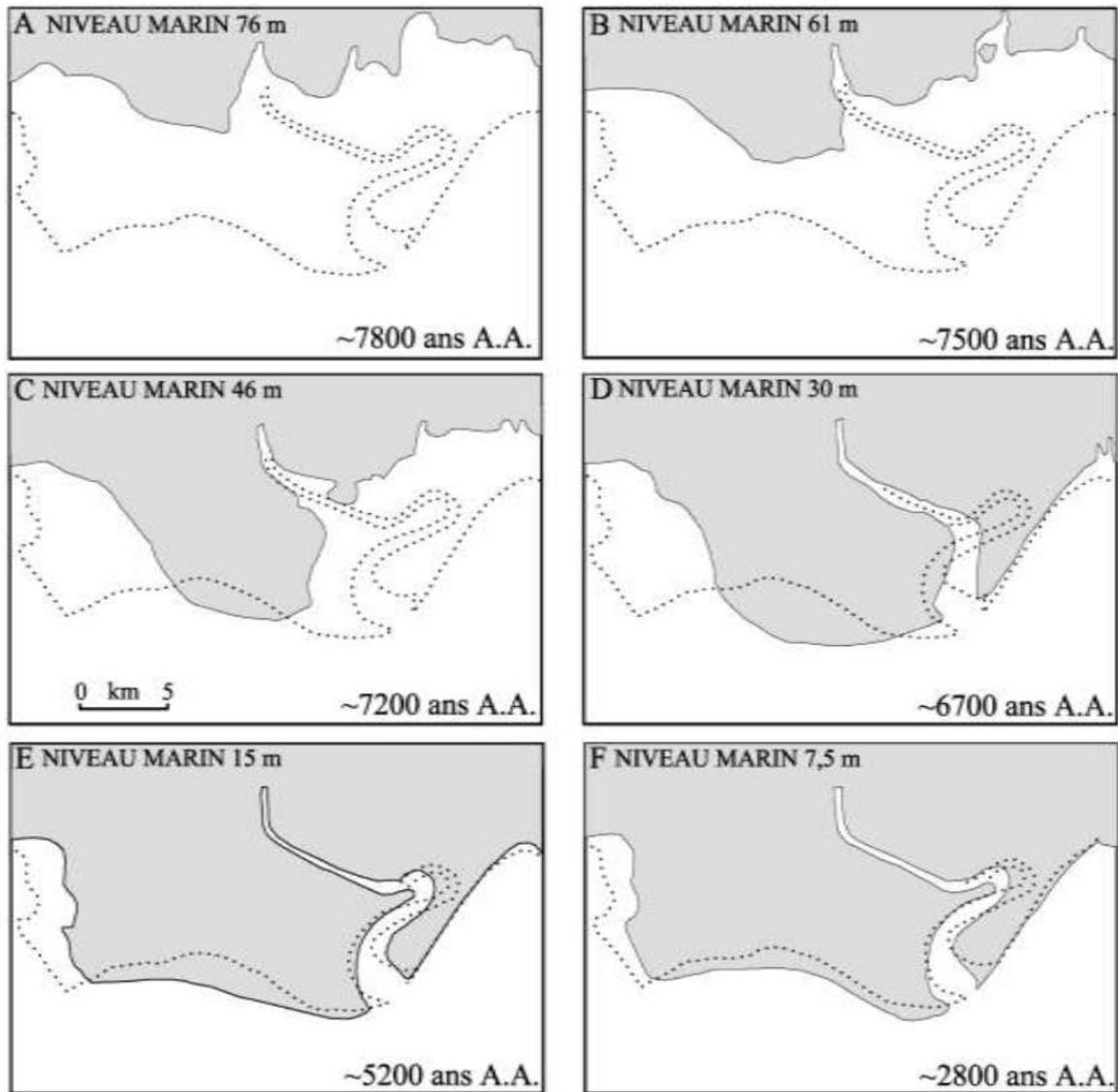
2.6 Analyse des mouvements sédimentaires

Lors d'un colloque organisé en 1999 par la ZIP de la rive nord de l'estuaire et la MRC de Manicouagan, M. Jean-Marie M. Dubois a présenté différentes études faites sur l'évolution du delta de la rivière Moisie au cours des 10 derniers millénaires³. La figure 2.18, tirée de Dubois et Lessard - 1984, présente l'évolution de la géométrie du delta entre 7 800 ans et 2 800 ans B.P. Cette évolution a été profondément marquée par les changements du niveau marin pendant cette période. La figure 2.19 illustre plus précisément l'évolution géologique du littoral qui est à l'étude dans ce rapport.

Le premier paramètre important de cette dynamique littorale à l'ouest de l'embouchure de la rivière Moisie est l'orientation préférentielle du transit sédimentaire de l'est vers l'ouest. Cette particularité a été confirmée par des modélisations hydrodynamiques réalisées par Lasalle|NHC en 2007⁴. Le deuxième élément important est le fait que toute la ville de Sept-Îles est construite sur l'accumulation des sédiments en provenance de l'estuaire de la rivière Moisie. Le territoire dont la protection contre l'érosion des berges est à l'étude dans le présent rapport n'existerait pas si les sédiments en provenance de la rivière Moisie ne l'avait pas bâti il y a quelques milliers d'années. L'ensemble de la zone entre l'embouchure de la rivière Moisie et la rivière du Poste est une seule et unique unité sédimentologique qui a été profondément perturbée en termes de dynamique sédimentaire par les différentes interventions anthropiques.

³ Dubois, J.M., « Dynamique de l'érosion littorale sur la Côte nord du Saint-Laurent », Actes du Colloque sur l'érosion des berges, Février 1999 - https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjbxPe0-uHtAhVtU98KHWgpCJYQFjAGegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fzipnord.qc.ca%2Fdata%2F13-zipnord%2Fressources%2Fdocuments%2Fsys_docs%2Factesregroupsweb.pdf&usg=AOvVaw0uqgkK90TI1Iekkd5hmRmx

⁴ Lasalle|NHC, « Études techniques et d'opportunité sur l'érosion des berges – Ville de Sept-Îles », 2007



Évolution schématique du delta de la rivière Moisie entre 7 800 ans B.P. et 2 800 ans B.P.
 Source : Dubois et Lessard (1984a, p. 15).

Figure 2.18 Évolution morphologique du delta de la rivière Moisie – Dubois et Lessard - 1984

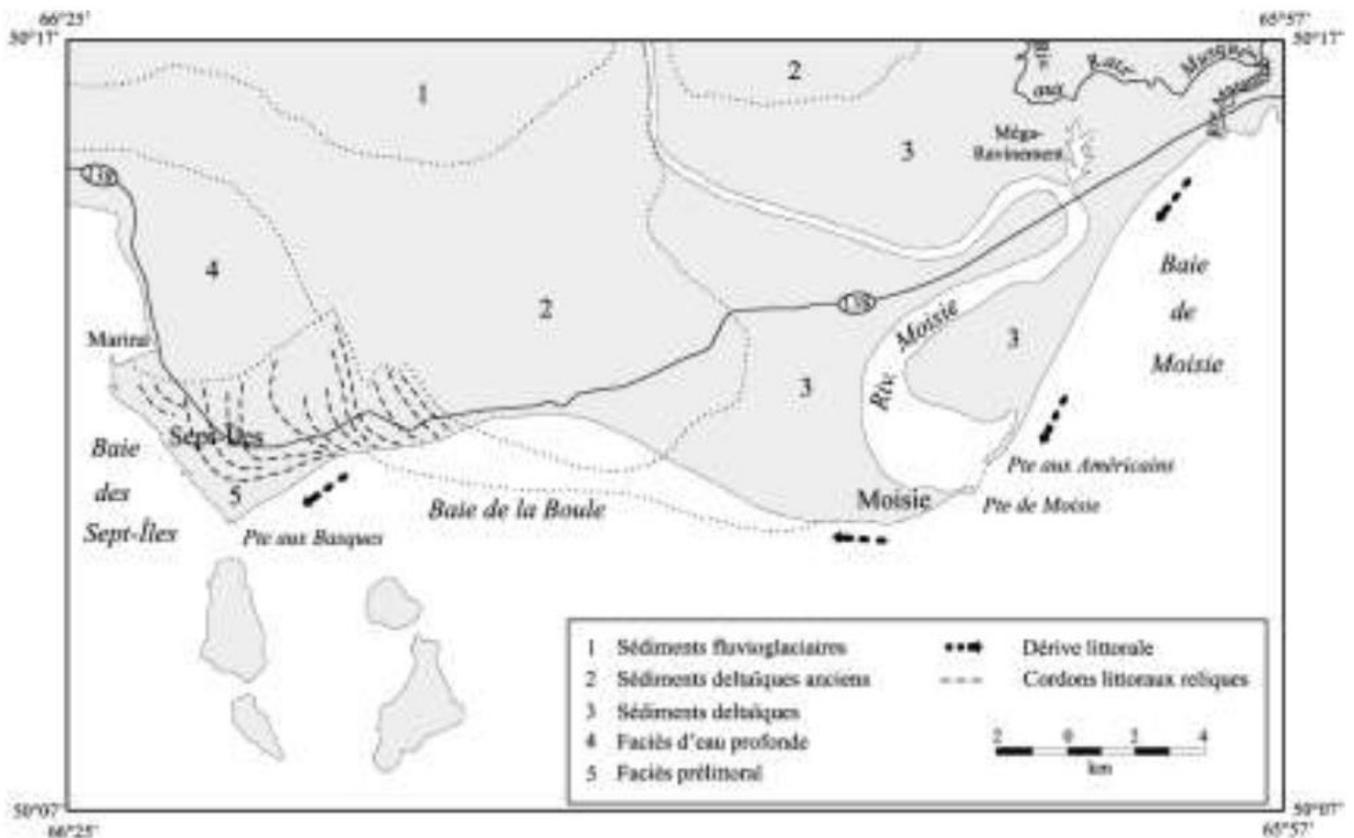


Figure 2.19 Évolution géologique du territoire de Sept-Îles en relation avec les sédiments de la rivière Moisie - Dubois et Lessard - 1984

Dans une perspective plus contemporaine, les différents relevés et les photos historiques indiquent une très grande mobilité des bancs de sable autour du territoire de Uashat. La configuration de ces bancs illustrée par la carte marine de 1831 est complètement différente de leur configuration actuelle. De plus, les photos historiques montrent la disparition progressive de ces formations sableuses. En 1831, ces bancs de sable étaient continuellement alimentés par le sable provenant des plages situées au sud de la future ville de Sept-Îles (elles-mêmes alimentées par les sables sortant de l'embouchure de la rivière Moisie).

La mise en place progressive des infrastructures portuaires de Sept-Îles et des différentes protections de berge en enrochement qui ont suivi a tari ou fortement perturbé ces mouvements de sédiments.

La flèche littorale présente en avant de la face ouest du territoire de Uashat a connu une phase d'expansion et de progression du sud vers le nord entre 1930 et 1990. Depuis cette période, la flèche littorale régresse, surtout au nord de l'émissaire (figure 2.20). Avec une élévation de crête relativement faible, cette flèche est susceptible d'être franchie et coupée lors de prochaines tempêtes. Les marais qui se trouvent entre la rive et la flèche littorale sont en sursis et devraient disparaître ou être sérieusement perturbés d'ici une dizaine d'années. Cette échéance pourrait être précisée par des modélisations hydro-sédimentaires.

2.7 Mouvements sédimentaires prévisibles

Si rien n'est fait, la flèche sableuse à l'ouest du territoire de Uashat (figure 2.20) est vouée à la disparition à moyen ou long terme. La protection qu'elle offre actuellement à la rive ouest de Uashat disparaîtra et l'érosion de cette rive s'accroîtra drastiquement.



Figure 2.20 Points caractéristiques de la flèche littorale de Uashat

3 Niveaux d'eau

3.1 Niveaux d'eau disponibles

La Section des données sur le milieu marin (SDMM) du ministère des Pêches et Océans Canada (MPO) met à la disposition du public les niveaux d'eau enregistrés à ses stations sur Internet⁵. Une station de la SDMM est située à Sept-Îles (quai de la Pointe aux Basques), soit la station N° 2780 pour laquelle des données horaires sont disponibles de 1972 à 2020 (environ 385 500 valeurs horaires),

Le SHC⁶ donne en 2015 une différence de 1,445 m entre le Zéro des cartes marines (ZC) et le Niveau moyen des mers (NMM-CGVD28) pour Sept-Îles, le ZC se situant sous le NMM à Sept-Îles.

La figure 3.1 présente la courbe de fréquence de dépassement des niveaux d'eau hauts à Sept-Îles (données horaires de 1972 à 2020). Selon cette information, le niveau d'eau dépassé une heure par 50 ans serait de +2,8 m NMM.

La figure 3.2 présente l'analyse statistique des maximums annuels sur la même période. Les résultats sont très similaires avec les deux méthodes statistiques pour la période de retour de 50 ans (+2,77 m versus +2,81 m NMM).

3.2 Influence des changements climatiques et de la remontée isostatique

Les prévisions de hausse du niveau moyen des océans⁷ du GIEC⁸ et les calculs de remontée de la croûte terrestre de NRCan⁹ ont été utilisés pour définir plus précisément les niveaux d'eau extrêmes à long terme.

Le taux de remontée de la croûte terrestre à Sept-Îles fourni par NRCan est de 3,59 mm/an.

⁵ <http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/twl-mne/maps-cartes/inventory-inventaire-fra.asp>

⁶ Service hydrographique du Canada, MPO

⁷ IPCC – Special report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate – Chapter 4: Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities (<https://www.ipcc.ch/srocc/download-report/>)

⁸ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (IPCC en Anglais)

⁹ <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/trx.php>

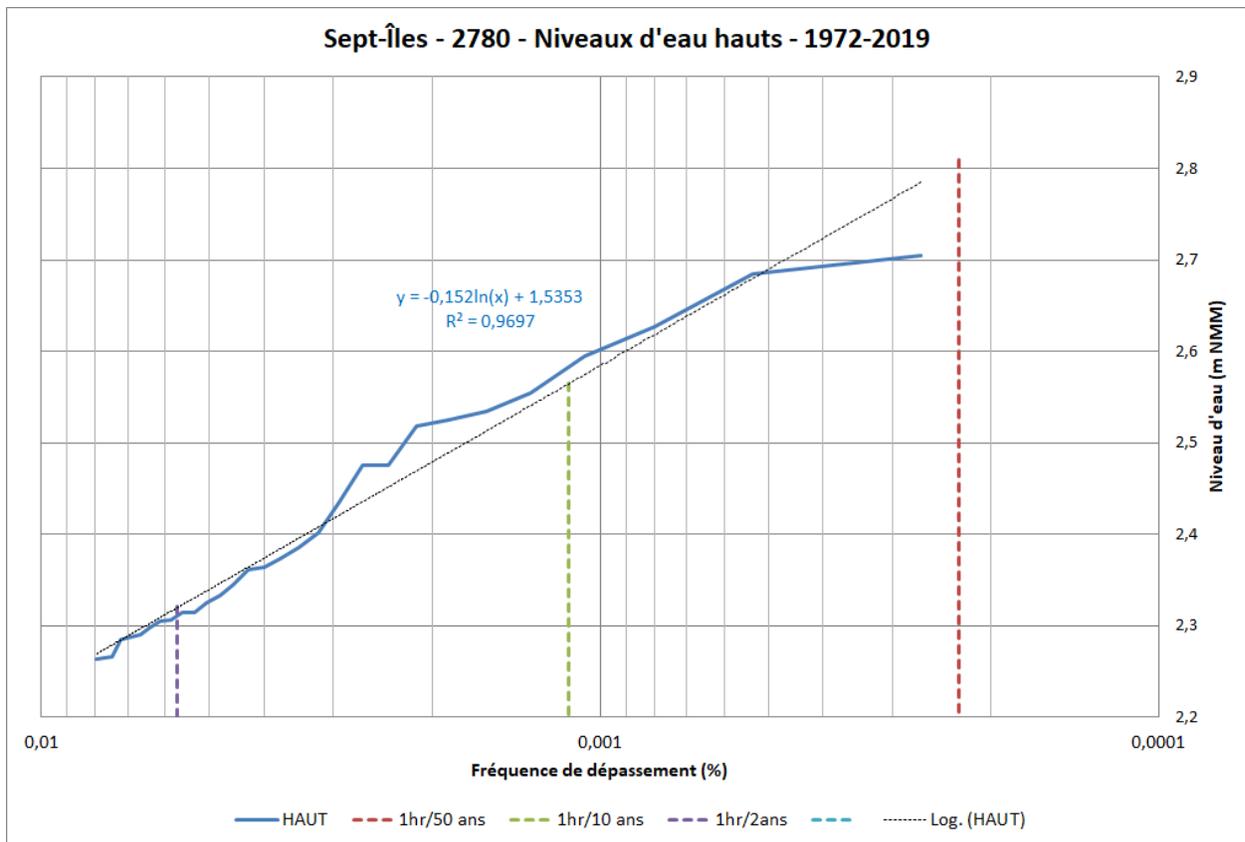


Figure 3.1 Sept-Îles – Fréquence de dépassement des niveaux d'eau horaires extrêmes hauts

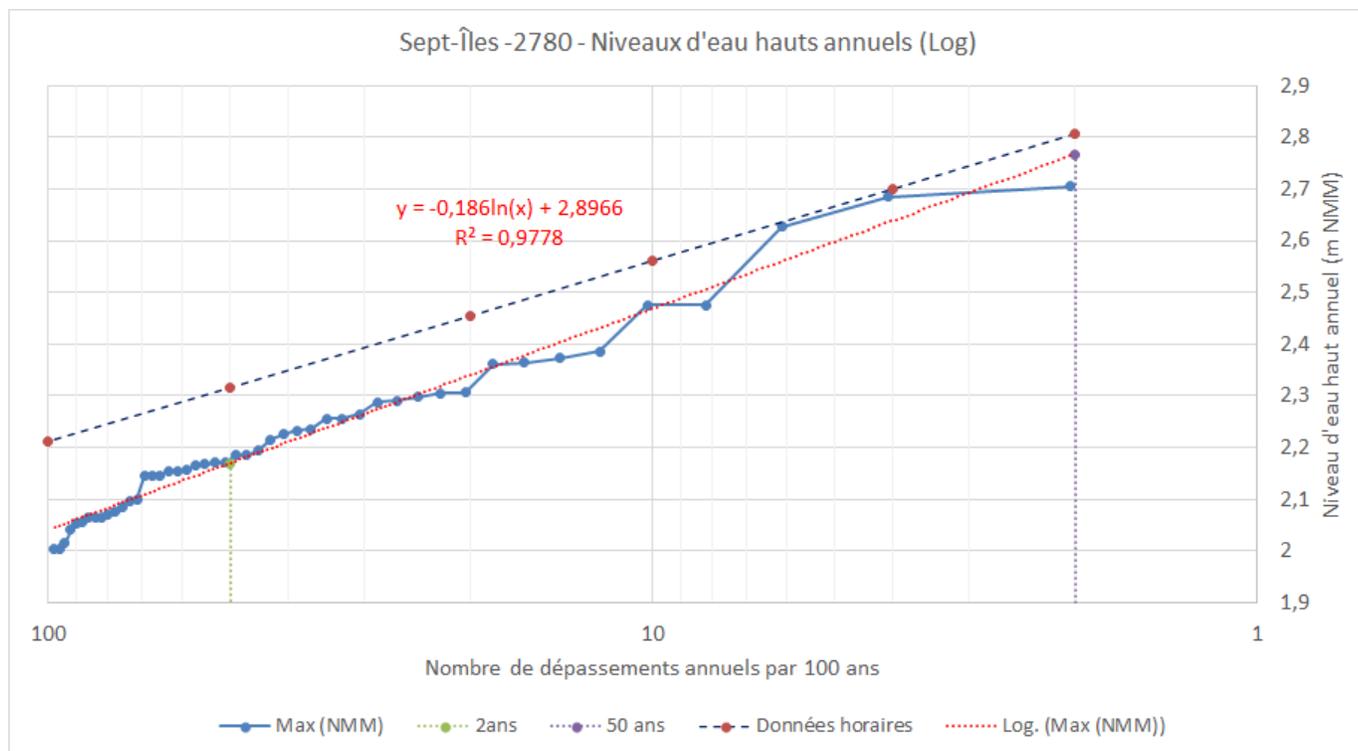


Figure 3.2 Sept-Îles – Récurrence des niveaux d'eau annuels extrêmes hauts

Une application des données fournies par le GIEC en 2019¹⁰ indique que le niveau d'eau moyen des océans devrait augmenter de 0,34 m dans 50 ans.

Cette augmentation du niveau moyen des océans est limitée dans la région de Sept-Îles par la remontée isostatique (0,18 m en 50 ans) pour résulter en une **augmentation effective prévue des niveaux d'eau de 16 cm dans 50 ans**.

3.3 Recommandations de niveaux d'eau en termes d'ouvrages côtiers

Ces informations ont été utilisées pour définir les niveaux d'eau à prendre en compte pour la conception des ouvrages côtiers dans la région de Sept-Îles. Cette analyse a permis de définir les niveaux caractéristiques suivants :

¹⁰ "Future rise in global mean sea level caused by thermal expansion, melting of glaciers and ice sheets, and land water storage changes, is strongly dependent on which RCP emission scenario is followed. Sea level rise at the end of the century is projected to be faster under all scenarios, including those compatible with achieving the long-term temperature goal set out in the Paris Agreement. GMSL will rise between 0.43 m (0.29–0.59 m, likely range) (RCP2.6) and 0.84 m (0.61–1.10 m, likely range) (RCP8.5) by 2100 (medium confidence) relative to 1986-2005".

- Extrême de niveau haut (1 h / 50 ans) avec CC¹¹ : +2,97 m NMM
- Extrême de niveau haut (1 h / 50 ans) sans CC : +2,81 m NMM
- Extrême de niveau haut (1 h / 10 ans) : +2,56 m NMM
- Extrême de niveau haut (1 h / 2 ans) : +2,32 m NMM
- Pleine Mer Supérieure de Grande Marée (**PMSGM**) **+1,97 m NMM**

La limite des hautes eaux (L.H.E.) utilise plutôt la notion de « limite des inondations de récurrence de 2 ans » tel qu'indiqué dans le chapitre 3 – Section 2.1 de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. Selon cette information, il faut donc retenir pour la **L.H.E.** l'élévation de **+2,17 m MMM**, élévation obtenue par l'analyse des niveaux d'eau extrêmes annuels (figure 3.2).

¹¹ Changements climatiques + relèvement isostatique

4 Vagues

4.1 Vagues au large de la flèche littorale

La génération des vagues à partir des données météorologiques des stations d'Environnement Canada (EC) à l'aéroport de Sept-Îles n'est pas très efficace pour établir une prévision fiable des vagues qui atteignent la rive ouest de la communauté de Uashat Mak Mani-Utenam.

Dans le but d'avoir une idée de la vulnérabilité de la flèche littorale de Uashat à la submersion par les vagues de tempête, les modélisations de type Wave Watch III¹² (WW3) de vagues faites par l'UQAR dans le Golfe du Saint-Laurent ont été utilisées, en plus de la génération des vagues dans la baie à partir des vents de l'aéroport (GENER). La figure 4.1 indique la position des différents points de génération des vagues dans la baie des Sept Îles.

La position du point SI1 (génération des vagues dans la baie) maximise les fetchs du secteur ouest, le secteur duquel proviendraient les vagues les plus dangereuses pour la flèche littorale. La génération des vagues dans la Baie des Sept-Îles a été faite à partir des vents de l'aéroport (entre 1978 et 2019, sur l'année entière / pas de prise en compte des glaces) et des fetchs obtenus à partir du point SI1. Les vitesses de vent de l'aéroport ont été conservées sans modification.

Les points SI2 et SI3 sont les points les plus proches du secteur à l'étude dans la série de points fournis par l'UQAR qui opère le modèle WaveWatch-III sur le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent (WW3 – 1980 à 2015). Ce modèle a l'avantage d'utiliser un champ de vent (et non une donnée ponctuelle de vent appliquée sur l'ensemble du domaine de génération des vagues). De plus, les résultats de cette modélisation de l'UQAR ont été validés par rapport à des enregistrements de vagues faits dans l'estuaire et le Golfe. La présence des glaces est prise en compte dans la modélisation de l'UQAR.

La figure 4.2 illustre sur la carte marine #1220 la position des points au large de la rive ouest pour lesquels les données de vagues du modèle ont été analysées. Les coordonnées des points sont :

- SI1 (GENER) : 50,21276 N / 66,41894 W (par 2 m de profondeur)
- SI2 (UQAR) : 50,21 N / 66,425 W (par 5 m de profondeur)
- SI3 (UQAR): 50,23 N / 66,41 W (par 12 m de profondeur)

¹² <https://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>

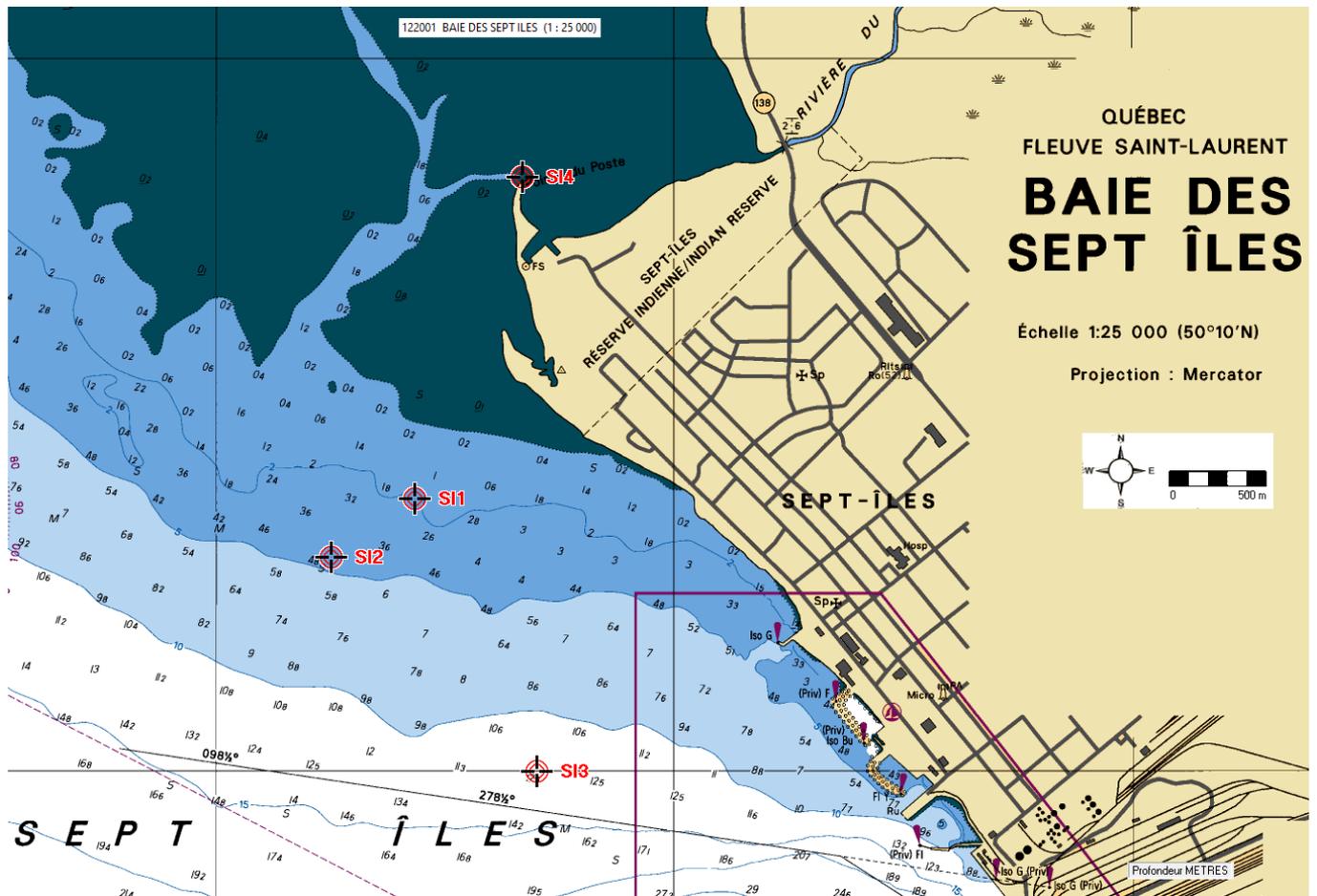


Figure 4.2 Baie des Sept-Îles – Position des points de génération des vagues

4.2 Direction des vents et des vagues

Les différentes informations de vagues ont été comparées.

La figure 4.3 présente la rose de vent (aéroport de Sept-Îles) de 1978 à 2019 (année entière). Cette rose est dominée par les vents du secteur Est, suivis par les vents du secteur Nord. Les vents du secteur Sud sont rares et faibles.

La figure 4.4 présente la rose des vagues (point SI1) modélisées à partir des vents de l'aéroport pour la rive ouest. Compte tenu des fetchs (plus grands dans les directions sud-ouest à nord-ouest), ce sont les vagues du nord-ouest qui dominent cette rose, suivis par les vagues du nord.

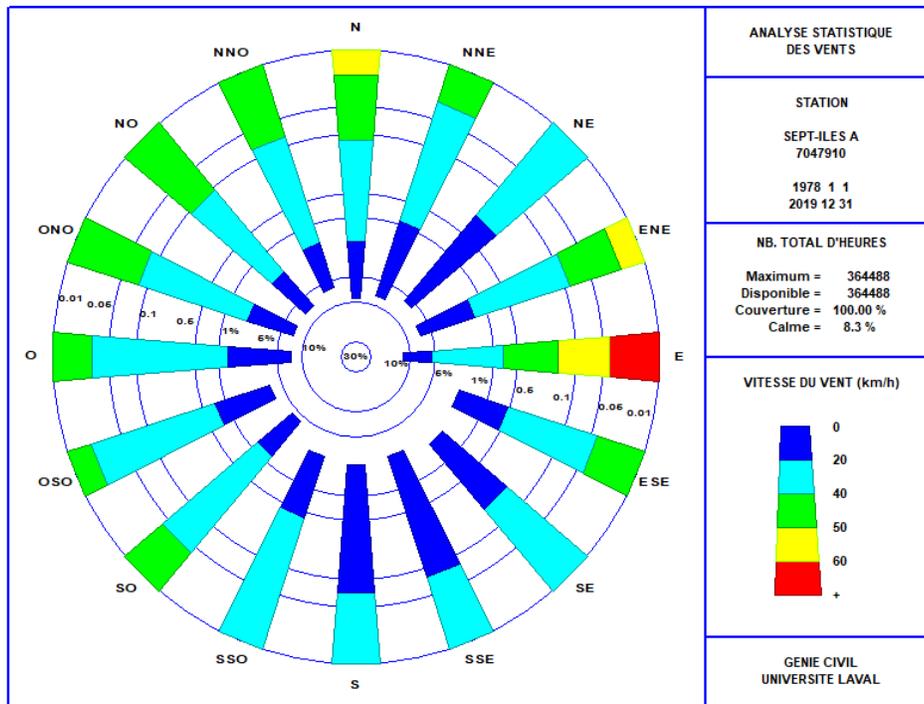


Figure 4.3 Aéroport de Sept-Îles – Rose des vents (1978 à 2019 – Année complète)

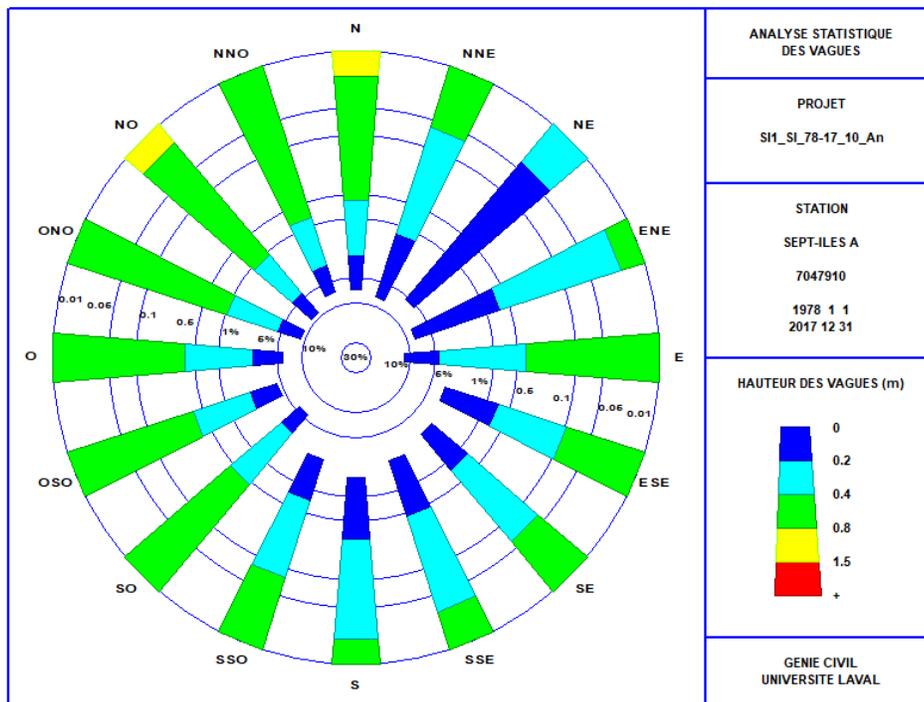


Figure 4.4 Baie des Sept Îles – Point de génération des vagues SI1 (rive ouest) – Rose des vagues générées à partir des vents de l'aéroport (année complète)

4.3 Hauteurs des vagues – Flèche littorale

Les figures 4.5 et 4.6 illustrent la relation entre les hauteurs de vagues et les directions des vagues des séries fournies par l’UQAR (WW3). Pour les deux points SI2 et SI3, les vagues les plus fortes et les plus fréquentes proviennent systématiquement du secteur Sud-Est (135 degrés), soit la direction de l’entrée de la Baie des Sept-Îles. Il s’agit donc de vagues générées au large de Sept-Îles qui pénètrent dans la baie.

Les vagues générées par l’UQAR dans la baie, soit celles des secteurs Sud-Ouest à Nord-Ouest, sont moins importantes, tant en fréquence qu’en hauteur, que les vagues générées à l’aide des vents de l’aéroport.

La figure 4.7 illustre la comparaison des fréquences de dépassement des hauteurs de vagues aux points SI1 (GENER), SI2 et SI3 (UQAR). La génération de vagues utilisant les vents de l’aéroport mais excluant l’influence des glaces donne de plus hautes vagues que la modélisation WW3 de l’UQAR qui tient compte des vagues de l’extérieur de la baie mais aussi de la présence des glaces. Si la tendance au réchauffement se maintient, il faut s’attendre à ce que la glace empêche de moins en moins les vagues d’atteindre la rive. Les résultats de la modélisation de l’UQAR donneraient donc des hauteurs de vagues inférieures à celles qui pourraient être observées lors de futures tempêtes hivernales.

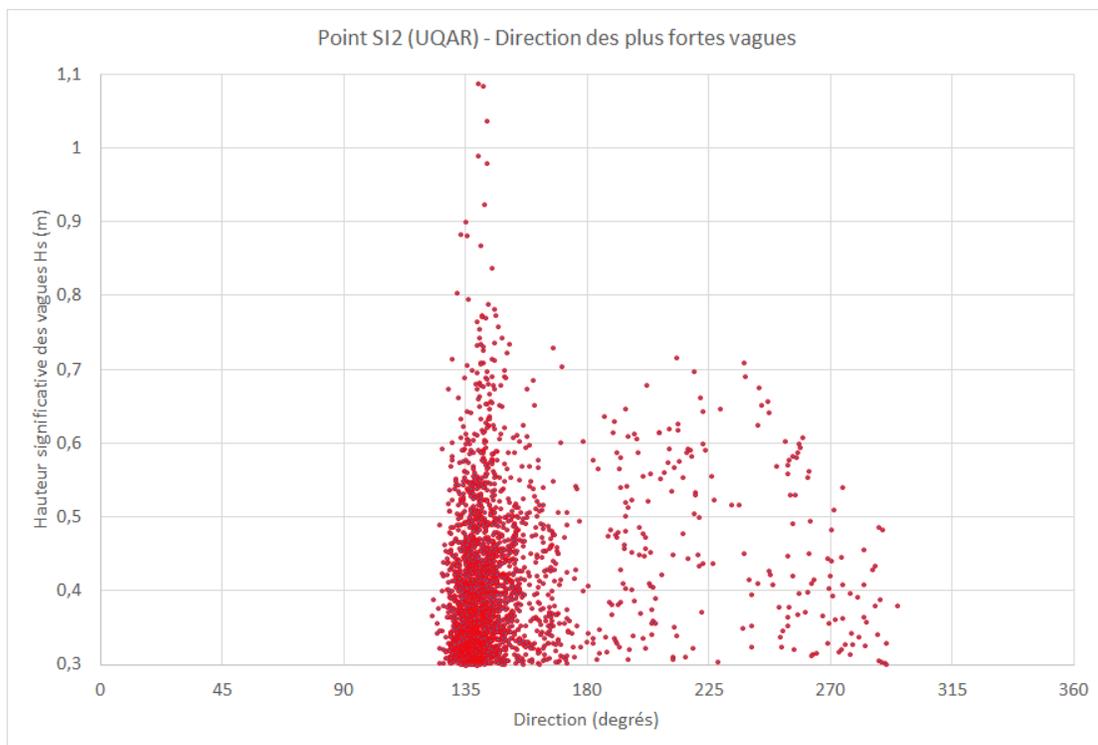


Figure 4.5 Point de génération des vagues SI2 (UQAR) – Relation entre la hauteur et la direction des vagues

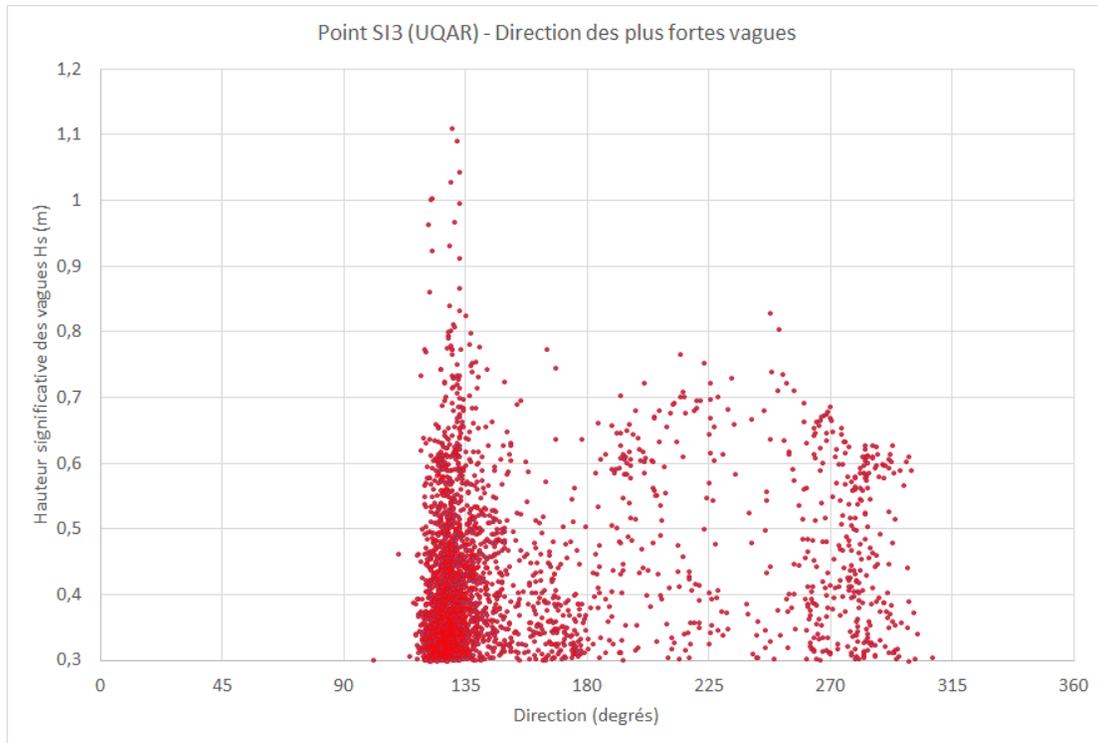


Figure 4.6 Point de génération des vagues SI3 (UQAR) – Relation entre la hauteur et la direction des vagues

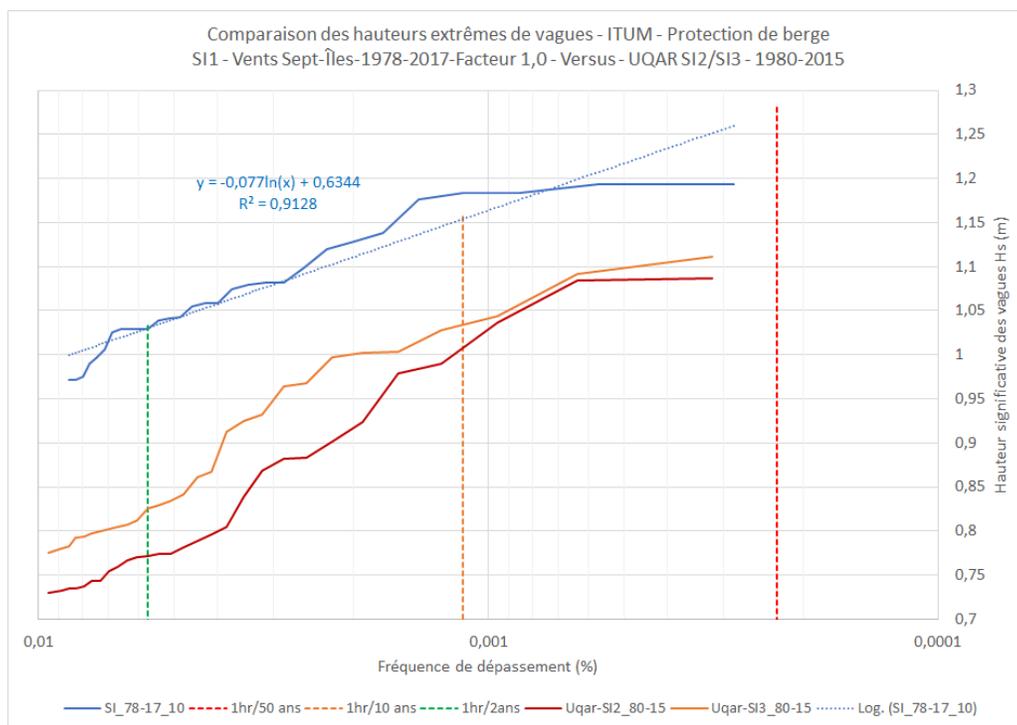


Figure 4.7 Comparaison des fréquences de dépassement des hauteurs de vagues des points SI1 (GENER – rive ouest), SI2 et SI3 (UQAR) – 30 plus hautes vagues

Compte tenu de la meilleure représentativité des vagues extraites des modélisations de l'UQAR, la série de vagues du point SI3 serait recommandée, mais en tenant compte d'une possible sous-estimation de la hauteur des vagues.

Il est recommandé de retenir la **hauteur significative Hs** de **1,2 m** obtenue avec les données de vent de l'aéroport comme hauteur de conception de la submersion de la flèche littorale pour une **période de retour de 50 ans**.

5 Topographie

5.1 Données disponibles

Différents relevés topographiques sont disponibles dans la zone à l'étude.

Le relevé LiDAR de 2014 a été récupéré auprès du MSP. La grille sur laquelle étaient disponibles les données de ce LiDAR est de 50 cm.

Un autre relevé topographique de la flèche littorale a été réalisé par l'UQAR en 2020.

Les relevés de 2014 et 2020 ont servi à créer des modèles numériques de terrain à partir desquels ont été extraits des transects qui ont été utilisés pour le dimensionnement précis de la recharge de la flèche littorale de Uashat.

5.2 Modèles numériques de terrain

La figure 5.1 présente le modèle numérique de terrain extrait des données recueillies par l'UQAR en 2020. Cette figure est centrée sur la zone de la flèche littorale sur laquelle la ZIP projette de faire la recharge de plage.

Cette figure met en lumière le fait qu'une grande partie de la crête de la zone critique de la flèche littorale se retrouve sous l'élévation +2,0 m, soit l'élévation de la PMSGM (+1,97 m). Ce niveau d'eau est dépassé en moyenne 8 heures par année à Sept-Îles, d'après les relevés de niveau d'eau faits à la station de mesures du SHC.

Un modèle numérique de terrain a été extrait des données LiDAR de 2014. La figure 5.2 présente le déplacement de l'isobathe +1,0 m entre 2014 et 2020, sur fond de la photo aérienne de 2016. Ce déplacement a atteint jusqu'à 16 m, soit 2,7 m/an, ce qui correspond assez bien aux données présentées par l'UQAR (voir chapitre 2.1).

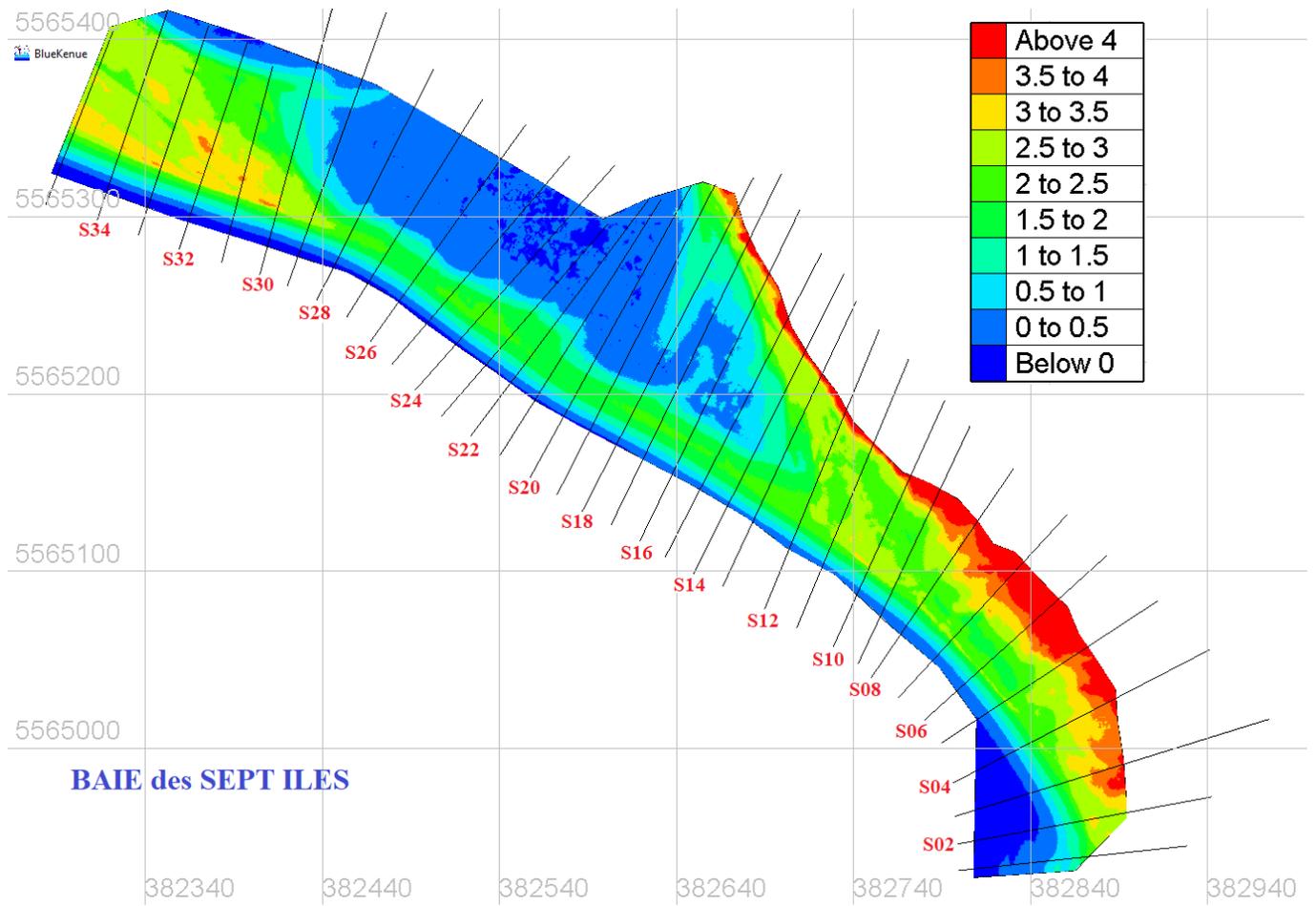


Figure 5.1 Modèle numérique de terrain (UQAR-2020) et localisation des transects

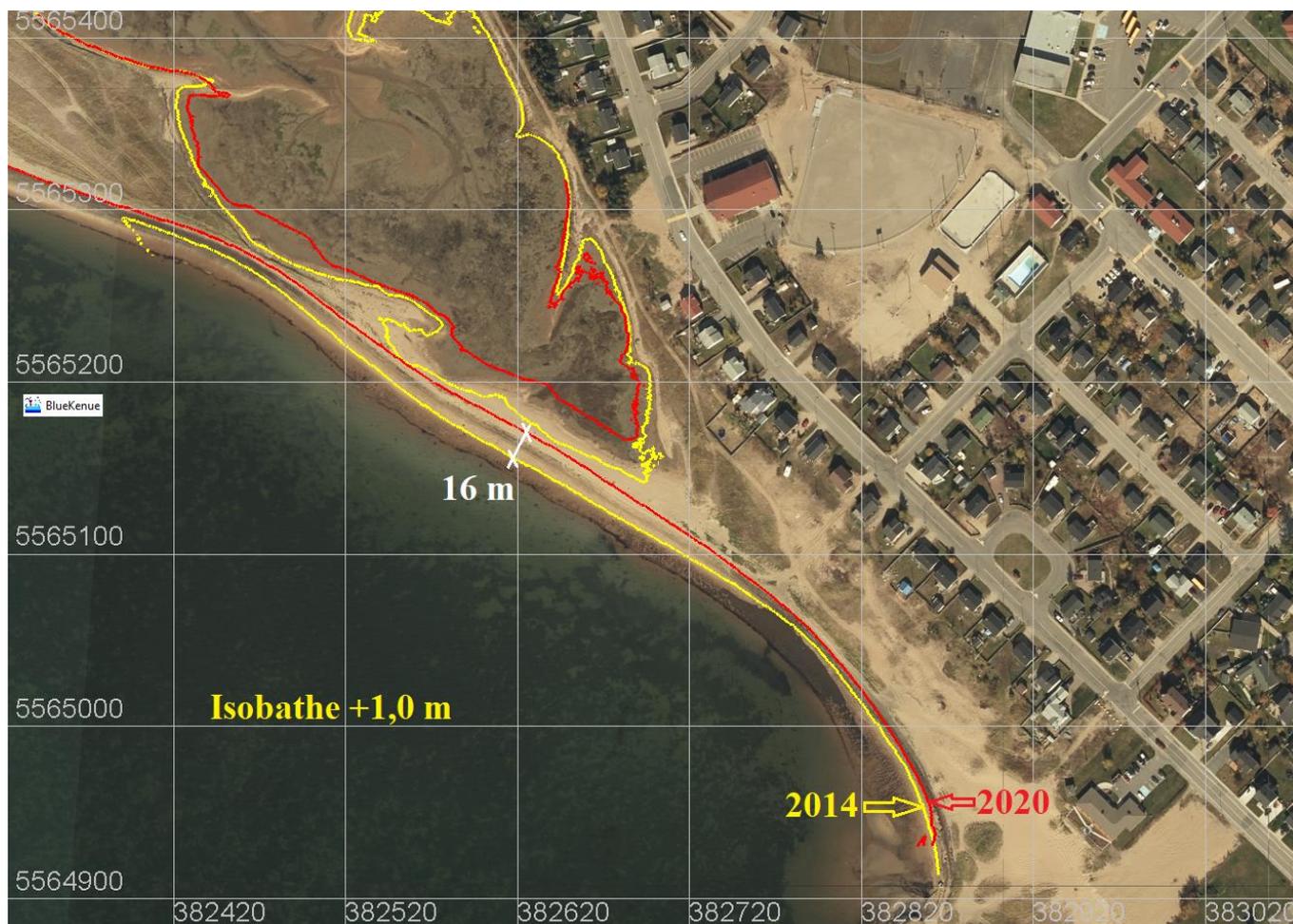


Figure 5.2 Comparaison de la position de l'isobathe +1,0 m - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

5.3 Transects

Les figures 5.3 à 5.7 présentent la position de la flèche littorale selon les relevés de 2014 (ligne pointillée bleue) et 2020 (ligne pleine marron) au droit des transects S14, S18, S21, S24 et S27. La position des transects est indiquée sur la figure 5.1.

Ces figures permettent de visualiser les modifications d'élévation et de forme de la flèche littorale qui se sont produites entre 2014 et 2020 dans la zone où cette flèche littorale est la plus affectée par la submersion.

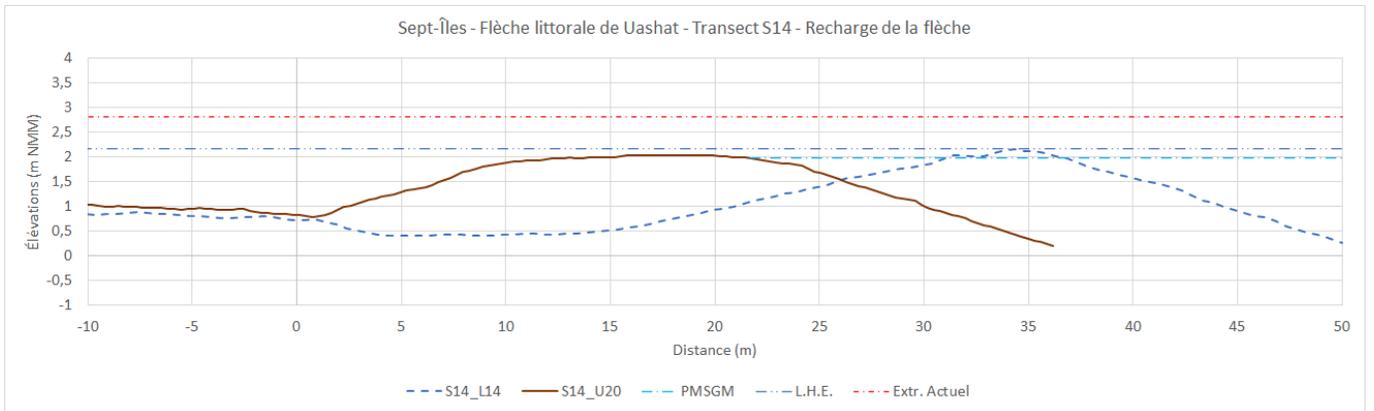


Figure 5.3 Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S14 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

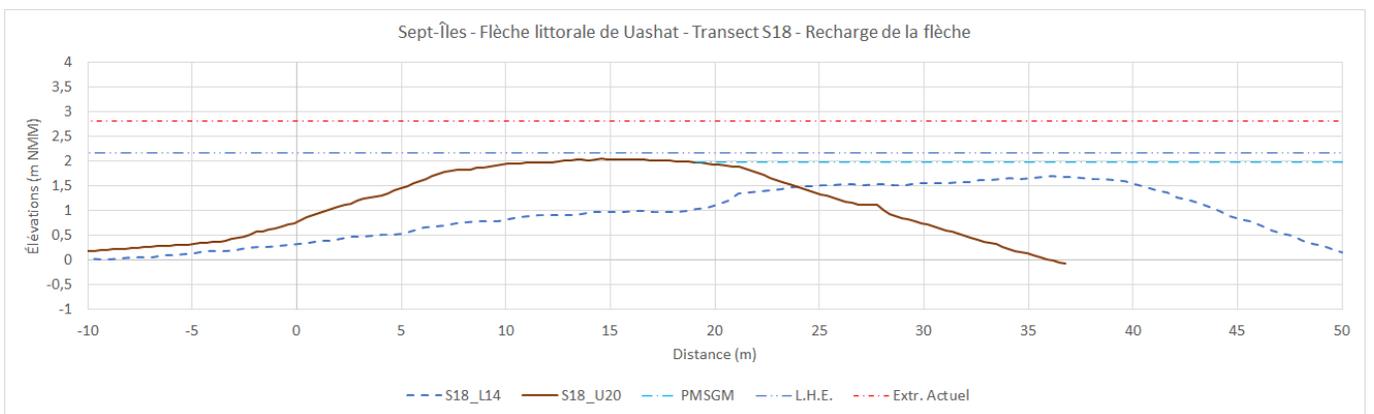


Figure 5.4 Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S18 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

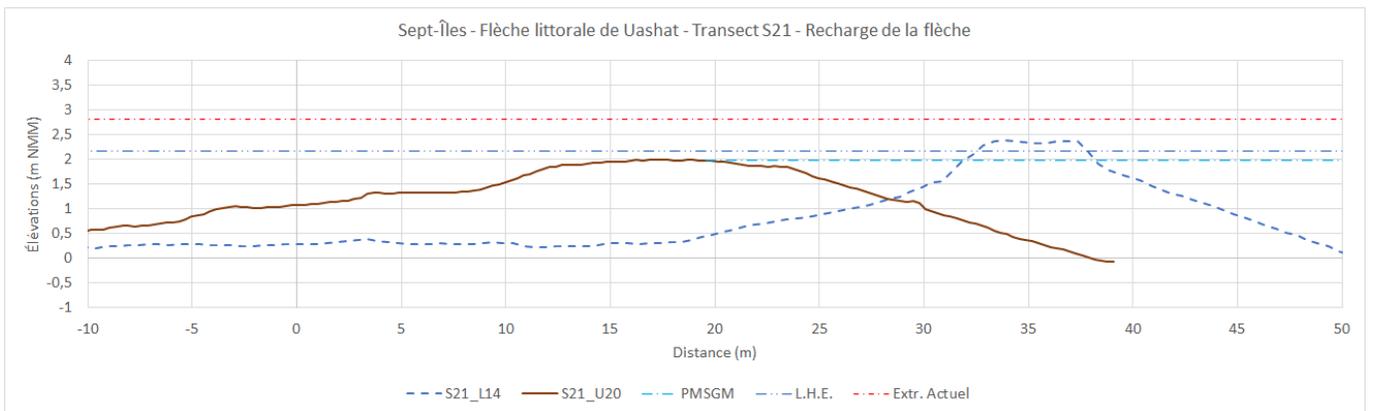


Figure 5.5 Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S21 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

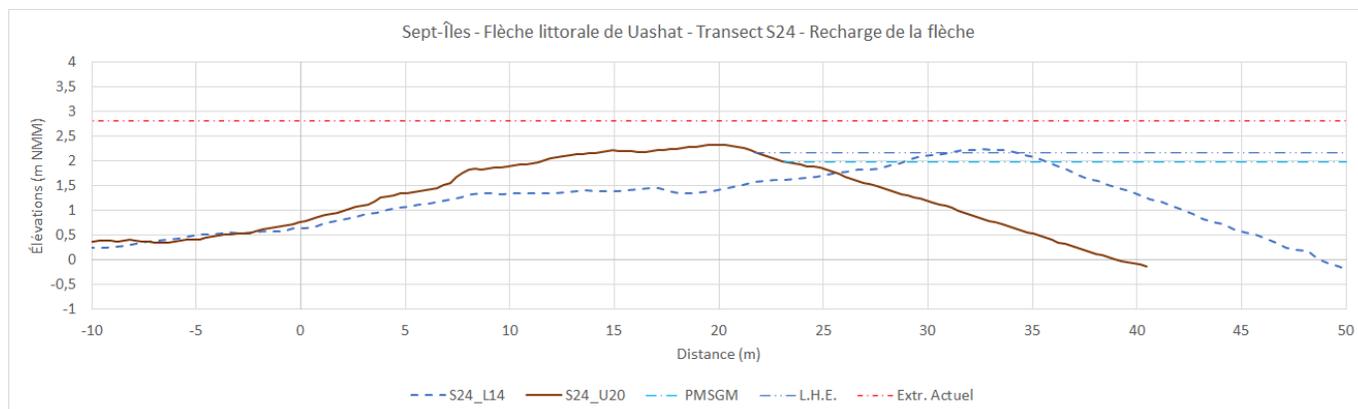


Figure 5.6 Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S24 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

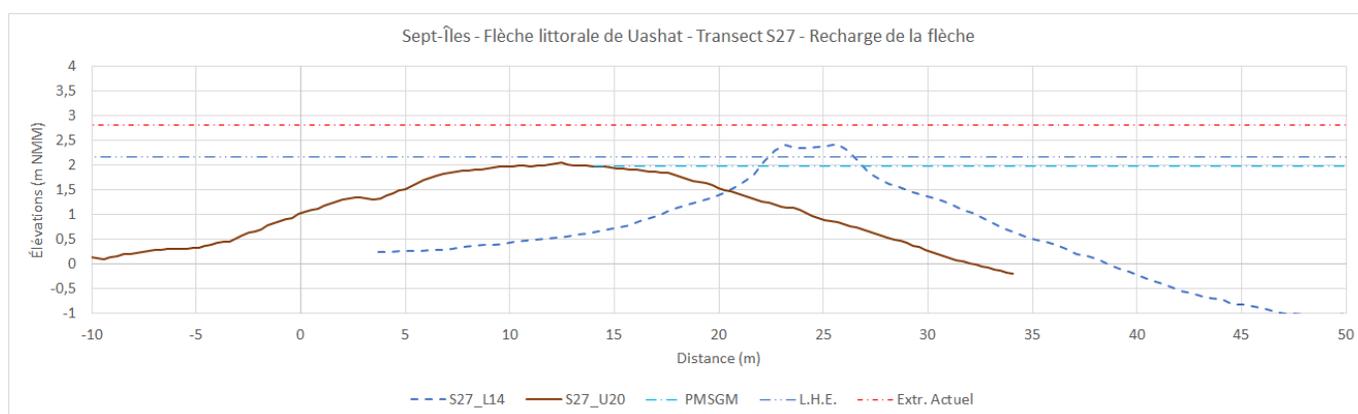


Figure 5.7 Comparaison de la position de la flèche littorale au transect S27 - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

5.4 Élévation de la crête de la flèche littorale

Une évaluation de la crête de la flèche littorale a été faite à partir des relevés de 2014 et 2020. La figure 5.8 présente le résultat de cette évaluation. La crête de 2014 est en ligne pointillée brune et la crête de 2020 est en ligne pleine bleue.

La zone au sud du transect 8 n'a pas évolué en termes d'élévation de crête entre 2014 et 2020.

À partir du transect 11, la crête de la flèche commence à diminuer de largeur (voir figures 5.3 à 5.7) avec la présence du marais maritime.

À partir du transect 29, on se trouve sur la partie plus large de la flèche littorale, avec une élévation et une largeur de crête suffisante pour limiter drastiquement les effets du franchissement des vagues.

La **zone critique** de la flèche littorale se situe **entre les transects 11 et 29**, là où son élévation et sa largeur de crête sont minimales. Ceci définit la zone d'intervention prioritaire recommandée pour la recharge de la flèche littorale de Uashat.

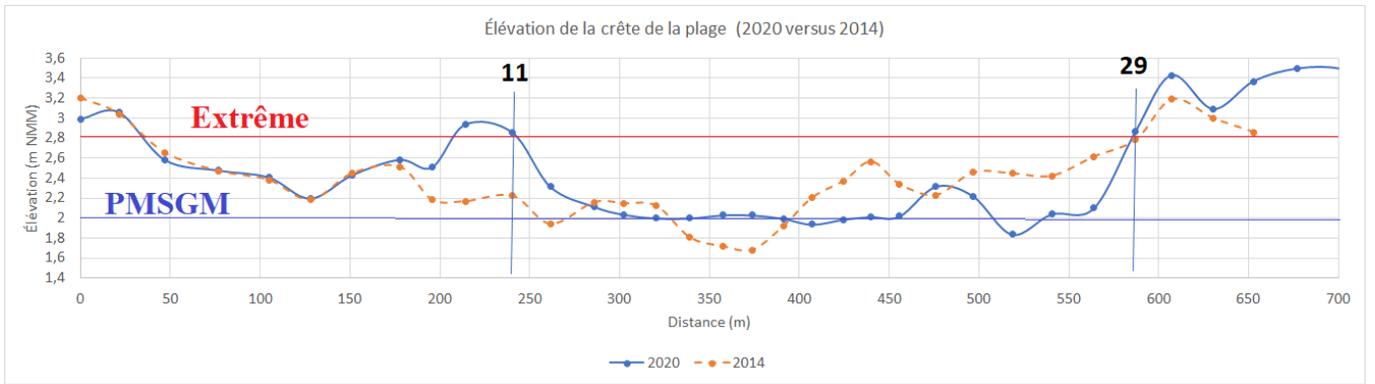


Figure 5.8 Élévation de la crête de la flèche littorale - UQAR-2020 versus LiDAR-2014

6 Recharge de la flèche littorale

6.1 Recherche de matériaux disponibles dans la région

Une recherche de matériaux granulaires susceptibles de convenir pour un projet de recharge de la flèche littorale de Uashat a été faite dans la région. Trois sources potentielles de matériaux ont été identifiées et des analyses granulométriques ont été obtenues.

Les sources de matériaux granulaires sont :

- Sablière Location de l'Anse (1 échantillon – 2017-SG-039),
- Sablière Sept-Îles – Lafarge (4 échantillons – numéros à 10 chiffres),
- Sablière du Lac Daigle (1 échantillon – LD-1).

La figure 6.1 présente les courbes granulométriques de ces échantillons de sables.

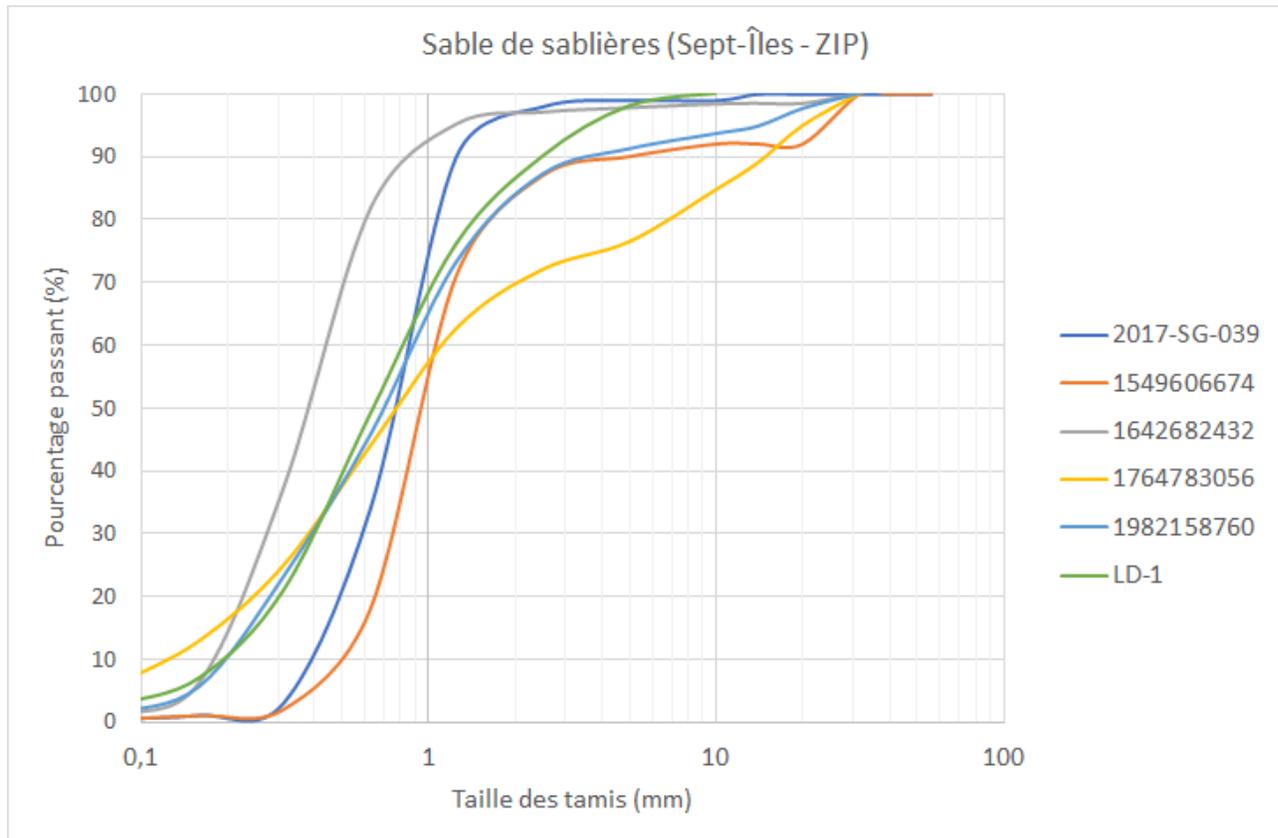


Figure 6.1 Analyses granulométriques des matériaux de sablières à Sept-Îles

À part un échantillon de la sablière de Lafarge, le diamètre médian D_{50} des matériaux disponibles varie de 0,6 à 1 mm, ce qui correspond à un sable moyen avec un peu de gravier.

6.2 Granulométrie des matériaux en place

Trois échantillons de matériaux granulaires en place sur la flèche littorale ont été prélevés et analysés en juin 2020. La figure 6.2 illustre les courbes granulométriques obtenues avec les échantillons prélevés sur la flèche littorale.

À part l'échantillon prélevé en haut de plage (4HE), les échantillons prélevés dans la zone de la plage soumise aux vagues (4ME et 4BE) se caractérisent par un diamètre médian D_{50} d'environ 0,9 à 1,0 mm, ce qui correspond à un sable moyen, avec un peu de gravier.

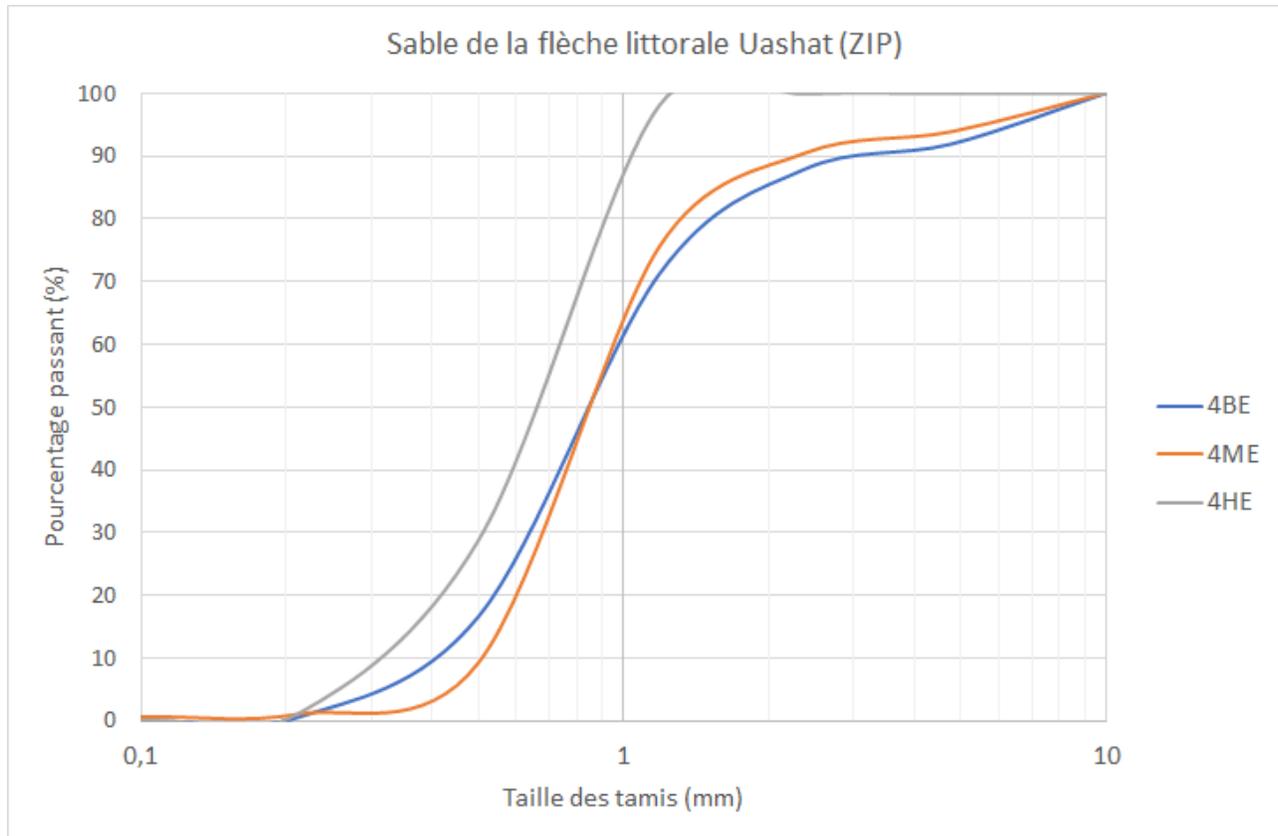


Figure 6.2 Courbes granulométriques des sédiments prélevés sur la flèche littorale de Uashat

6.3 Granulométrie des matériaux de recharge de plage

Le fuseau granulométrique proposé pour la recharge de la flèche littorale de Uashat est illustré sur la figure 6.3 et le tableau 6.1 donne les valeurs numériques de ce fuseau granulométrique. Ce fuseau devrait permettre d'accepter la plupart des matériaux des sablières de la région de Sept-Îles sans traitement particulier comme du tamisage et/ou du lavage. Ce choix est essentiellement un choix économique (contraintes budgétaires). Le choix d'un matériau plus grossier aurait permis d'obtenir une recharge plus stable dans le temps. Par contre, la nécessité de tamiser le matériel aurait fait diminuer les quantités disponibles pour les travaux.

Tableau 6.1 Valeurs numériques du fuseau granulométrique proposé ($D_{50} = 1 \text{ mm}$)

Tamis	Exigences ($D_{50}=10\text{mm}$)	
	Max	Min
40	100	100
31,5	100	96
20	100	92
14	100	89
10	100	86
5	100	80
2,5	100	70
1,25	92	50
0,63	48	16
0,315	25	0
0,16	8	0
0,08	1,5	0

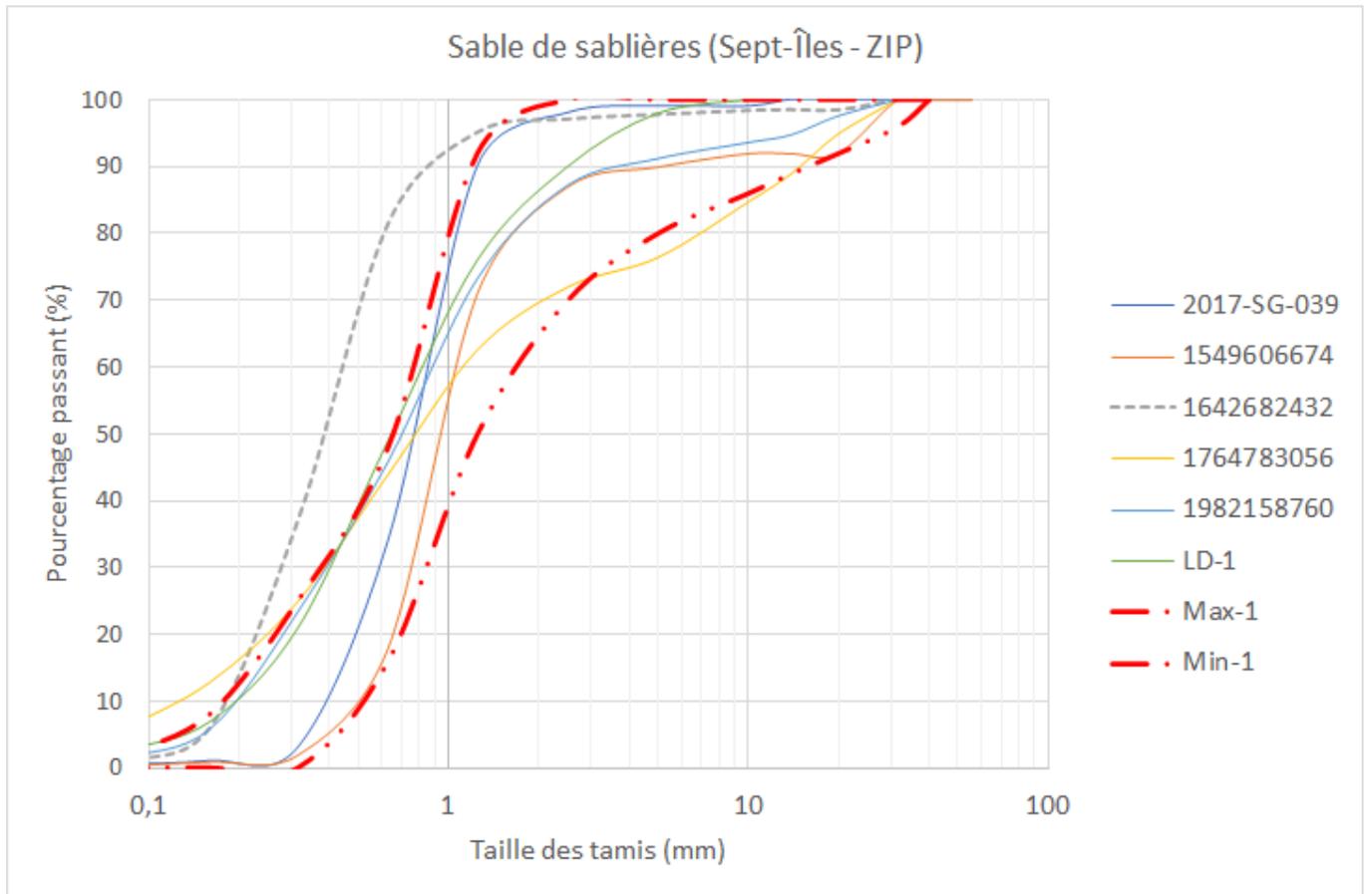


Figure 6.3 Fuseau granulométrique proposé pour la recharge de la flèche littorale de Uashat

6.4 Remontée des vagues sur une plage

Le calcul de la remontée des vagues est complexe. Afin de s'assurer de ne pas sous-évaluer cette remontée en utilisant une méthode en particulier, plusieurs sources d'information ont été consultées.

La remontée maximale (R_{\max}) des vagues sur une plage à Sept-Îles a été calculée à l'aide des équations paramétriques de :

- Mase-1989 - équation II-4-28 (Coastal Engineering Manual) et
- Battjes-1971 (ajustée par Didier & al., 2016).

La remontée significative ($R_{1/3}$) des vagues sur une plage à Sept-Îles a été calculée à l'aide des équations paramétriques de :

- Mase-1989 - équation II-4-31 (Coastal Engineering Manual),
- Ruggiero 2001,
- Stockdon-2006 (formulation générale).

Les calculs de remontée des vagues ont été faits selon plusieurs paramètres géométriques de pente en se basant sur les travaux du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski (voir Didier & al., 2016). Plusieurs transects ont fait l'objet de ces calculs de façon à définir les pentes de plage les plus appropriées.

La série temporelle synchrone de niveaux d'eau et de hauteurs des vagues a été utilisée pour définir les événements qui affecteraient la recharge de plage, les hauteurs de vagues provenant des modélisations de l'UQAR et les niveaux d'eau étant ceux enregistrés par le SHC à Sept-Îles. Les remontées des vagues sur la plage ont été calculées pour chacun des 2 000 événements les plus susceptibles de provoquer d'importantes remontées des vagues. L'addition du niveau d'eau et de la remontée des vagues a ensuite été faite. Les résultats (en termes d'élévations atteintes par l'eau) ont ensuite été classés par ordre décroissant pour extraire les pires événements de remontée des vagues et en déduire leur fréquence.

6.5 Remontée des vagues sur la flèche littorale

On retrouve sur la figure 6.4 un exemple de résultats du calcul de la remontée des vagues sur la flèche littorale en fonction de cinq pentes représentatives de la rive et de l'équation de Batjes-1971 (R_{\max}). On trouve aussi les fréquences de dépassement (1hr/2ans, 1hr/10 ans et 1hr/50ans). Cette figure est représentative de l'ensemble des résultats obtenus, c'est-à-dire que les diverses équations et les différentes pentes donnent des résultats relativement cohérents.

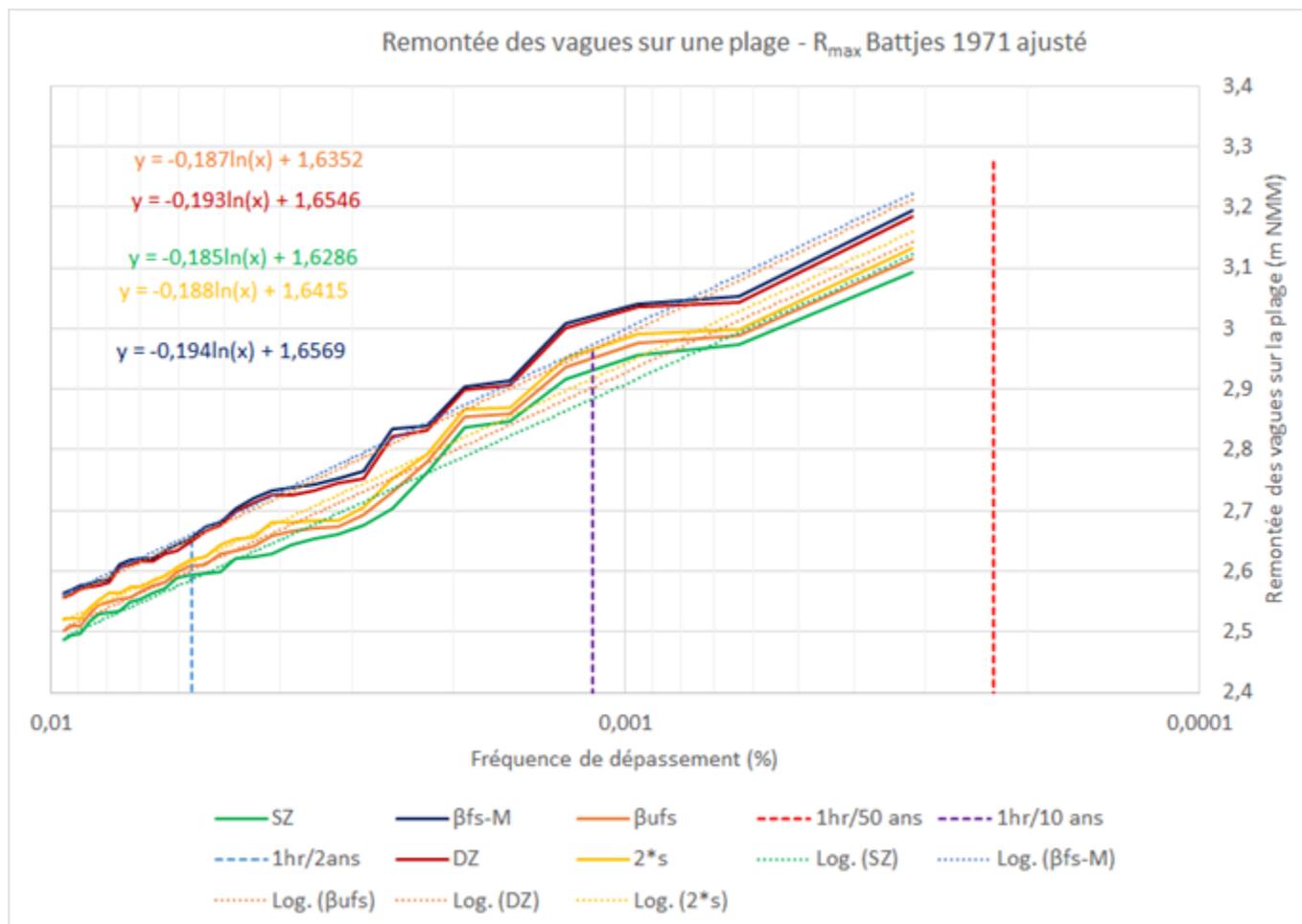


Figure 6.4 Exemple de résultats des calculs de remontée des vagues sur la flèche littorale de Uashat pour l'équation du R_{max} de Battjes-1971

C'est la régression logarithmique qui donne en général les valeurs de corrélation R^2 les plus proches de l'unité pour les courbes de la figure 6.4. Ces régressions ont été utilisées pour extrapoler les remontées probables pour des événements de période de retour de 50 ans.

La figure 6.5 représente l'ensemble des résultats de remontée des vagues sur une plage obtenus pour une période de retour de 50 ans.

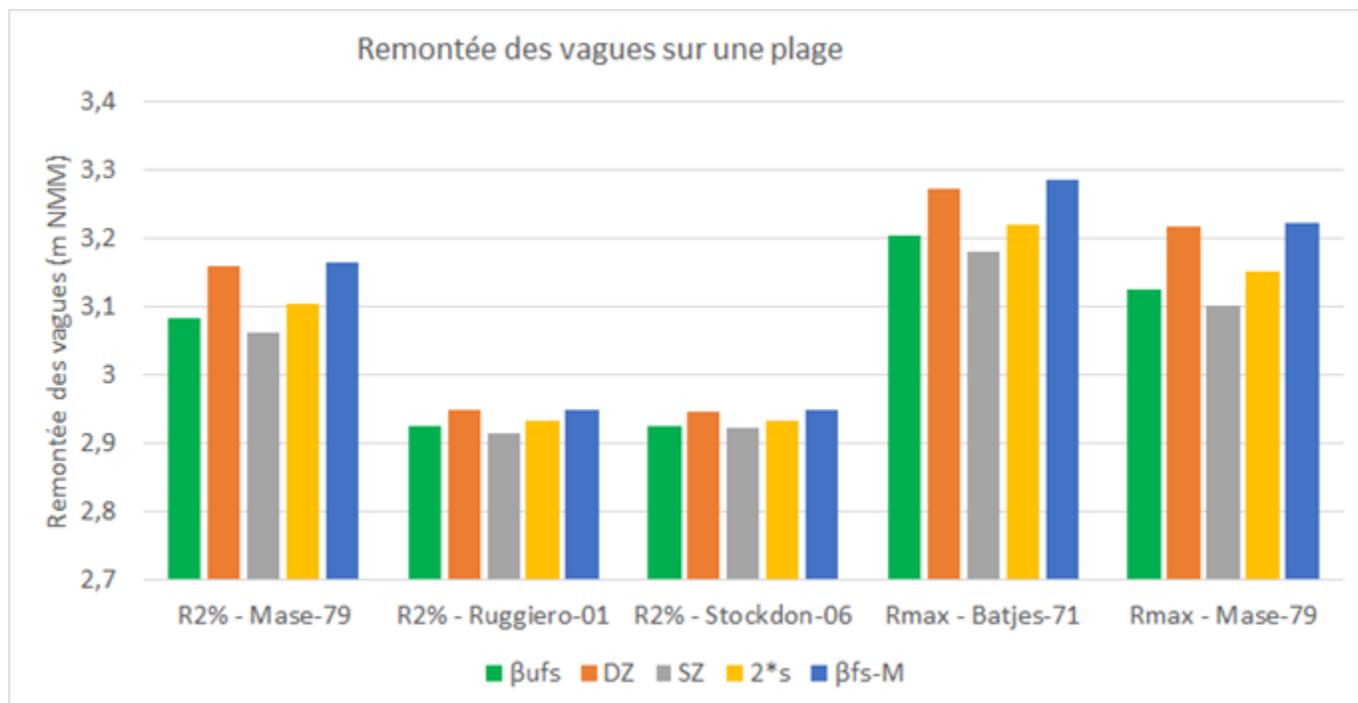


Figure 6.5 Ensemble des résultats des calculs de remontée des vagues sur la flèche littorale

Sur la base de l'analyse de l'ensemble des résultats de calcul de la remontée des vagues sur la flèche littorale de Uashat, l'élévation **+3,3 m NMM** serait l'**élévation de crête de recharge de plage** à retenir dans le cas de la flèche littorale de Uashat si on voulait éviter le franchissement de cette flèche par les vagues de tempêtes accompagnées de surcote (onde de tempête).

6.6 Profils d'une recharge de la flèche littorale de Uashat

Les contraintes budgétaires de la ZIP ne permettent pas d'envisager une recharge de la flèche littorale de Uashat qui répondrait aux critères de non-franchissement établis au chapitre 6.5. Une évaluation préliminaire des quantités de matériaux de recharge qu'il est possible de considérer dans le cadre du projet de la ZIP a donné une quantité de 2 000 m³. C'est cette quantité maximale qui a dicté le dimensionnement de la recharge de la flèche.

Un autre critère important dans le dimensionnement de la recharge de la flèche littorale est la largeur minimale de la crête de la recharge. Une crête trop étroite permettrait d'augmenter l'élévation de la crête, mais résulterait en un profil très instable dans le temps. Une crête trop large ferait en sorte de diminuer significativement l'élévation de la crête et l'efficacité de cette recharge contre les franchissements par les vagues de tempête. Par expérience, une largeur de crête de 7,5 m a été visée.

Le dimensionnement des profils de plage a donc été fait avec ces contraintes pour la zone critique (entre les transects S11 et S29) définie au chapitre 5.4.

Par tâtonnements successifs, la quantité limite de 2 000 m³ a été atteinte pour une largeur de crête de 7,5 m et une élévation de crête de +2,6 m.

Les figures 6.6 à 6.11 illustrent les profils de recharge obtenus pour les transects S14, S17, S20, S23, S25 et S28. L'ensemble des profils de recharge se trouve à l'annexe A.

Des pentes de 2H/1V et 4H/1V ont respectivement été utilisées pour les pentes avant et arrière de la recharge de la flèche. Surtout avec la granulométrie relativement fine retenue pour les matériaux, il faut s'attendre à ce que la pente avant de la recharge soit rapidement modifiée par les vagues de tempêtes et que la largeur de la crête diminue.

Il est également important de noter qu'au moment des travaux, le profil de la flèche littorale pourrait être significativement différent du profil relevé en 2020. Le déplacement de la flèche vers l'intérieur des terres peut atteindre 3 m par an et la forme même de la flèche peut évoluer comme le montrent les figures 5.3 à 5.7 ou les figures suivantes (relevés de 2020 versus relevés de 2014).

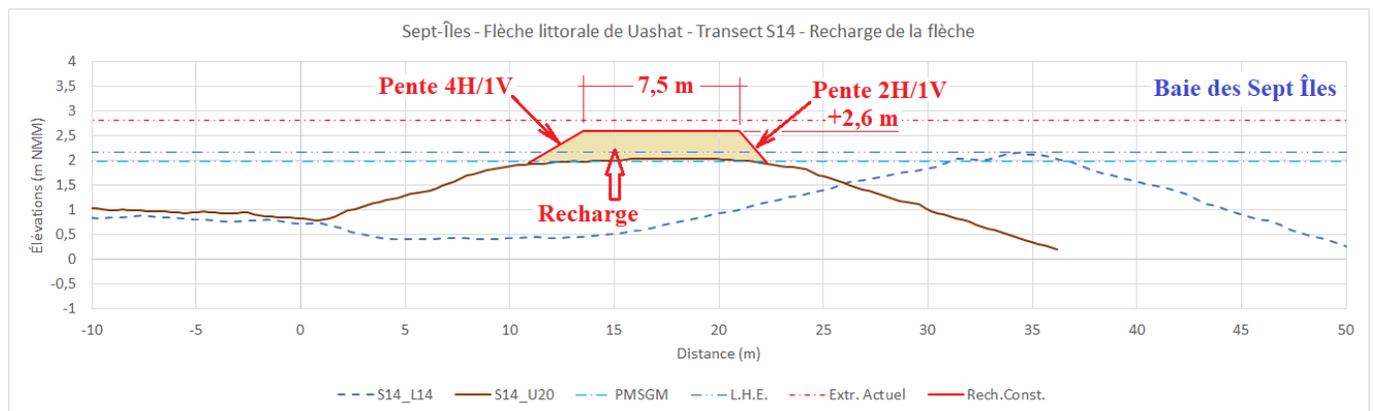


Figure 6.6 Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S14

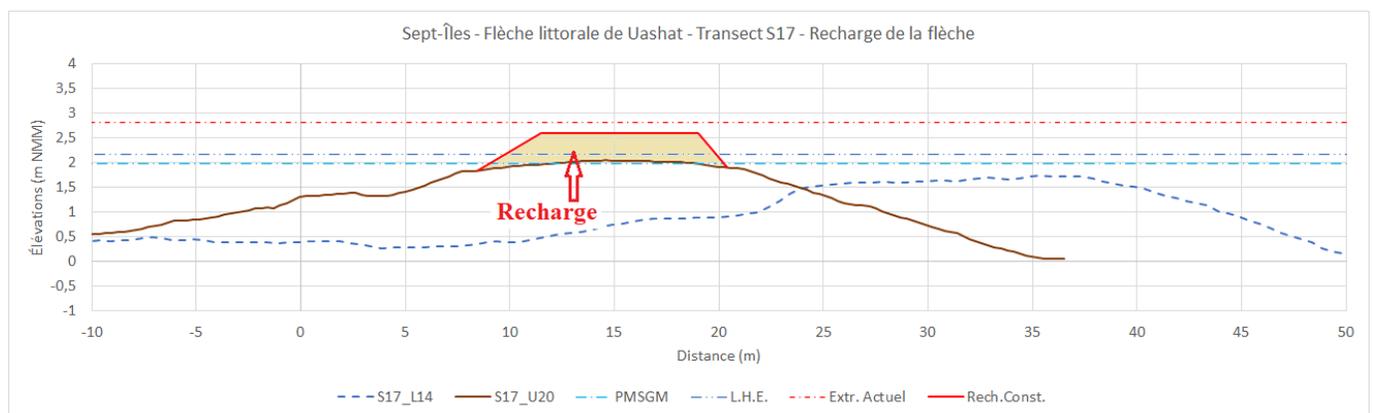


Figure 6.7 Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S17

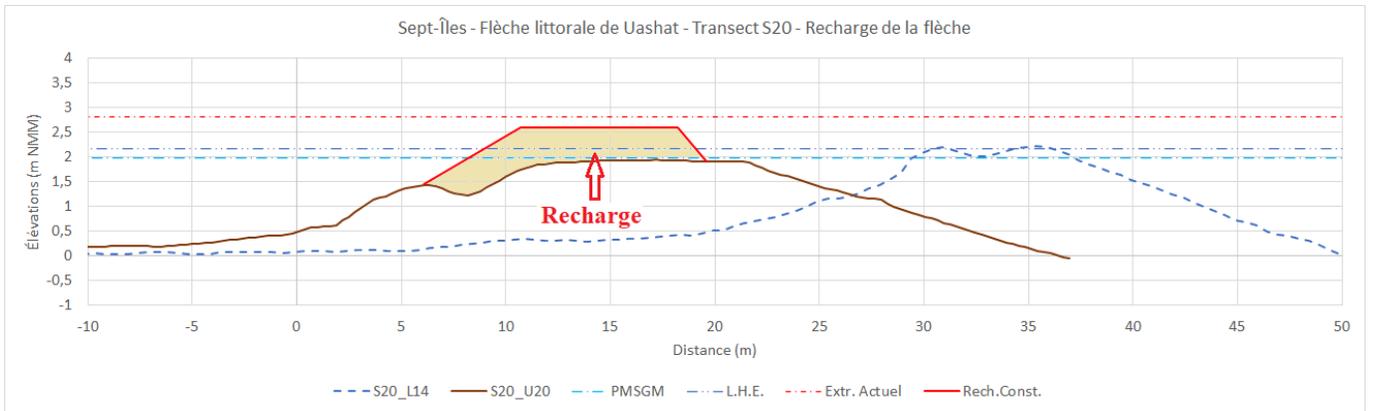


Figure 6.8 Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S20

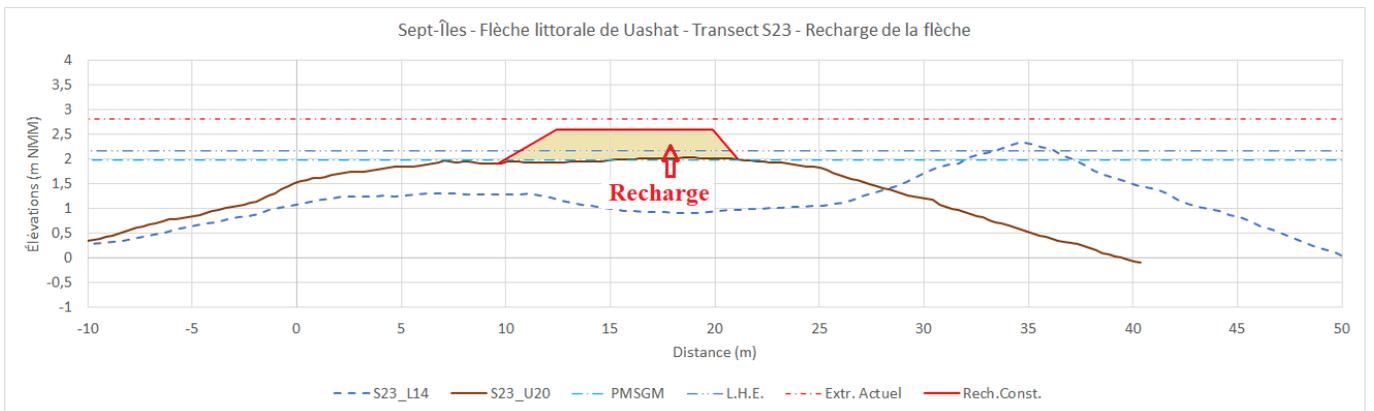


Figure 6.9 Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S23

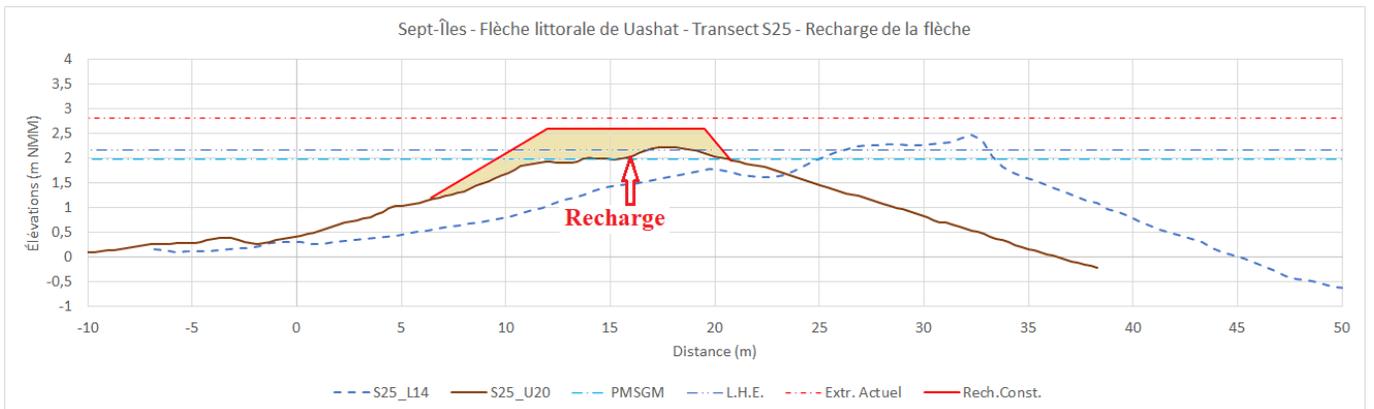


Figure 6.10 Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S25

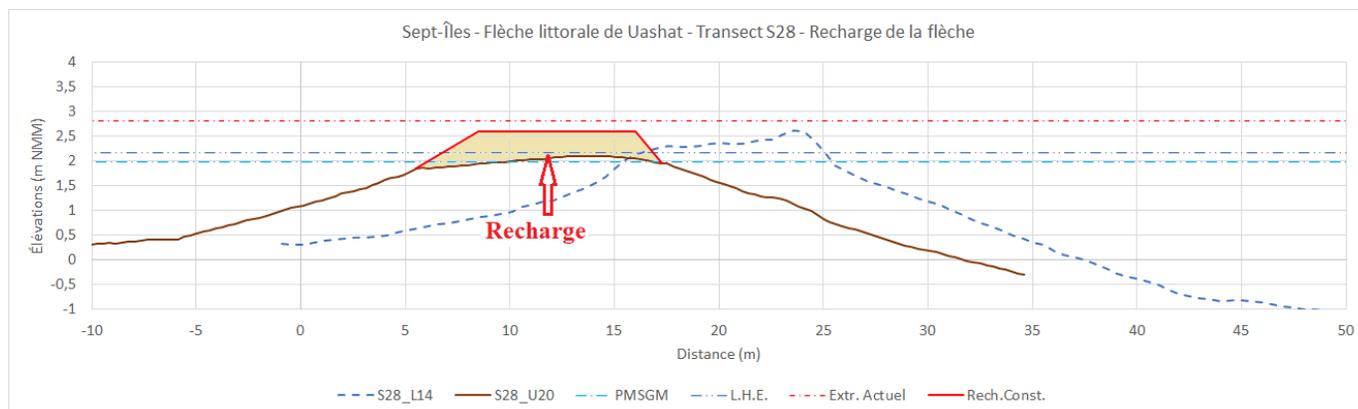


Figure 6.11 Profil de recharge de la flèche littorale – Transect S28

6.7 Plan d'une recharge de la flèche littorale

La position de la recharge de plage a fait l'objet d'une vérification en plan en cours de conception afin de s'assurer que cette crête ne présentait pas de courbes locales prononcées, de façon à produire une géométrie de recharge plus stable dans le temps.

La figure 6.12 présente une schématisation en plan de la recharge de plage (recharge de construction) proposée pour la flèche littorale de Uashat.

La construction s'étendrait sur environ **370 m de long** (excluant le chemin d'accès).

Ce projet requerrait environ **2 000 m³** de **matériaux granulaires (D₅₀ = 1 mm)** lors de la recharge de plage initiale.

Le projet présenterait une **superficie d'empiétement** de l'ordre de :

- **2 300 m²** par rapport à la **PMSGM** et
- **3 850 m²** par rapport à la **L.H.E.**

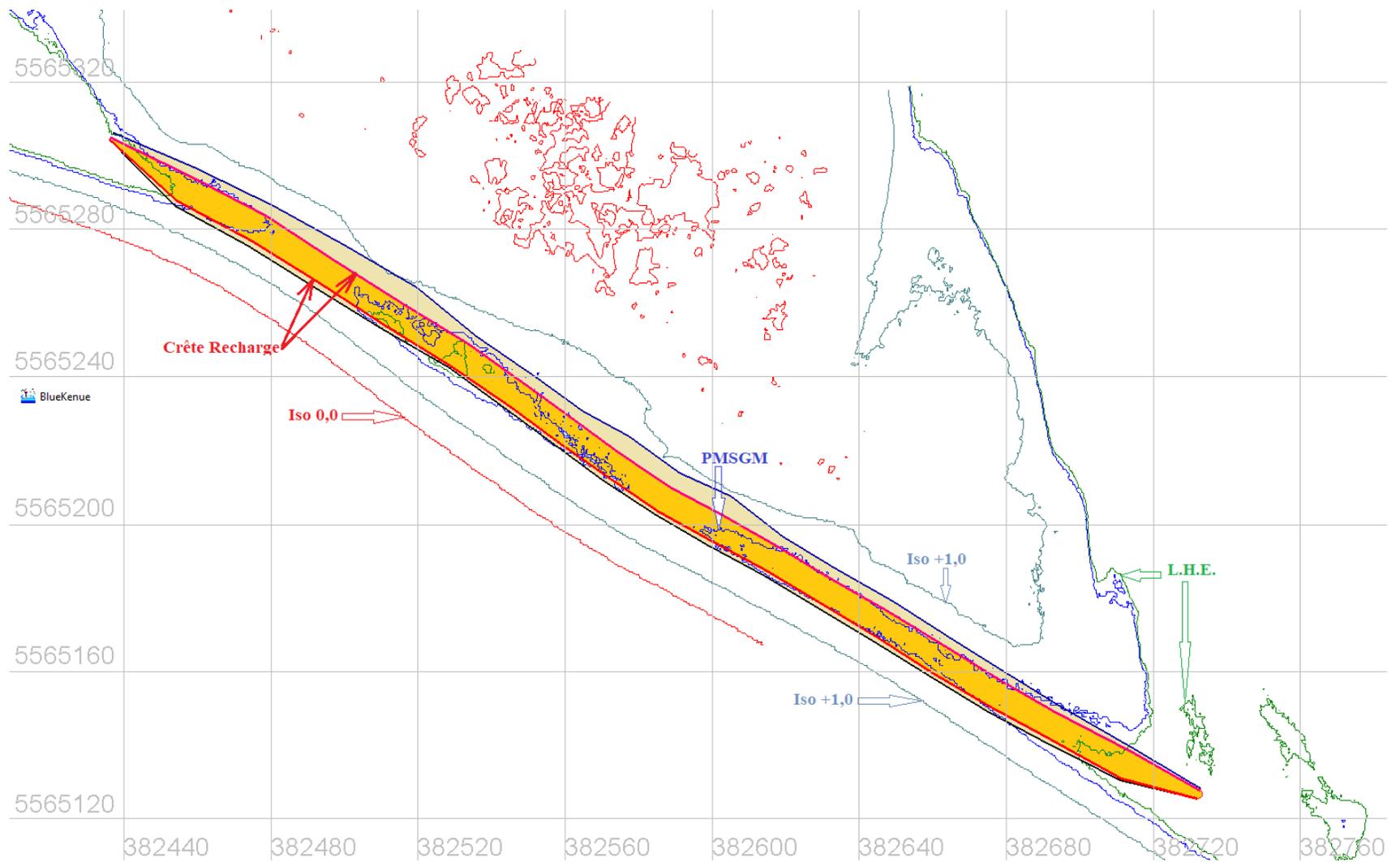


Figure 6.12 Vue en plan de la recharge de plage (à l'équilibre) proposée pour la façade ouest du territoire - ITUM

7 Conclusion et recommandations

7.1 Conclusion

Toutes les berges dans le secteur de Uashat sont en érosion. Cette érosion est encore plus spectaculaire sur la flèche littorale de Uashat qui recule par endroits de 3 m par année depuis des décennies. Sur la base de l'analyse des conditions hydrodynamiques sollicitant la flèche littorale, la présente étude recommande une recharge en sable de la flèche littorale de Uashat destinée à temporairement atténuer les effets de la submersion. Il ne s'agit en aucun cas de « stabiliser » la flèche ou de la pérenniser, le financement actuel du projet par la ZIP étant très inférieur à ce qui serait requis pour résoudre les problèmes d'érosion et de déplacement de cette flèche.

L'analyse des documents historiques disponibles (photos, cartes marines, relevés) a permis de mettre en lumière certaines particularités de la dynamique sédimentaire du secteur à l'étude. La flèche littorale telle que nous la connaissons aujourd'hui est probablement une formation géomorphologique côtière transitoire dans le temps (à l'échelle géologique). Celle-ci existait probablement au XIX^e siècle (voir la carte marine de 1831). Les photos aériennes disponibles nous permettent de suivre son évolution. La formation d'une flèche littorale sablonneuse dans le secteur de la plage le long de l'avenue Arnaud (partie ouest de Uashat) débute probablement dans les années 1930. La flèche atteindra ultimement son extension maximale vers le nord-ouest vers 2010. Depuis le milieu des années 1990, cette flèche littorale a tendance à s'amincir à plusieurs endroits. Ce constat est clair par photo-interprétation dans la portion de la flèche située au nord de l'émissaire de la rue du Vieux Poste. Cette régression de la plage en sable est très probablement due à une diminution des apports sédimentaires en relation avec l'artificialisation des rivages de la ville de Sept-Îles.

La flèche littorale de Uashat est extrêmement fragile et en sursis précaire. L'intensité des tempêtes qui frapperont cette flèche déterminera la vitesse de sa détérioration, mais si rien n'est fait pour la renforcer d'ici 3 à 5 ans, cette structure pourrait complètement disparaître. Avec la disparition de la flèche littorale, c'est toute la rive ouest du territoire de Uashat qui est susceptible d'être fortement sollicitée par les prochaines tempêtes. La disparition de la flèche littorale fera également disparaître les marais situés entre celle-ci et la rive. À l'heure actuelle, tout porte à croire que la flèche littorale présente sur la face ouest du territoire de Uashat est en voie de disparition compte tenu, entre autres choses, de la présence plus au sud d'infrastructures portuaires et d'ouvrages de protection de berge en enrochement qui ont tari l'apport sédimentaire pouvant contribuer naturellement à la recharge de la plage et de la flèche.

La flèche littorale de Uashat peut être séparée en deux secteurs, soit :

- le pédoncule qui part de l'émissaire situé dans le prolongement de la rue du Vieux Poste et qui s'étend sur environ 550 m vers le nord-ouest le long de l'avenue Arnaud et

- la pointe de la flèche qui constitue les derniers 430 m à son extrémité nord-ouest.

Si la pointe de la flèche littorale est relativement large et stable, il en va tout autrement pour le pédoncule très étroit par endroits. Au cours des années, le pédoncule a reculé de plusieurs dizaines de mètres et sa crête s'est abaissée, permettant aux vagues de la franchir et accentuant les problématiques d'érosion et de déplacement transversal de la flèche.

L'UQAR avait suggéré à la ZIP une recharge du pédoncule de la flèche littorale. CIMA+ a été chargé par la ZIP Côte-Nord de dimensionner cette recharge.

Une analyse des relevés LiDAR de 2014 et 2020 a permis de préciser les caractéristiques dimensionnelles actuelles du pédoncule de la flèche littorale et de recommander une intervention de recharge relativement optimale compte tenu du budget disponible et de l'urgence d'intervenir. Ces travaux s'étendraient sur environ 370 m de longueur et nécessiteraient la mise en place de 2 000 m³ de matériaux. La crête de la recharge de la flèche ferait 7,5 m de largeur à la construction et son élévation serait de +2,6 m.

Le matériel de recharge retenu est un sable naturel ($D_{50} = 1$ mm) disponible dans les sablières de la région de Sept-Îles. La granulométrie de ce matériel de recharge est très similaire à celle des matériaux constituant la flèche.

7.2 Recommandations

L'intervention de recharge de la flèche proposée dans ce rapport est une intervention de relativement faible ampleur, comparée aux problématiques d'érosion et de déplacement de la flèche littorale. Même si la mise en place de la recharge proposée diminue un peu les problématiques de franchissement de la flèche par les vagues de tempêtes, cette recharge pourrait être significativement remodelée par les tempêtes qui se produiront après sa mise en place. Il serait recommandé de prévoir d'autres interventions de recharge à court et moyen terme dans le but de stabiliser la flèche littorale et de préserver les marais situés entre la flèche et le littoral ouest de la communauté de Uashat. Ces interventions récurrentes présentent l'avantage d'une adaptation plus efficace aux changements qui se produiront dans les prochaines décennies. Un suivi régulier de la topographie de la flèche littorale est aussi recommandé.

Le concept de recharge de la flèche a été proposé en considérant, pour les matériaux de recharge, un diamètre médian D_{50} de 1 mm, très similaire à celui des matériaux en place. Dans le but d'optimiser les interventions de recharge récurrente de la flèche, il serait important d'évaluer la possibilité d'utiliser des matériaux différents des matériaux en place (dans le cas flèche littorale de Uashat, un mélange de sable et graviers à la place du sable). Ce type de matériaux plus grossiers permettrait de prolonger la durée de vie utile de la recharge. Le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (UQAR) pourrait être contacté à ce sujet étant donné l'expertise qu'il développe actuellement dans ce genre de protection de berge.

Le concept de recharge est présenté sans les modélisations hydro-sédimentaires qui seraient requises pour optimiser sa géométrie et sa durée de vie utile. Si le concept de recharge de la flèche littorale est retenu dans une perspective à plus long terme, il est recommandé que ces modélisations hydro-sédimentaires soient faites par une compagnie ayant l'expertise requise.

Finalement, l'étude des vagues affectant la baie des Sept-Îles a mis en évidence certaines problématiques reliées à la position de la station météorologique de l'aéroport. Il semble que cette station n'est pas tout à fait adaptée à la prévision des vagues dans la baie. Des mesures de vagues et de vents dans la baie sur une période minimale d'une année et idéalement de plusieurs années seraient requises pour permettre de calibrer les modèles de génération de vagues dans la baie et par conséquent les modélisations hydro-sédimentaires éventuelles.

Préparé par :



Yann Ropars, ing., M. Sc.
Consultants Ropars, Inc.
yann_ropars@videotron.ca
Téléphone : (418) 998-6224

ANNEXE « A »

Coupes-types de la recharge de la flèche

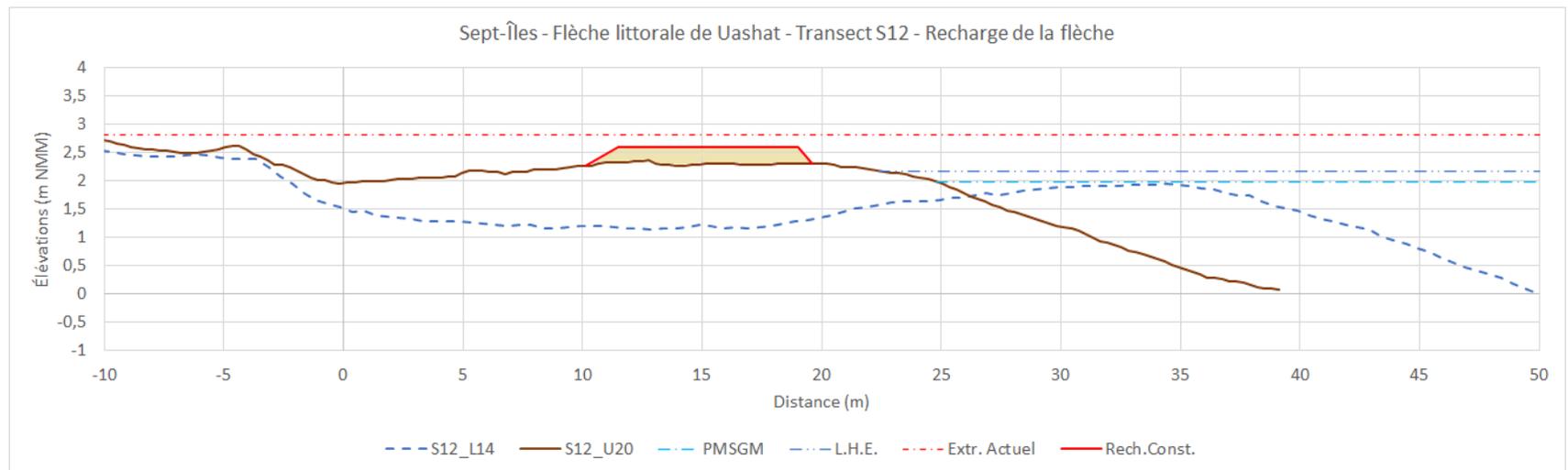


Figure A.1 Transect S12 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

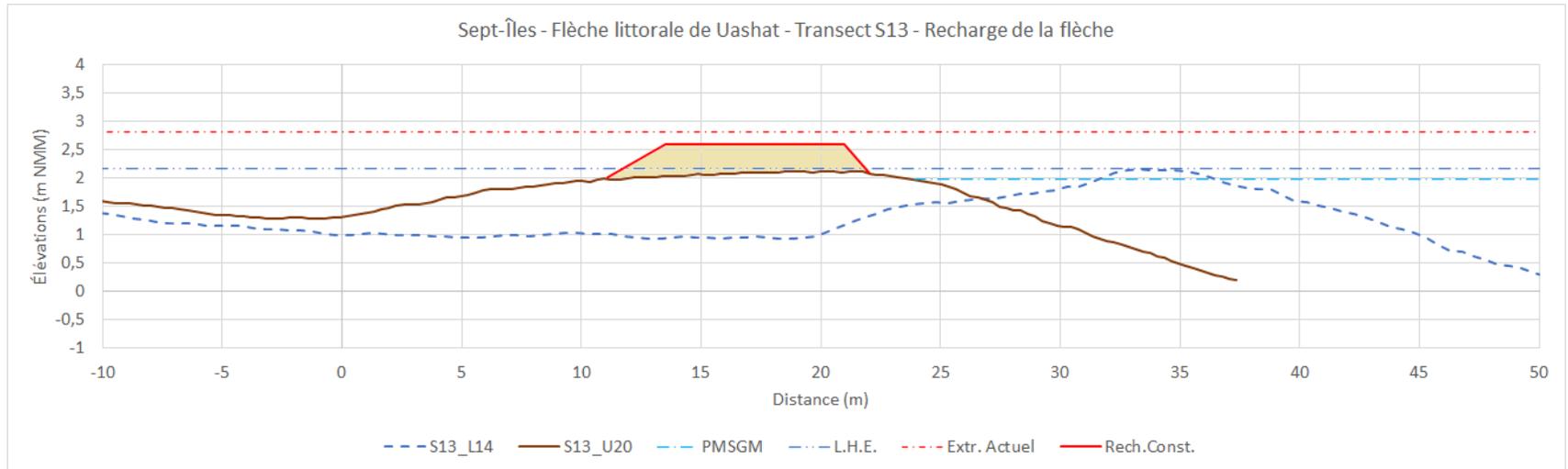


Figure A.2 Transect S13 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

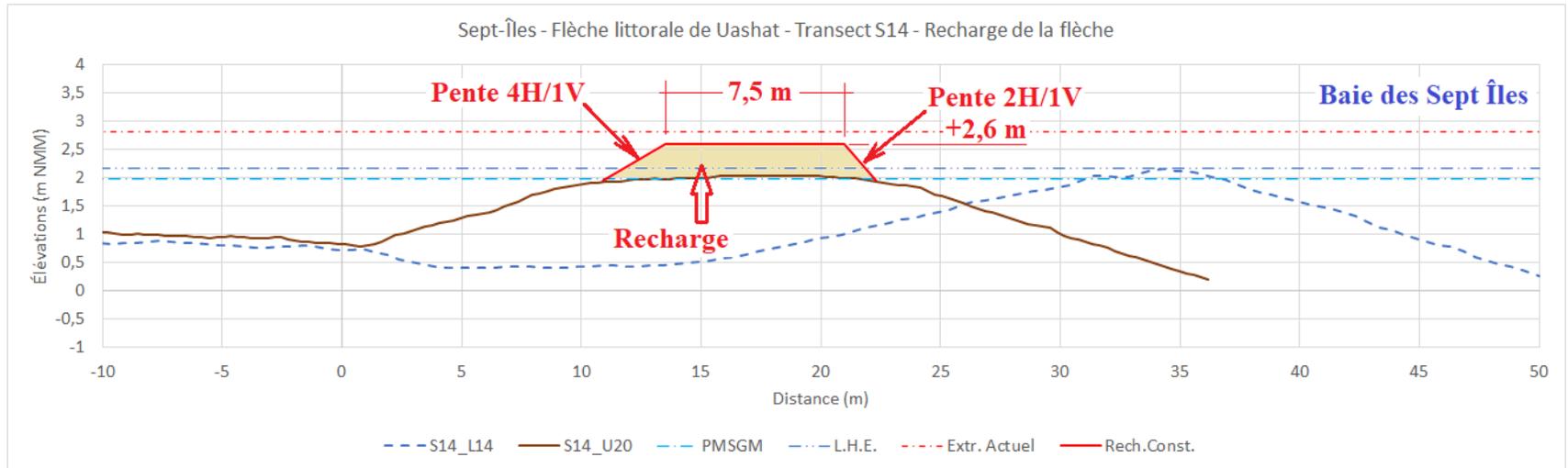


Figure A.3 Transect S14 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

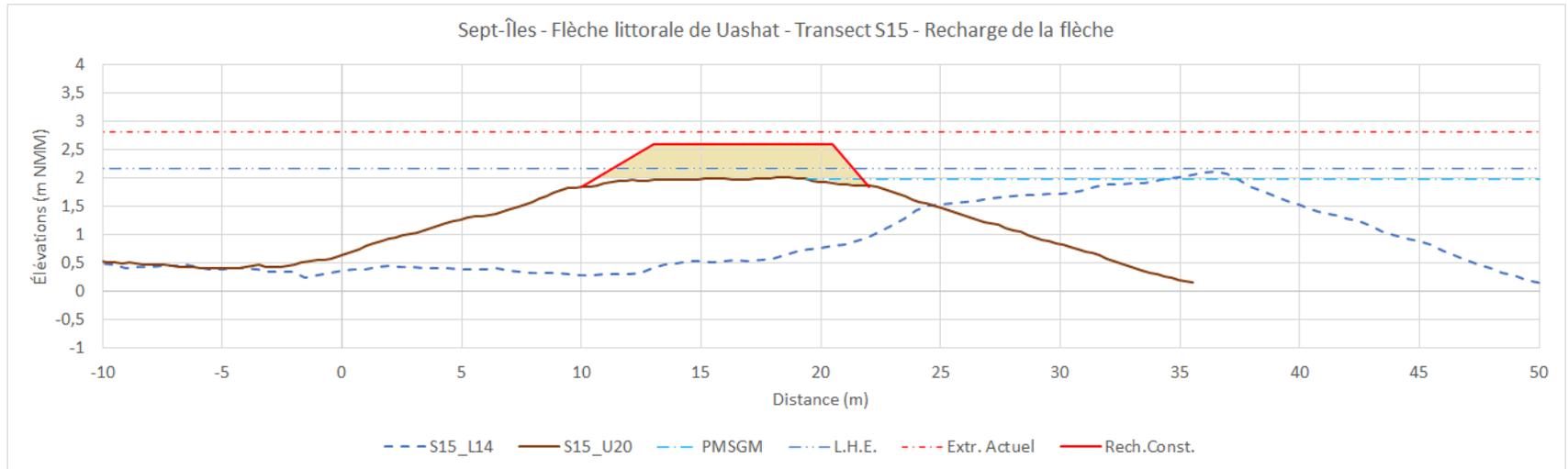


Figure A.4 Transect S15 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

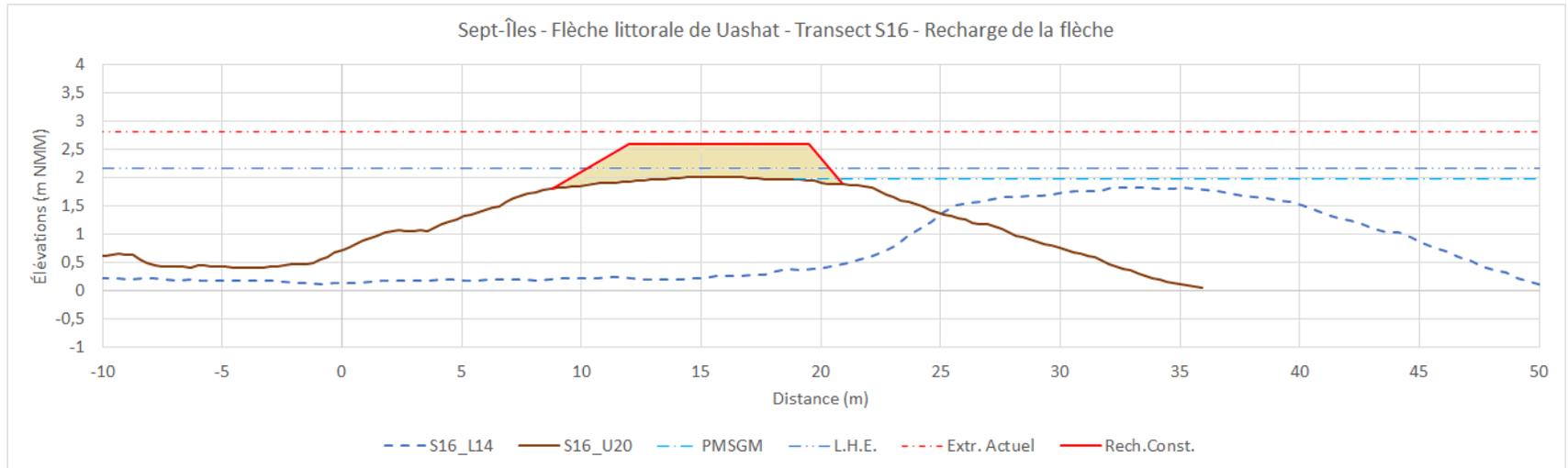


Figure A.5 Transect S16 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

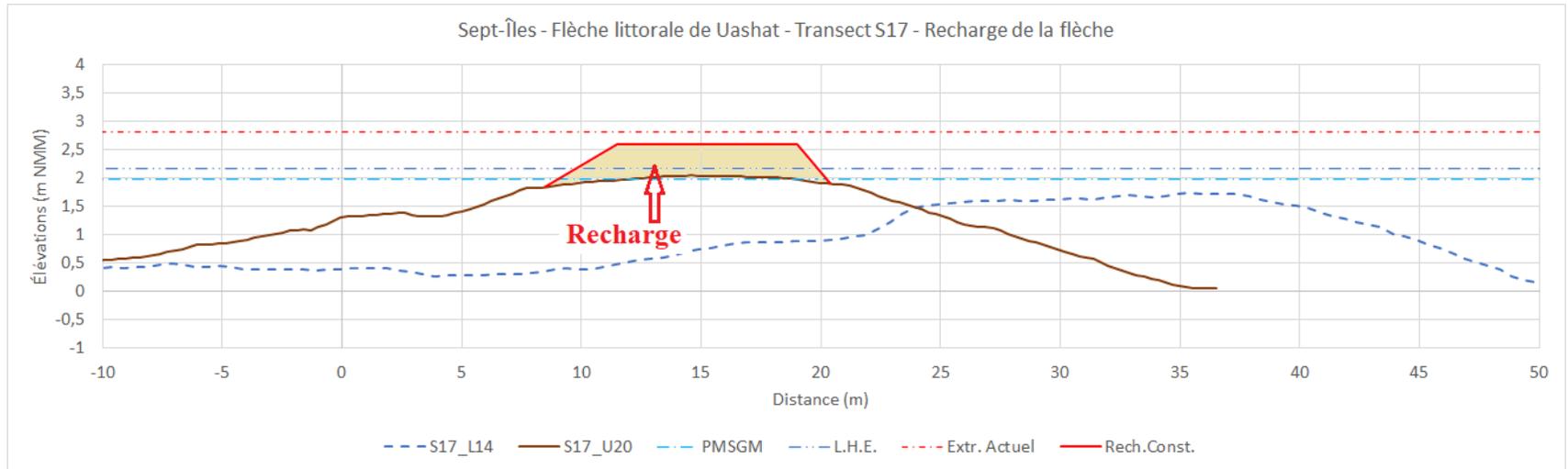


Figure A.6 Transect S17 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

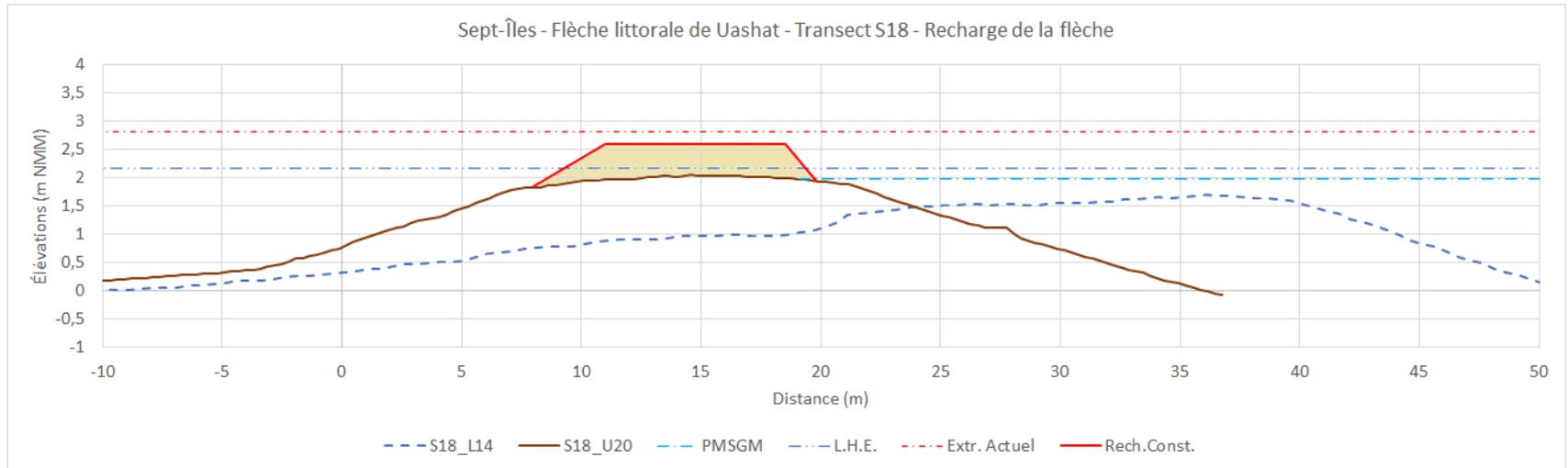


Figure A.7 Transect S18 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

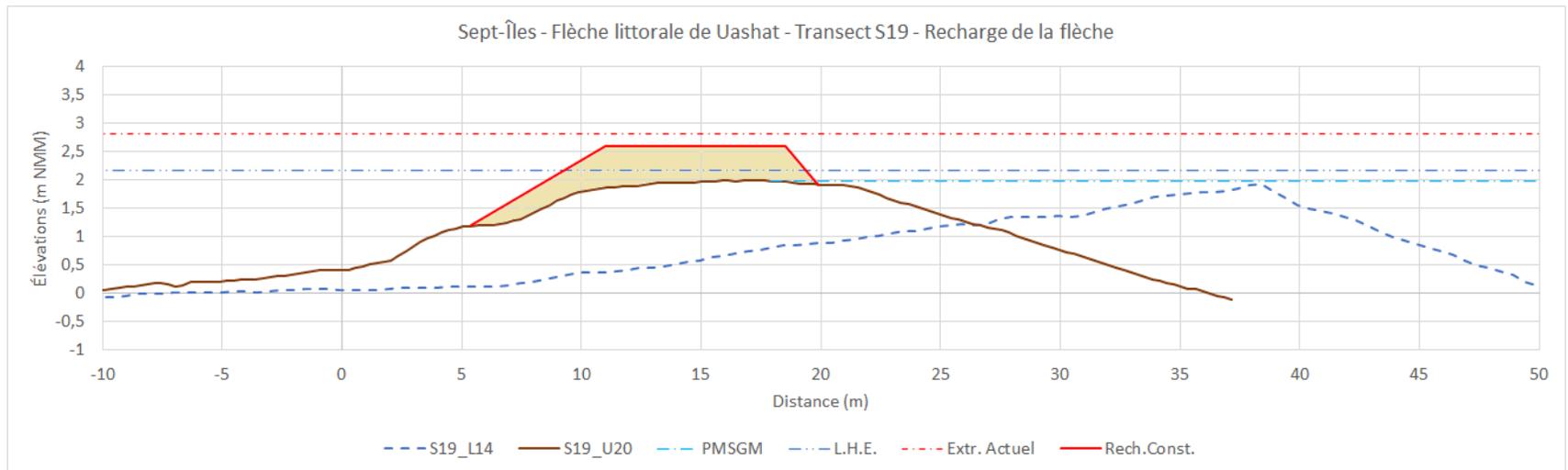


Figure A.8 Transect S19 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

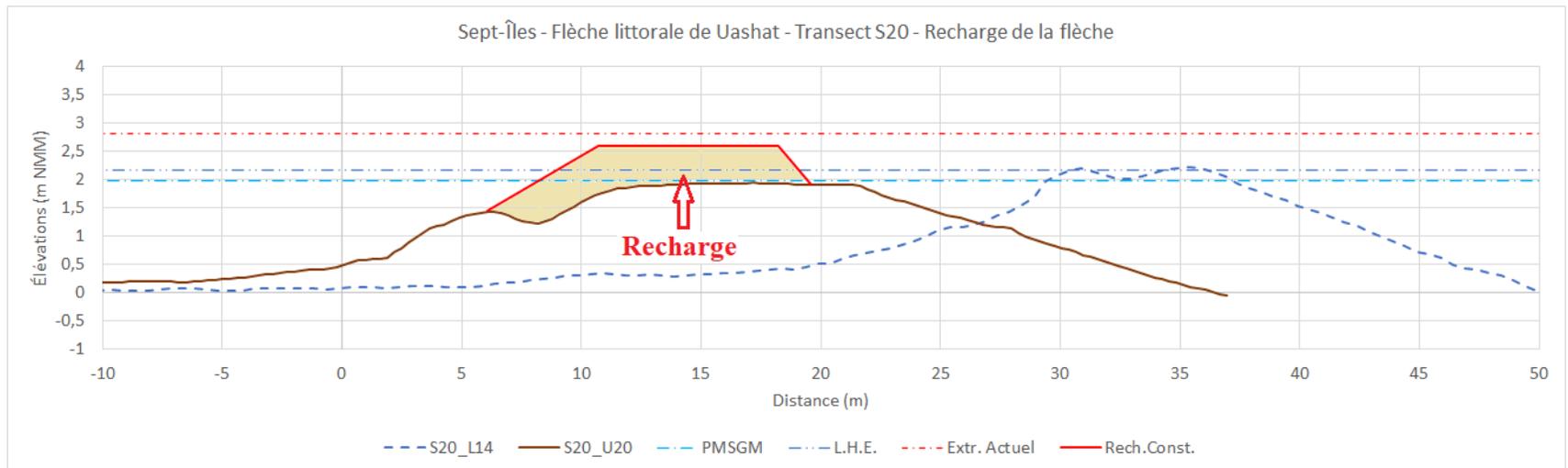


Figure A.9 Transect S20 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

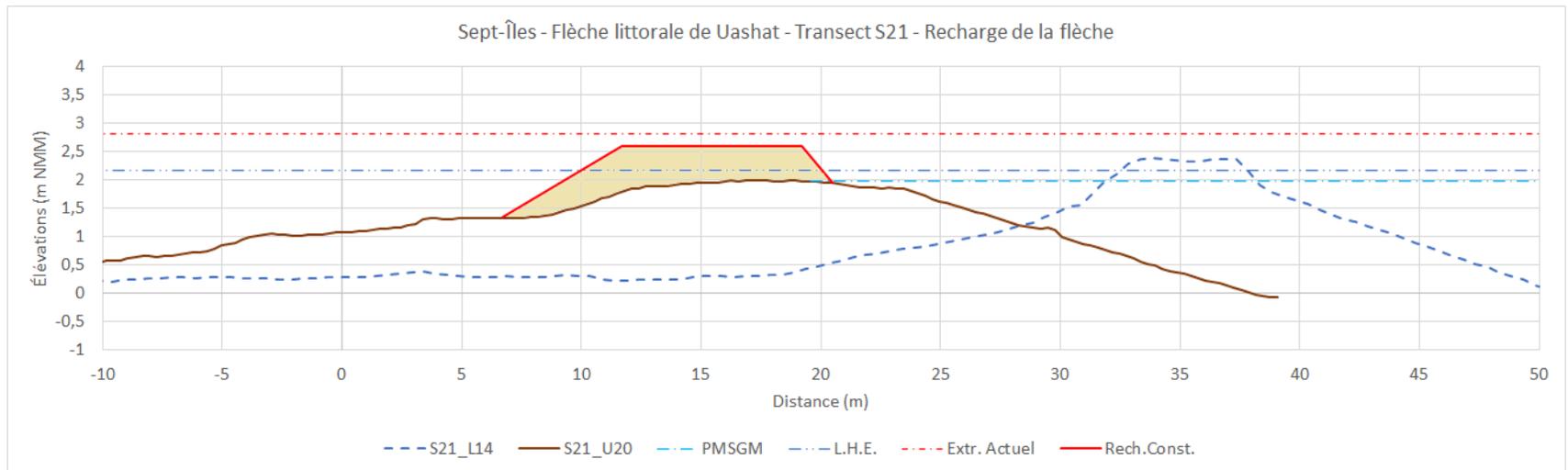


Figure A.10 Transect S21 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

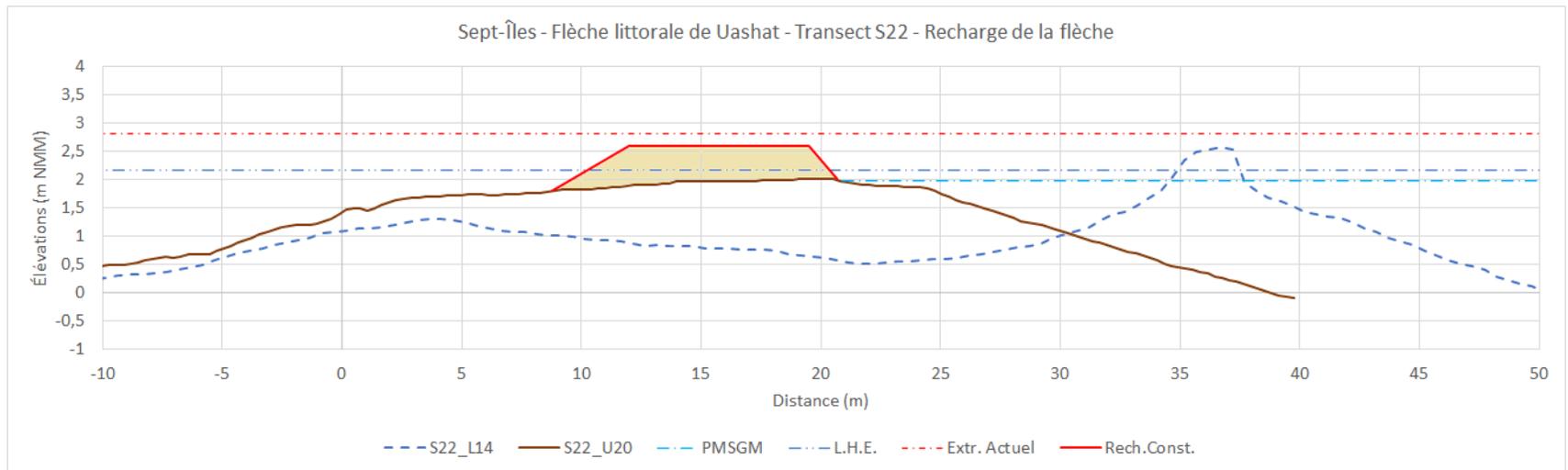


Figure A.11 Transect S22 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

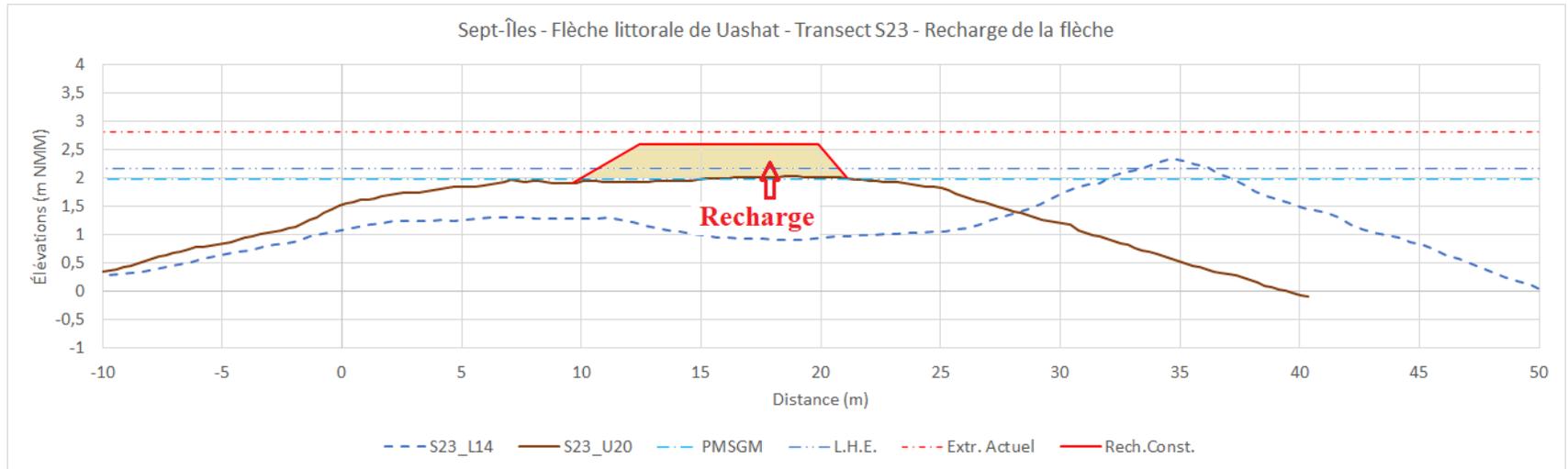


Figure A.12 Transect S23 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

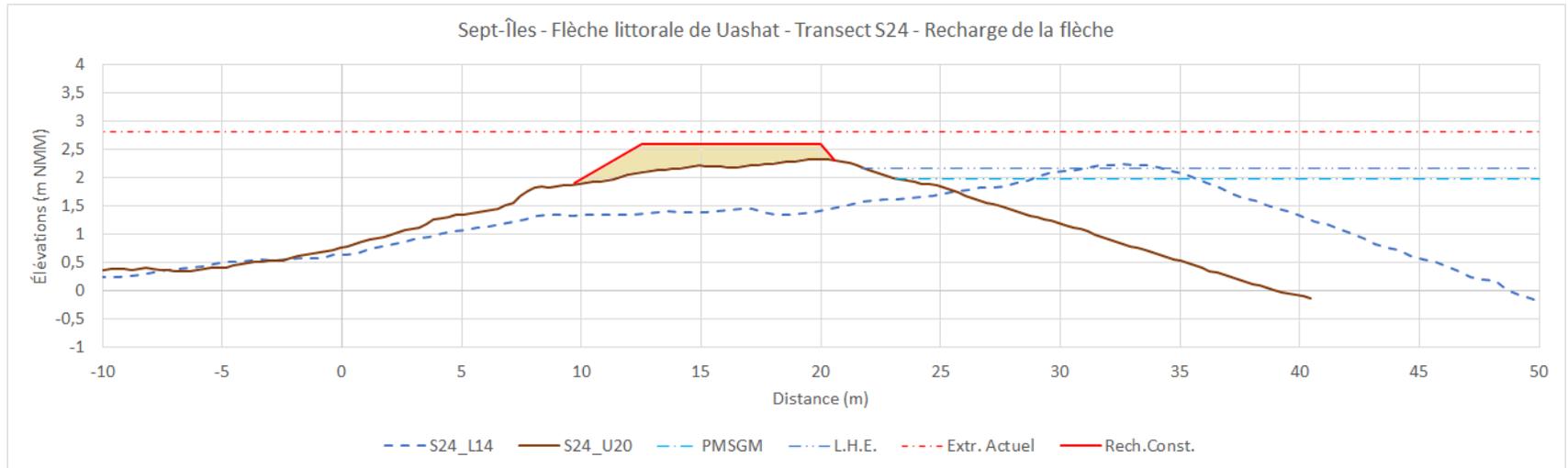


Figure A.13 Transect S24 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

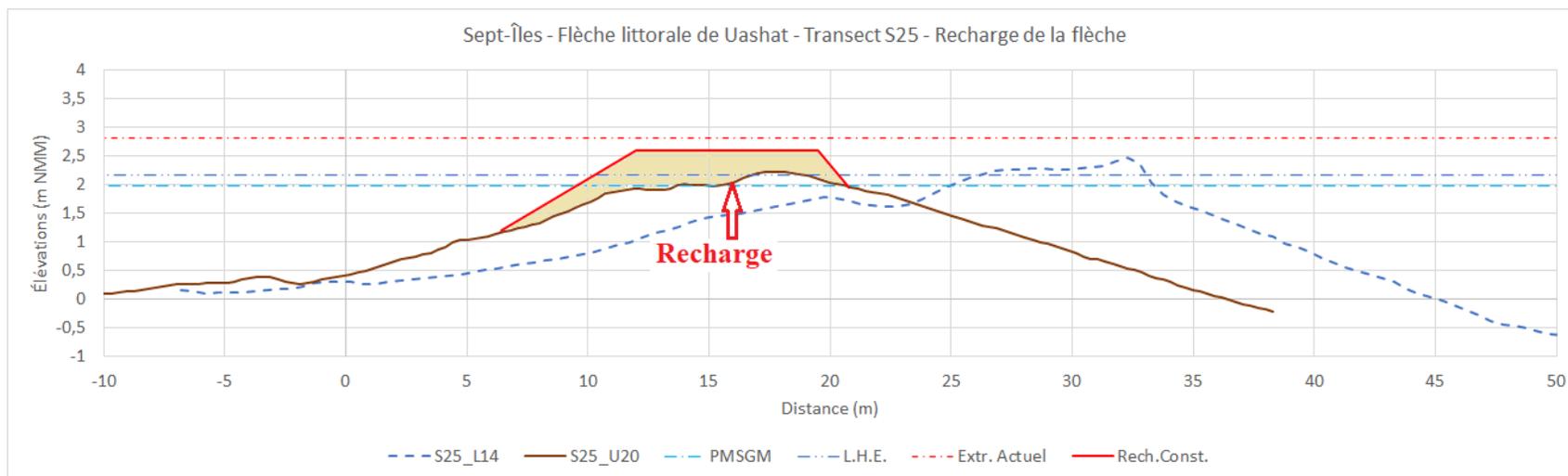


Figure A.14 Transect S25 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

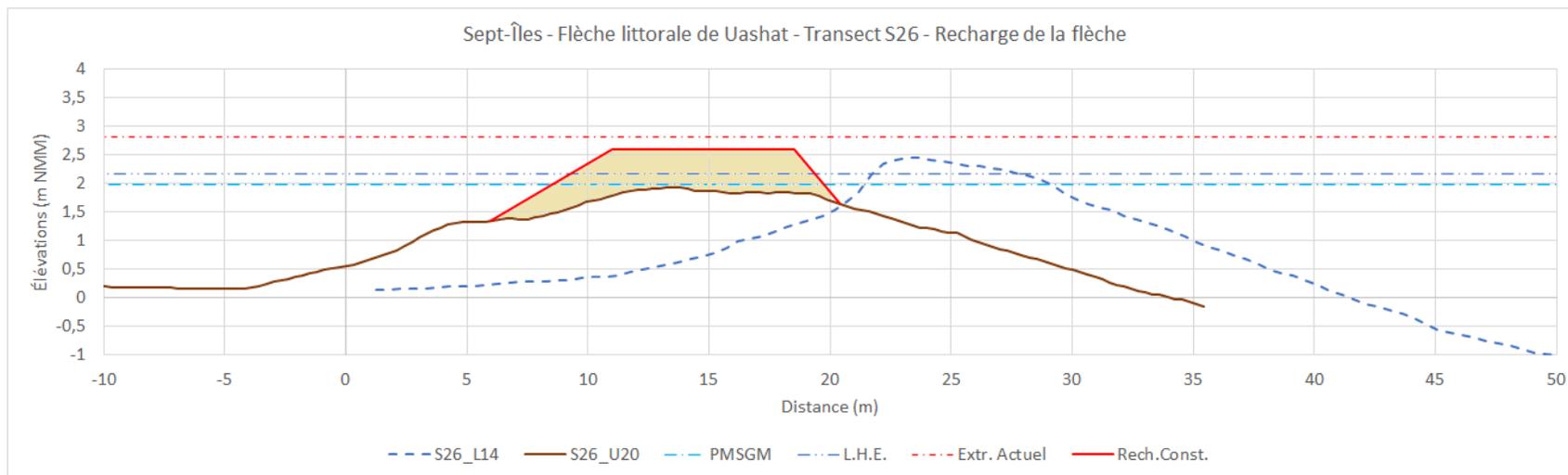


Figure A.15 Transect S26 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

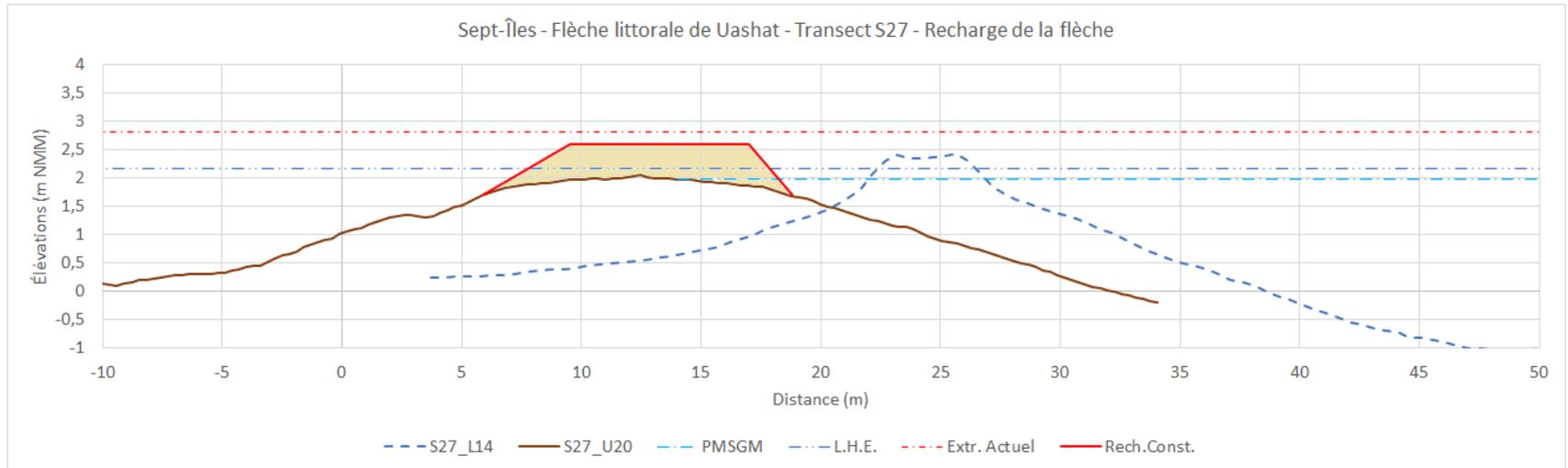


Figure A.16 Transect S27 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge

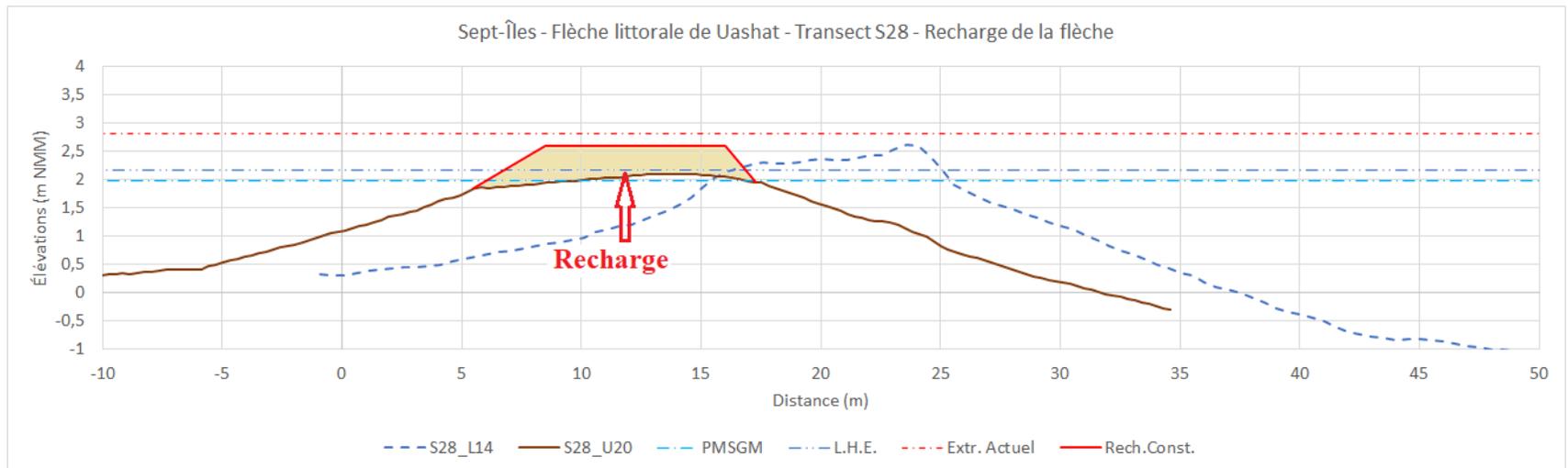


Figure A.17 Transect S28 – Relevé 2014 et 2020 - Recharge