

CHAPTER 82

LA PROTECTION DES PLAGES DU LITTORAL DU LAC SAINT-JEAN

par

Richard Baivin (1)
Yvan Cousineau (2)

PREAMBULE

Avant l'apparition des premiers aménagements hydro-électriques de l'ALCAN, le niveau du lac Saint-Jean accusait des variations saisonnières considérables. Aux périodes de grandes crues et d'inondations du printemps succédaient les périodes de basses eaux de la mi-été qui donnaient lieu de fréquentes tempêtes de sable et à la formation de dunes sur les berges. L'implantation du barrage d'Isle-Maligne et l'élargissement des gorges des Grande et Petite Décharges, en 1924, permirent de minimiser les dangers d'inondation au printemps et de maintenir en été un plan d'eau régularisé dont devaient tirer profit à la fois les exploitants des sites hydro-électriques et de nos jours les estivants et adeptes des sports aquatiques et nautiques. En contrepartie, le relèvement du niveau moyen du lac eut pour effet d'amorcer une érosion des berges en prévision de laquelle l'ALCAN avait d'ailleurs acquis les terrains en bordure du lac.

Le littoral ayant atteint, avec les années, un nouvel état d'équilibre, l'ALCAN a consenti à laisser s'établir, par voie lacative, des chalets de plus en plus nombreux sur les terrains mêmes qu'elle avait acquis avant l'exhaussement du lac.

Vers 1960, à la suite de la mise en service de nouveaux aménagements hydrauliques, les consignes d'exploitation ont été modifiées (le niveau du lac étant gardé au voisinage de la cote maximale autorisée beaucoup plus tard en été et en automne) et les phénomènes d'érosion

-
- (1) Ingénieur principal, Laboratoire d'Hydraulique LaSalle, Montréal
(2) Ingénieur-conseil, Division de la production électrique du Québec, ALCAN

qui s'étaient graduellement atténués après quelque quarante ans d'exploitation dans les conditions antérieures ont réapparu; l'ALCAN a alors confié au Laboratoire d'Hydraulique LaSalle l'étude des conditions hydrographiques (niveaux, vagues, vents, granulométrie des matériaux et profils-en-travers des plages) nécessaires à l'intelligence du régime du littoral et à la définition de mesures de protection appropriées.

La vocation touristique du rivage et le coût peu élevé de ce genre de solution ont incité à préférer, partout où cela semblait possible, le remblayage artificiel des plages (à l'aide d'apports prélevés au large) à une protection longitudinale du rivage.

La réalisation de ce vaste programme de remblayage, entreprise en 1966, a permis de protéger à ce jour une longueur de 95,000 pieds de plage, le volume total des apports nécessaires atteignant 1,500,000 verges cubes.

La note qui suit représente une tentative d'évaluation des résultats du programme, à l'aide des données disponibles (analyses granulométriques, levés bathymétriques, conditions d'attaque houle et niveaux).

IDENTIFICATION DU PROBLEME

Au cours des années 1962, 1963 et 1964, il est apparu nécessaire de combattre l'érosion des principales plages du lac, qui offraient depuis plusieurs années un équilibre satisfaisant. Ces plages, disséminées entre des zones de côte rocheuse et argileuse, ont une longueur totale d'une vingtaine de milles. Elles sont constituées de sables fins et moyens dont les pentes d'équilibre sont très douces et se prêtent bien à la baignade.

L'étude des conditions hydrographiques effectuée en 1965 a permis de conclure que l'érosion des plages s'opérait principalement par transport des matériaux vers le large ⁽³⁾, sous l'action conjuguée des vagues (dont

(3) L'étude permit aussi de déceler quelques échanges longitudinaux, parallèles au rivage, résultant d'une attaque oblique des vagues, et des échanges fluviomaritimes assez complexes, au débouché des rivières, mais ces phénomènes restaient secondaires dans la mesure où même les zones d'accumulation créées à la faveur des échanges restaient soumises au processus général d'érosion frontale.

l'attaque est généralement perpendiculaire au rivage dans la zone de mise en mouvement des matériaux), des courants de masse associés aux vagues (les "mers de vent" étant caractérisées par un courant de fond vers le large) et des niveaux (dont le régime a été modifié à partir de 1962, le niveau étant maintenu plus près de la cote maximale permise durant tout l'été et l'automne).

Les niveaux, en vertu des plans de régularisation en vigueur avant 1962 (voir figure 1), n'atteignaient la cote maximale +17.5' (4) qu'au cours des 5 à 7 semaines qui suivent la crue du printemps. A compter de 1962, le niveau fut maintenu plus près de la cote maximale durant tout l'été et l'automne. Les tempêtes se produisant avec un niveau aussi élevé ne tardèrent pas à endommager les berges. Les "mers de vent" auxquelles elles étaient soumises sont en effet très érosives, proportionnellement plus que ne l'est la houle océanique, car le vent qui souffle de l'eau vers la terre, au voisinage de la plage, accélère le mouvement des particules d'eau en surface vers la côte, tout en créant, en compensation, un courant de fond vers le large, opposé au courant de masse et pouvant provoquer le départ du matériau même s'il n'est pas mis en suspension (voir figure 2). Les plages soumises à ces conditions présentent des pentes très plates, ainsi qu'en témoignaient les profils-en-travers établis en 1965 (voir figure 3).

PRINCIPE DE LA METHODE DE PROTECTION ADOPTEE

Le principe de la méthode de protection adoptée découle directement du processus d'érosion lui-même; les plages sont reconstituées au moyen d'apports provenant de bancs au large (probablement les anciennes berges du lac, situées au-delà des remaniements récents contenus à l'intérieur des limites des profils-en-travers relevés en 1965). Ces apports sont mis en place au moyen d'une drague suceuse-refouleuse.

Dans la mesure où la granulométrie des apports reste comparable à celle des plages avant remblayage, il n'y a pas lieu de craindre une trop grande dispersion des éléments mis en place et l'on peut escompter que des profils d'équilibre comparables à ceux des plages d'origine pourront être réalisés avec des volumes d'apport assez limités.

-
- (4) Ces niveaux sont lus à l'échelle de Roberval, dont le zéro est 316' au-dessus du niveau moyen de la mer.

REALISATION EFFECTIVE DU PROGRAMME

Dès 1966, l'ALCAN passait à la réalisation effective du programme. Elle entreprit, à titre expérimental, le remblayage d'un tronçon de plage de 3,460 pieds, situé à Saint-Henri de Taillon, au nord-est du lac (voir figure 4). Comme l'on n'avait pas encore fait l'acquisition d'une drague, les travaux durent être effectués avec des moyens terrestres (bulldozers, scrapers) concentrés sur la plage durant la courte période (environ une semaine) qui s'écoule entre la fonte des glaces sur les berges et la remontée du niveau consécutive à la crue du printemps (voir planches photographiques, vue "a"). Ces travaux permirent de déplacer un peu plus de 26,000 verges cubes de sable depuis une distance de 400 ou 500 pieds, au large, jusque sur les berges, pour constituer un remblai d'environ 7.5 verges cubes/pi. de plage.

En 1967, l'on faisait l'acquisition d'une drague suceuse-refouleuse (tuyau d'aspiration: 12"Φ, de refoulement: 10"Φ), d'une capacité de 250 verges cubes à l'heure, ayant un déplacement de 61 tonnes et un tirant d'eau de 26", ainsi qu'un remorqueur de 10 tonnes (tirant d'eau: 39") et 2,000' de conduite de refoulement en acier de 10"Φ, en longueurs de 40', montée sur flotteurs de 8' x 3' et pouvant être déplacée en marche à l'aide d'une débuss-queuse (tracteur utilisé en forêt pour le transport des arbres); (voir planches photographiques, vues "b", "c", et "d").

L'acquisition de cet équipement a permis de lancer les opérations de remblayage hydraulique qui se sont poursuivies chaque été depuis et sont devenues familières aux riverains du lac. Les opérations durent 5 mois l'an, 24 heures/jour, avec relâche le dimanche, et nécessitent 1 maître-dragueur, 3 chefs d'équipe (opérateurs de la drague), 3 opérateurs du remorqueur et six manoeuvres.

La figure 4, sur laquelle on a porté le bilan annuel des opérations (volume d'apport, longueur protégée, localisation) permet d'apprécier l'importance du programme mis en oeuvre. A la fin de 1971, le volume total des apports atteignait 1,500,000 verges cubes, la longueur de plage protégée 95,000 pieds, le tout représentant un volume moyen d'apport de 15.8 verges cubes/pi. de plage. Le prix de revient des apports est évalué à \$ 0.55/vge cube.

EVALUATION DES RESULTATS A CE JOUR

Comment aborder le problème? Il convient d'abord de rappeler qu'il n'entraîne pas dans la philosophie de la solution que le sable déversé sur les plages put être stable au sens où on l'entendrait pour une carapace de gros blocs. Le matériau d'apport doit forcément être dispersé afin de trouver sa pente d'équilibre. S'il s'agit d'un sable fin, la pente d'équilibre est assez douce, ce qui conduit à employer une grande quantité de matériau; au contraire, un gros sable, en raidissant la pente, permet d'éviter une trop grande dispersion.

L'analyse granulométrique du sable d'apport apparaît donc comme l'un des éléments les plus importants du diagnostic que nous allons tenter.

Les levés bathymétriques disponibles (limités aux plages de Saint-Henri de Taillon et de Desbiens) fournissent un moyen de contrôle direct des résultats, mais couvrent des périodes assez courtes (3 et 2 ans, selon le cas).

Il est également intéressant de considérer les conditions d'attaque (vagues) auxquelles ont pu être exposés les apports et les variations de niveaux qui ont été enregistrées au cours de la même période.

A) Granulométrie des apports

Des échantillons du sable d'apport ont été prélevés à St-Jérôme (section 1), Desbiens (section 4), Pointe Bleue (section 11), St-Méthode (section 5), Vauvert (section 7) et St-Henri de Taillon (section 9).

Nous avons établi les courbes granulométriques de ces échantillons afin de les comparer à celles du sable qui se trouvait déjà dans la partie haute des plages d'origine. Cette comparaison, dont les éléments essentiels sont regroupés dans le tableau 1, révèle que le matériau d'apport avait une granulométrie plus forte que celle du matériau d'origine à St-Jérôme, Desbiens, Pointe Bleue et Vauvert, et était plus fin que le matériau d'origine à St-Méthode et St-Henri de Taillon.

Or, le sable de la partie haute des plages primitives, auquel nous nous référons, était peu susceptible d'être dispersé, s'étant déjà appauvri des éléments fins qui avaient été rejetés au bas des plages sous l'effet de triage des vagues. Un sable plus gros devrait "à fortiori" être très peu dispersé et permettre une réduction intéressante des volumes d'apport, tout au moins là où le classement des matériaux reflète une action purement maritime (par opposition aux influences fluvio-maritimes). Par contre, il y a lieu de prévoir, là où le matériau d'apport était plus fin, qu'une plus grande dispersion des éléments interviendra, nécessitant des apports plus considérables.

B) Profils-en-travers de St-Henri de Taillon et Desbiens

Des levés de contrôle des fonds ont été exécutés annuellement par les services topographiques de l'ALCAN:

à Saint-Henri de Taillon d'abord, dès 1966 (année où l'on a effectué la première opération de remblayage) jusqu'en 1970, alors que l'on a procédé au rechargement de la plage. Les profils-en-travers ont une longueur approximative de 250 pieds, sont équidistants de 100 pieds et couvrent une longueur de plage de 3,700 pieds; à Desbiens, de 1969 (année du remblayage à cet endroit) jusqu'en 1971, compris. Ces profils-en-travers mesurent environ 250 pieds de longueur, sont équidistants de 100 pieds et couvrent une longueur de plage de 3,000 pieds.

Ces levés bathymétriques démontrent que les matériaux déversés sur la plage de St-Henri de Taillon ont été davantage dispersés qu'à Desbiens. En effet, un calcul des quantités (voir tableau 2) indique que 95% des apports étaient restés en deçà des limites du levé bathymétrique après 2 ans, à Desbiens, contre 67% à St-Henri de Taillon. Ce pourcentage est du reste tombé à 42% à St-Henri de Taillon l'année suivante.

Ces chiffres semblent confirmer le rôle déterminant que tient la granulométrie dans le processus de dispersion des apports, sous réserve que d'autres facteurs ne soient intervenus tels la fréquence et la sévérité des tempêtes, au sujet desquelles nous n'avons que des indications générales (antérieures à la période 1965 - 1970), et les niveaux dans nous connaissons les variations de 1965 à 1970.

Rappelons à cet égard que les plages de St-Henri de Taillon et de Desbiens (ainsi, d'ailleurs, que celles de St-Jérôme et de St-Gédéon) sont très exposées, à la fois en ce qui a trait à l'amplitude et à la fréquence des tempêtes, les vents du sud-ouest, d'ouest et du nord-ouest soufflant avec force et représentant à eux seuls:

- (a) 58% des vents de mai
- (b) 61% des vents de juin
- (c) 66% des vents de juillet
- (d) 68% des vents d'août
- (e) 67% des vents de septembre
- (f) 66% des vents d'octobre, et
- (g) 60% des vents de novembre

L'examen des enregistrements de niveaux de 1965 - 1970 révèle par ailleurs que des variations de cote assez marquées ont été observées, les niveaux en période d'eau libre ayant varié entre +12.5' et +17.5'. Des variations encore plus marquées auraient été enregistrées en 1971.

-
- (5) La plage de Vauvert peut aussi être soumise à des conditions d'attaque assez dures (en raison de la longueur du "fetch" sud-est), mais la fréquence d'apparition de ces conditions est moins grande. Les plages de Pointe-Bleue et de St-Méthade sont les moins exposées du groupe.

Ces variations du niveau favorisent la dispersion des apports. En effet, le classement des matériaux dans une plage se fait suivant le niveau d'attaque. Pour chacun des niveaux, un tri des matériaux s'opère à la faveur duquel les éléments les plus gros sont abandonnés sur place, ou repaillés plus haut, tandis que les éléments plus fins sont rejetés plus au large; des variations de niveau marquées favorisent donc l'étalement des matériaux.

Considérons, par exemple, la plage de St-Henri de Taillan. Les apports mis en place au printemps 1966 ont été attaqués sous des niveaux variant entre +16' et +17.5' durant le mois de juin, les 3 dernières semaines d'août, et les mois de septembre, octobre, novembre et décembre 1966 (le niveau variant entre +15' et +16' en juillet et durant la première semaine d'août). Ces conditions ont commencé à adoucir la pente du remblai, qui s'est étalé sur une centaine de pieds de largeur (voir figure 5-a).

En 1967, le niveau s'est maintenu au voisinage de +14' de la mi-juin au début d'octobre, déplaçant le point d'attaque au-dessus des matériaux remaniés l'année précédente, pour les repailler plus au large (voir encore la figure 5-a). Cette période de bas niveau fut suivie, de la mi-octobre à la seconde semaine de décembre, de niveaux compris entre +16' et +17.5', qui ont reparté l'attaque vers le haut de la plage.

L'année 1968 a donné lieu à des niveaux encore plus bas (la cote +12.5' ayant été atteinte à la mi-juillet), qui ont dû contribuer à repousser encore un peu plus loin les matériaux déjà déplacés sous la cote +14' l'année précédente.

Compte tenu de cette dispersion (dont les variations de niveau et la granulométrie ont été les agents principaux), le volume d'apport initial de 7.5 v.c./pi. constituait un stock insuffisant pour permettre l'amorce véritable de nouveaux profils d'équilibre et il valait mieux entreprendre sans plus attendre le rechargement des profils comme on l'a fait en 1970.

Il est probable que la granulométrie des apports frais ressemble à celle des apports de 1966 et que les variations du niveau contribueront encore à disperser les matériaux plus qu'on ne le voudrait, mais le volume d'apport supérieur que l'on a utilisé cette fois-ci (12.8 v.c./pi.), combiné au volume de 1966, devrait donner des résultats plus satisfaisants, qu'il faudrait continuer de contrôler chaque année.

Il est intéressant de souligner que bien que la plage de Desbiens ait été elle aussi soumise à des variations notables de niveau ⁽⁶⁾, l'an n'y a pas observé de dispersion notable (voir la figure 5-b), cette supériorité relative paraissant liée à la granulométrie des apports. La plage évolue tout de même lentement, comme en témoigne la figure 5-b, la partie haute du profil s'appauvrissant graduellement au profit de la

(6) Le niveau est descendu à +15' en 1969, +14.5' en 1970 et plus bas encore en 1971 (valeurs non confirmées à cette date...).

partie basse. Un rechargement pourrait donc là aussi devenir nécessaire, mais les résultats déjà acquis sont très encourageants.

C) Autres plages

Il est difficile de prédire le comportement des autres plages à partir des seuls renseignements actuellement disponibles, sauf pour St-Jérôme, où l'on est en droit de dire que les conditions (granulométrie des apports, quantités mises en place, mode d'attaque) ne sont pas moins favorables qu'à Desbiens, et St-Gédéon (plage comprise entre La Belle rivière et le ruisseau Grand Mont), où l'on peut aussi anticiper des résultats très satisfaisants, pour autant que la granulométrie des apports y soit aussi favorable qu'à St-Jérôme.

La solution est plus incertaine à Vauvert, Saint-Méthode et Pointe Bleue, où le régime des berges est marqué par des influences fluvio-maritimes qui viennent perturber le mécanisme d'érosion frontale due aux vagues en fonction duquel la méthode de protection a été conçue.

CONCLUSIONS

La méthode de protection a été conçue en fonction d'un processus d'érosion frontale due aux vagues. Ce processus caractérise le régime de l'ensemble des plages, mais il est brouillé par des influences fluvio-maritimes, au débouché des rivières, et par des échanges longitudinaux, en certaines portions du littoral (généralement des segments assez courts, que l'on identifiera "in situ") où l'attaque est nettement oblique.

La méthode a donc de meilleures chances de réussite là où le mécanisme d'érosion frontale peut être considéré comme prépondérant par rapport aux autres facteurs d'équilibre. Les plages de St-Henri de Taillon, St-Gédéon, St-Jérôme et Desbiens appartiennent en gros à cette catégorie. Elles sont malheureusement, par ailleurs, les plus exposées.

Le volume d'apport nécessaire pour y constituer de nouveaux profils d'équilibre paraît fortement lié à la granulométrie des apports. Il est également influencé par les variations de niveau assez marquées qui caractérisent le régime du lac.

Les analyses granulométriques permettent d'anticiper que des volumes d'apports assez limités seront suffisants à Desbiens et St-Jérôme, mais qu'une dispersion plus considérable est à craindre à St-Henri de Taillon. Les levés bathymétriques exécutés à Desbiens et St-Henri de Taillon viennent d'ailleurs confirmer ces tendances. Les résultats de Desbiens et St-Jérôme seraient extrapolables à St-Gédéon (plage comprise

entre La Belle rivière et le ruisseau Grand mont) pour autant que la granulométrie des apports y doit aussi favorable, ce qui n' a pas été vérifié.

Les autres plages (Vauvert, St-Méthode, Pointe-Bleue...) ont un régime d' équilibre plus complexe et la solution y est plus incertaine, encore qu' elle puisse réussir en certains cas.

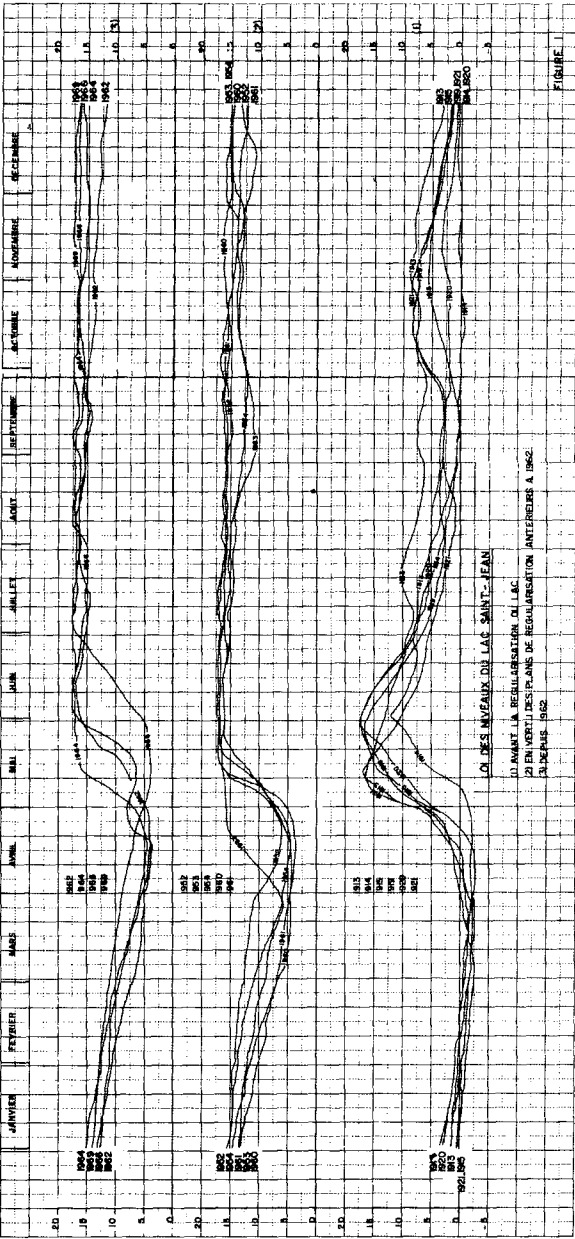


FIGURE 1

COASTAL ENGINEERING

1494

COURANTS DE MASSE ASSOCIES AUX VAGUES

REPARTITION VERTICALE DES VITESSES AVEC

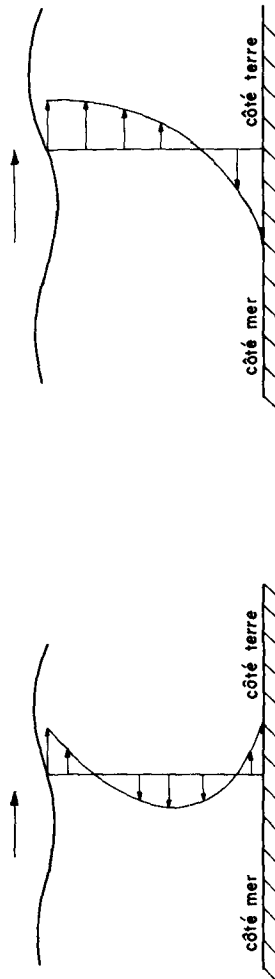
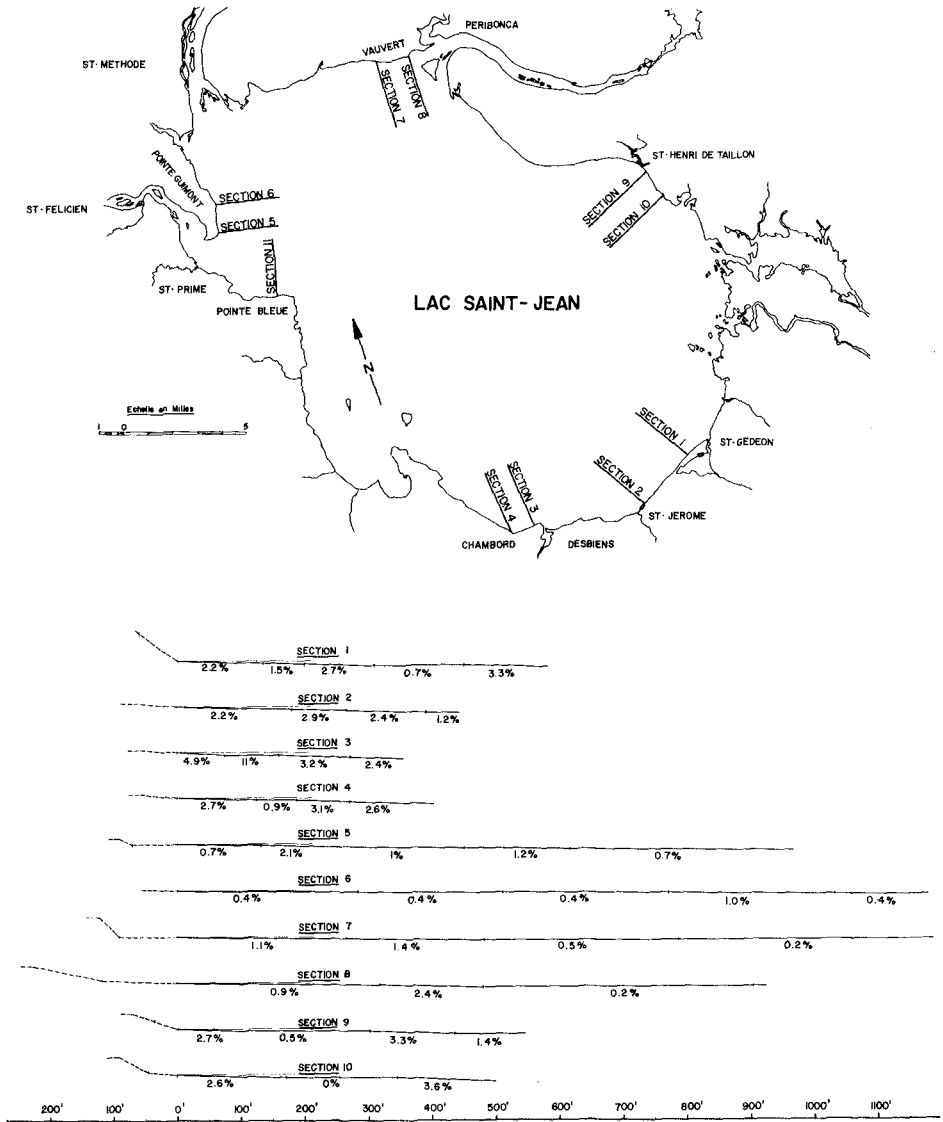
(a)
LA HOULE OCEANIQUE(b)
LES MERS DE VENT

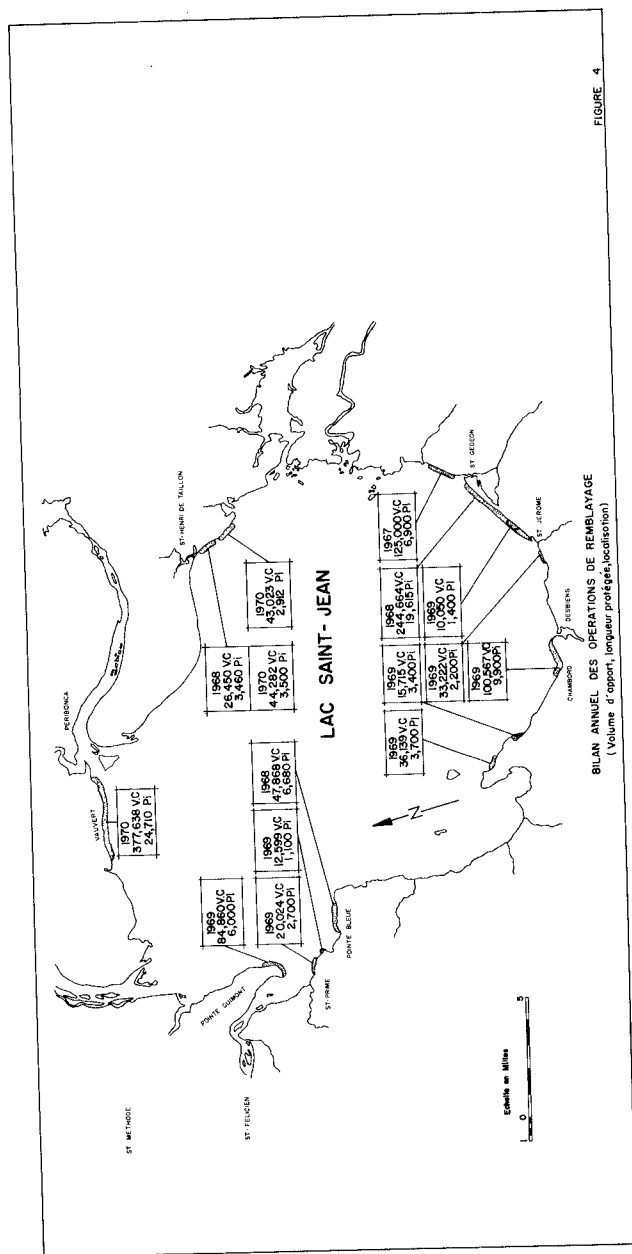
FIGURE 2

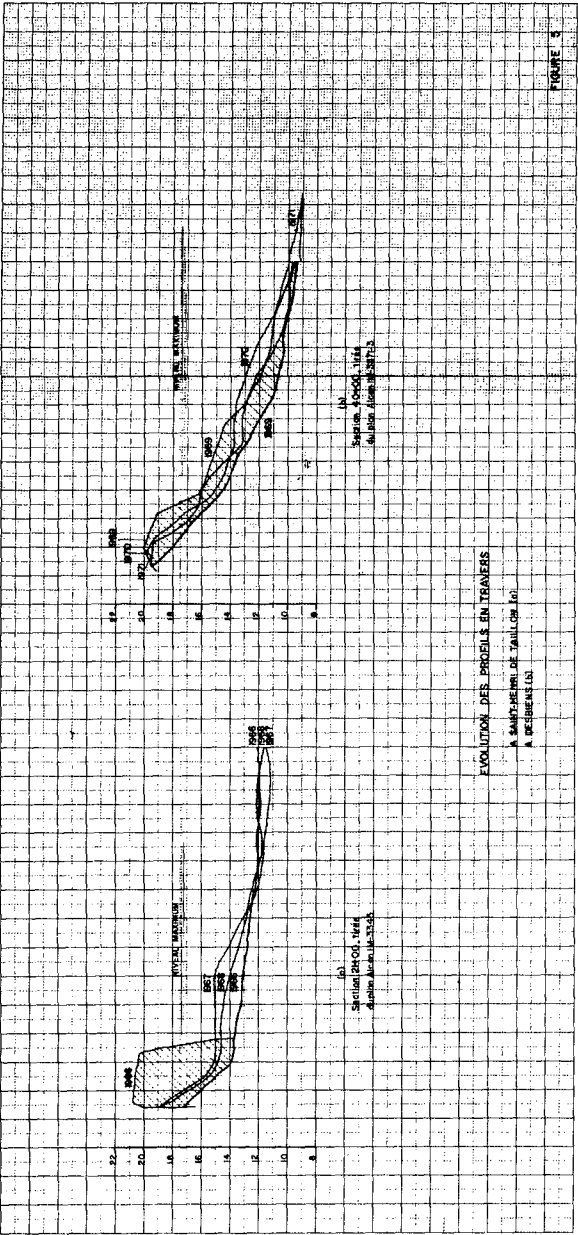


PROFILS EN TRAVERS DES PLAGES

(Etabli en 1965)

FIG: 3





COASTAL ENGINEERING
NO. 1953

1498

TABLEAU 1 : COMPARAISON ENTRE LA GRANULOMETRIE DES APPORTS ET CELLE DU SABLE QUI SE TROUVAIT DANS LA PARTIE HAUTE DES PLAGES D' ORIGINE				
ENDROIT	Diamètre 50 %	Diamètre 90 %	Diamètre 10 %	
Saint-Jérôme (section 1) Apports Matériau d' origine	0.7 mm 0.40 mm	1.1 mm 0.75 mm	0.5 mm 0.25 mm	
Desbiens (section 4) Apports Matériau d' origine	0.6 mm 0.5 mm	0.95 mm 0.75 mm	0.42 mm 0.34 mm	
Pointe-Bleue (section 11) Apports Matériau d' origine	0.60 mm 0.5 mm	1.09 mm 1.0 mm	0.37 mm 0.22 mm	
Vauvert (section 7) Apports Matériau d' origine	0.45 mm 0.10 mm	1.1 mm 0.29 mm	0.17 mm 0.05 mm	
St-Henri de Taillon (section 9) Apports Matériau d' origine	0.35 mm 0.47 mm	0.45 mm 0.72 mm	0.23 mm 0.3 mm	
Saint-Méthode (section 5) Apports Matériau d' origine	0.39 mm 0.46 mm	0.5 mm 0.60 mm	0.22 mm 0.38 mm	

**TABLEAU 2 : CALCUL DU VOLUME D'APPORT D'EMURE EN DEÇA
DES LIMITES DU LEVE BATHYMETRIQUE EN FONCTION DU TEMPS**

PLAGE DE ST. HENRI DE TAILLON					PLAGE DE DESBIENS			
SECTION	1966	1967	1968	1969	SECTION	1969	1970	1971
0 + 00	100%	100%	222%	170%	25 + 00	100%	132%	106%
1 + 00	100%	100%	169%	203%	26 + 00	100%	115%	82%
4 + 00	100%	34%	51%	24%	27 + 00	100%	84%	108%
5 + 00	100%	60%	36%	66%	28 + 00	100%	80%	67%
6 + 00	100%	87%	75%	26%	29 + 00	100%	90%	103%
7 + 00	100%	55%	59%	50%	30 + 00	100%	103%	76%
8 + 00	100%	45%	58%	63%	31 + 00	100%	111%	99%
9 + 00	100%	44%	55%	39%	32 + 00	100%	97%	96%
10 + 00	100%	26%	64%	45%	33 + 00	100%	87%	112%
11 + 00	100%	39%	20%	10%	34 + 00	100%	100%	111%
12 + 00	100%	66%	54%	40%	35 + 00	100%	112%	116%
13 + 00	100%	89%	77%	63%	36 + 00	100%	110%	102%
14 + 00	100%	62%	67%	64%	37 + 00	100%	112%	94%
15 + 00	100%	97%	103%	66%	38 + 00	100%	113%	86%
16 + 00	100%	65%	79%	26%	39 + 00	100%	100%	107%
17 + 00	100%	72%	73%	17%	40 + 00	100%	112%	152%
18 + 00	100%	51%	70%	56%	41 + 00	100%	82%	161%
19 + 00	100%	65%	26%	4%	42 + 00	100%	77%	134%
20 + 00	100%	92%	73%	36%	43 + 00	100%	84%	108%
21 + 00	100%	79%	36%	16%	44 + 00	100%	111%	105%
22 + 00	100%	100%	52%	27%	45 + 00	100%	130%	97%
23 + 00	100%	65%	38%	9%	46 + 00	100%	168%	98%
24 + 00	100%	55%	46%	30%	47 + 00	100%	73%	96%
25 + 00	100%	82%	65%	34%	48 + 00	100%	84%	80%
26 + 00	100%	128%	101%	50%	49 + 00	100%	119%	78%
27 + 00	100%	111%	112%	19%	50 + 00	100%	69%	104%
28 + 00	100%	32%	31%	9%	51 + 00	100%	82%	139%
29 + 00	100%	124%	75%	39%	52 + 00	100%	107%	93%
30 + 00	100%	73%	33%	29%	53 + 00	100%	90%	111%
31 + 00	100%	119%	46%	6	54 + 00	100%	89%	102%
32 + 00	100%	69%	94%	49%				
33 + 00	100%	78%	65%	21%				
34 + 00	100%	57%	70%	34%				
35 + 00	100%	66%	55%	27%				
36 + 00	100%	117%	22%	12%				
37 + 00	100%	42%	69%	57%				
MOYENNE	100%	73 %	67 %	42 %	MOYENNE	100 %	92 %	95 %

LABORATOIRE HYDRAULIQUE LASALLE LTÉE

LASALLE HYDRAULIC LABORATORY LTD.

PHOTOS



(a)

du chantier 1966

(b)

de la drague à
l'oeuvre



LABORATOIRE HYDRAULIQUE LASALLE LTÉE

LASALLE HYDRAULIC LABORATORY LTD.

PHOTOS



(c)

du remorqueur

(d)

de la
"débuseuse"