

ÉTUDE CANADA-ONTARIO DES DOMMAGES SURVENUS AUX RIVES DES GRANDS LACS

RAPPORT TECHNIQUE

2234/4

SEI



OCTOBRE 1975

GB
460
.C3
C3514

Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs

Remerciements

Comité de coordination

CANADA
J.P. Bruce

ONTARIO
J.W. Giles

Présidents du Comité de direction

CANADA
T.D.W. McCulloch

ONTARIO
S.B. Panting

Directeur des projets de l'Étude
W.S. Haras

Rapport technique

Comité de rédaction

Direction

R.S. Boulden
D.W. Brown
J.P. Coakley
J.R. Shaw
A. Sudar
K.K. Tsui

Révision

S.B. Panting	K.K. Tsui
D.M. Foulds	W.S. Haras
N.G. Freeman	T.D.W. McCulloch

Surveillant de la publication

R.S. Boulden

Table des Matières

Glossaire	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	vi
Liste des annexes	vii
Résumé	ix
Summary	xiii
Introduction	xvii
 CHAPITRE 1 MÉTHODES ET CRITÈRES DE L'ÉTUDE	
1.1 Méthodes de photographie et de cartographie	1
1.2 Détermination des taux d'érosion	2
1.2.1 Taux historiques de recul et d'avancement	2
1.2.2 Taux de recul et d'avancement obtenus par photogrammétrie	6
1.2.3 Étude au sol des taux d'érosion et d'accumulation	6
1.3 Inventaire des propriétés riveraines	6
1.3.1 Région étudiée	6
1.3.2 Cueillette et mise en mémoire des données	8
1.4 Étude des dommages reliés aux niveaux d'eau	8
 CHAPITRE 2 ÉROSION ET INONDATIONS: CAUSES	
2.1 Le processus d'érosion	10
2.1.1 Action des vagues	10
2.1.2 Rôle de la glace	10
2.1.3 Matériaux des rives	11
2.2 Facteurs relatifs à l'érosion des rives des Grands lacs	12
2.2.1 Fluctuations des niveaux lacustres	12
2.2.2 Diversité des matériaux des rives	14
2.2.3 Les facteurs anthropiques	17
2.3 Crues sur la ligne de rivage des Grands lacs	20
2.3.1 Inondations de courte et de longue durées	20
2.3.2 Régions exposées aux inondations	20
 CHAPITRE 3 ÉROSION DES RIVES DES GRANDS LACS: SON AMPLEUR	
3.1 Taux historiques de recul et d'avancement	25
3.1.1 Lac Huron	25
3.1.2 Lac Sainte-Claire	26
3.1.3 Lac Érié	26
3.1.4 Lac Ontario	27
3.2 Taux de recul et d'avancement obtenus par photogrammétrie	27
3.2.1 Lac Huron	27
3.2.2 Lac Sainte-Claire	28
3.2.3 Lac Érié	28
3.2.4 Lac Ontario	28
3.3 Taux d'érosion et d'avancement établis par un levé de terrain	29
3.3.1 Lac Huron	29
3.3.2 Lac Sainte-Claire	31
3.3.3 Lac Érié	31
3.3.4 Lac Ontario	31
3.4 Analyse comparative des résultats	32

CHAPITRE 4	EFFETS DES DOMMAGES SURVENUS AUX RIVES DES GRANDS LACS	
4.1	Caractéristiques des propriétés riveraines	41
4.1.1	Utilisation du sol	41
4.1.2	Droit de propriété des terres	43
4.1.3	Valeur foncière	44
4.2	Étude des dommages survenus aux rives	44
4.2.1	Dommages sur les rives par région	46
4.2.2	Perte de valeur foncière	47
4.2.3	Sommaire	47
4.3	Caractéristiques des sols dangereux	48
CHAPITRE 5	ÉROSION ET INONDATIONS: ATTÉNUATION DES DOMMAGES	
5.1	Mesures possibles	51
5.1.1	Protection de la rive à court et à long termes	51
5.1.2	Régularisation des niveaux lacustres	52
5.1.3	Gestion et planification	53
5.2	Programmes gouvernementaux actuels	54
5.2.1	Politiques et programmes fédéraux	55
5.2.2	Les programmes provinciaux d'aide à la priorité riveraine	55
5.2.3	Recherche et cueillette des données	56
5.2.4	Évaluation du milieu	56
CHAPITRE 6	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	
6.1	Conclusions	57
6.2	Recommandations	58
	Annexes	59
	Bibliographie	97

Glossaire

apport en matériaux

des rives - le transport de matières en suspension le long d'une rive, qui se produit généralement à une profondeur de deux mètres ou moins.

ARDA (Can)

- sigle de la Loi sur l'aménagement rural du développement agricole (Canada).

ARDA (Ont)

- sigle d'*Agricultural Rehabilitation and Development Act (Ontario)* - loi sur la réorganisation et le développement de l'agriculture

avancement - apport linéaire au rivage par déposition naturelle

caractéristiques de sols

dangereux - aux fins de ce rapport, les cités, villes et cantons dont les taux annuels d'érosion dépassent 2m³/m/m ou qui sont sujets aux inondations ont des caractéristiques de sols dangereux

dommages

possibles - les dommages pouvant s'ensuivre immédiatement à cause d'un ensemble de facteurs tels que les taux d'érosion importants, les constructions à proximité d'une rive ou le danger d'inondation

dommages dus aux niveaux

des eaux - relation qui existe entre les niveaux des eaux et les dommages aux rives

écosystème - ensemble que constituent une communauté et son milieu fonctionnant comme une unité écologique dans la nature

érosion - la perte nette, sur une période de temps donnée, que subissent les rivages normalement situés au-dessus de la surface lacustre

évaluation des répercussions environnementales

- une activité dont le but est d'identifier, de prévoir, d'interpréter et de communiquer des renseignements sur les conséquences d'une action (projets de loi, politiques, programmes, projets et méthodes de travail) sur la santé et le bien-être de l'homme (y compris le bon état des écosystèmes dont dépend la survie de l'homme)

inondation - la submersion temporaire de rivages normalement situés au-dessus des niveaux lacustres

ligne de rivage

- la ligne de contact entre la terre et l'eau dans le cas d'une nappe d'eau donnée

ligne de rivage

érosive - partie de la ligne de rivage sujette à l'érosion; pour les fins de l'Etude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs, cette expression s'applique à la ligne

de rivage de Port Severn dans la baie Georgienne, à Gananoque sur le lac Ontario

ligne des basses

eaux (LBE) - le niveau d'eau auquel se réfèrent les profondeurs des cartes de navigation ainsi que celles des travaux d'amélioration des ports et des chenaux dans les Grands lacs; les niveaux sont rarement inférieurs à cette ligne de référence

m³/m/m/an

- une mesure annuelle de l'érosion des rives qui se rapporte au volume des matériaux érosifs sur un mètre linéaire de ligne de rivage sur une hauteur d'escarpement d'un mètre

marge de recul

- une distance mesurée perpendiculairement à la ligne de rivage, à partir du bord d'un escarpement, à l'intérieur de laquelle toute construction est interdite, sauf pour des fins de protection contre l'érosion et les inondations

modèle de

simulation - reproduction ou représentation à petite échelle d'un objet ou d'un système existant dont les caractéristiques externes sont semblables à celles de l'original

ouvrages de

protection - constructions conçues pour corriger la situation; aux fins de ce rapport, elles sont particulièrement axées sur des problèmes comme l'érosion et les inondations

protection à court

terme - protection temporaire ou d'urgence d'une rive

protection à long

terme - protection d'une rive et qui devra durer pour cinquante ans

recul

- réduction linéaire du rivage par des phénomènes naturels

régions

lacustres - pour l'Etude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs, on entend par régions lacustres la zone qui se situe entre la ligne de 20 mètres de profondeur au large de la rive et une ligne située à 1.6 kilomètre de la ligne de rivage sur la terre ferme

rivage

- terre à la bordure d'une nappe d'eau comprise dans la limite de 1.6 kilomètre de distance perpendiculaire à la ligne de rivage

rive

- terre à la bordure ou près de la bordure d'une nappe d'eau

SAFRAS

- sigle de *Self-Adapted Flexible Format*

		<i>Retrieval and Storage</i> , un programme machine destiné à l'emmagasiner des données			valeur cotisée	- valeur d'une propriété établie par un cotiseur du ministère du Revenu de l'Ontario aux fins de taxation
secteur d'érosion	-	section de ligne de rivage dont les caractéristiques physiques suivantes sont semblables: hauteur et composition de l'escarpement, matériaux de la plage, largeur de la plage, angle d'attaque des vagues, ou tout autre phénomène lié au processus d'érosion			valeur foncière perdue	- la dépréciation d'une propriété en raison de la perte d'une portion utilisable
taux d'accumulation	-	apport volumétrique au rivage par déposition naturelle			valeur marchande	- la valeur d'une propriété basée sur des prix de vente à jour; elle est généralement plus élevée que la valeur cotisée
taux d'érosion	-	la réduction volumétrique du rivage par des phénomènes naturels			zonage	- séparation ou division d'une cité, d'une ville ou d'un canton en secteurs caractérisés par des restrictions particulières selon le type d'utilisation des terres ou de construction

Liste des tableaux

	Page
Tableau 2.2.2	Variations occasionnées aux niveaux des Grands lacs
	par les principales dérivations 18
Tableau 2.2.3	Ouvrages de protection des rives des Grands lacs 19
Tableau 2.2.4	Quantités moyennes annuelles extraites des ports
	des Grands lacs 19
Tableau 3.1	Répartition des mesures de recul historiques 25
Tableau 3.1.1	Taux de recul historiques du lac Huron 26
Tableau 3.1.2	Taux de recul historiques du lac Sainte-Claire 26
Tableau 3.1.3	Taux de recul historiques du lac Érié 26
Tableau 3.1.4	Taux de recul historiques du lac Ontario 27
Tableau 3.2	Endroits où les données du recul sont obtenues
	par photogrammétrie 27
Tableau 3.2.1	Taux de recul du lac Huron (1955 à 1973) 27
Tableau 3.2.2	Taux de recul du lac Sainte-Claire (1955 à 1973) 28
Tableau 3.2.3	Taux de recul du lac Érié (1955 à 1973) 28
Tableau 3.2.4	Taux de recul du lac Ontario (1955 à 1973) 28
Tableau 3.3	Erosion et accumulation des Grands lacs 29
Tableau 3.3.3	Secteurs d'érosion (taux supérieurs à 0.5 m ³ /m/m/an)—lac Érié 31
Tableau 3.3.4	Secteurs d'érosion (taux supérieurs à 0.5 m ³ /m/m/an)—lac Ontario . . . 31
Tableau 4.1.1	Utilisation des terres riveraines par lac 43
Tableau 4.1.2	Terres riveraines en mains étrangères 44
Tableau 4.2.1	Domages sur les rives par région 45
Tableau 4.2.2	Perte de valeur foncière autour des Grands lacs 47
Tableau 4.2.3	Valeur totale des dommages survenus de novembre 1972 à
	novembre 1973 47
Tableau 4.3	Sols avec des caractéristiques dangereuses 48

Liste des figures

	Page
Figure 1.1 Ligne de rivage érosive des Grands lacs	xviii
Figure 1.2 Organigramme—Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs	xix
Figure 1.3 Première carte, atlas de la zone côtière	3
Figure 1.4 Deuxième carte, atlas de la zone côtière	5
Figure 1.5 Tracé type d'une station de mesure de l'érosion	7
Figure 2.1 Exemples de ruptures de pentes	11
Figure 2.2 Hydrologie du réseau des Grands lacs	13
Figure 2.3 Cartes hydrographiques des niveaux des Grands lacs	15
Figure 2.4 Inondations à long et à court termes	21
Figure 2.5 Inondations des rives des Grands lacs	23
Figure 3.3 Taux d'érosion nets des Grands lacs—répartition de fréquence	30
Figure 3.3.1a Taux annuels nets d'érosion du lac Huron	33
Figure 3.3.1b Taux annuels nets d'érosion du lac Huron	35
Figure 3.3.3 Taux annuels nets d'érosion des lacs Sainte-Claire et Érié	37
Figure 3.3.4 Taux annuels nets d'érosion du lac Ontario	39
Figure 4.1 Répartition des terres par lac selon leur utilisation et leur droit de propriété	42
Figure 4.3 Sols avec des caractéristiques dangereuses	49

Liste des annexes

		Page
1.1	Méthodes de photographie et de cartographie	61
1.4	Relevé des dommages reliés aux niveaux d'eau—liste des coûts	62
2.1.3	Propriétés d'érosion des matériaux de la ligne de rivage	
	des Grands lacs	66
2.2.1a	Hydrologie des Grands lacs	67
2.2.1b	Répartition des types de lignes de rivage des Grands lacs	67
2.2.1c	Dimensions moyennes des particules, lignes de rivage	
	des Grands lacs	68
3.3	Taux d'érosion et d'accumulation dans les Grands lacs	68
3.4.1	Sommaire des taux de recul — lac Huron	70
3.4.2	Sommaire des taux de recul — lac Sainte-Claire	76
3.4.3	Sommaire des taux de recul — lac Érié	77
3.4.4	Sommaire des taux de recul — lac Ontario	83
4.1.1a	Codes d'évaluation de l'utilisation des terres	87
4.1.1b	Utilisation des terres	88
4.1.1c	Répartition de l'utilisation des terres	89
4.1.2a	Droits de propriété	90
4.1.2b	Répartition des droits de propriété	91
4.1.2c	Propriétés publiques	92
4.1.3	Valeur des propriétés riveraines	92
4.2.1a	Sommaire des dommages aux rives	93
4.2.1b	Répartition par lac des dommages aux rives	96
5.1.1	Évaluation des coûts de réalisation d'une protection	
	à long terme des rives	96



Résumé

Introduction

L'action conjuguée des orages et du niveau sans précédent ou presque des eaux des Grands lacs, en automne 1972 et au printemps 1973, a provoqué des dégâts étendus aux lignes de rivage de ces derniers et aux canaux les reliant, par inondation et érosion. Le ministère de l'Environnement et le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario ont donc convenu d'évaluer la nature et l'ampleur des dommages et d'apporter des recommandations provisoires pour la gestion et la planification relatives aux lignes de rivage en question. La saisie de données sur lesquelles se fonderont les recommandations a commencé au printemps de 1973 et s'est terminée à l'été de l'année suivante.

Portée

L'étude de clichés photographiques et d'autres renseignements disponibles a montré que les dommages étaient limités aux Grands lacs d'aval. Ainsi, l'étude s'est concentrée à la partie érosive des Grands lacs qui va de Port Severn, dans la baie Georgienne, jusqu'à Gananoque, dans le bas du lac Ontario. Les données, qu'on a réunies pour la période allant de novembre 1972 à novembre 1973, concernaient l'utilisation des terres, leur valeur, les titres fonciers, les caractéristiques physiques des lignes de rivage, les dommages aux rives, et la protection apportée aux rives dans les régions touchées. Ces paramètres, ainsi que les photographies correspondantes et les histogrammes des taux de recul et d'avancement des rives, sont inclus dans l'atlas joint au rapport.

Conclusions et recommandations

L'érosion et les inondations sont des phénomènes naturels qui touchent à un degré ou un autre la plupart des lignes de rivage. Les dommages qu'on leur attribue se sont élevés à plus de 19 millions de dollars pour la période étudiée. Si l'on ajoute 9 millions de dollars pour les pertes de terres dues à l'érosion, le total dépasse les 28 millions de dollars. On a évalué les dommages pouvant s'ensuivre immédiatement, à cause d'un ensemble de facteurs tels que les taux d'érosion importants, les constructions à proximité d'une rive ou le danger d'inondation, à 19 millions de dollars de plus. L'étude a montré qu'il existait des variations régionales pour ce qui était de l'ampleur des dommages à la priorité et de celle de l'érosion des rives, et elle a servi à délimiter les sols dangereux. Le coût estimatif de la protection à long terme de ces sols est de \$1.02 milliard ou \$287/m, tandis que la valeur foncière estimative est de \$1.3 milliard ou \$364/m, indiquant que 54% de la ligne de rivage classée comme "sols dangereux" vaut actuellement moins que le coût de sa protection à long terme.

L'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs a nécessité la réunion de nombre de données et la détermination des régions prioritaires, mais n'a compris aucune étude détaillée de planification. On a étudié à vol d'oiseau le choix des solutions permettant d'alléger les problèmes causés par les inondations et l'érosion, et il doit faire l'objet d'un examen en rapport avec des secteurs donnés de la ligne de rivage. Les solutions comprennent la cartographie des régions exposées à l'érosion et aux crues, la régulation de l'utilisation des terres par zonage, l'établissement de marges de recul, l'acquisition de terres et la protection par l'utilisation d'ouvrages physiques. L'élaboration de politiques fédérales et provinciales à l'égard de l'érosion et des crues, et des recherches subséquentes sur certains sites bien particuliers tenant compte des solutions proposées, aideront à optimiser les avantages qu'apportera l'utilisation présente et à venir des lignes de rivage des Grands lacs.

Il est recommandé:

- 1) de déterminer les sols dangereux des lignes de rivage des Grands lacs, y compris toutes les régions exposées aux inondations et à l'érosion, identifiées par l'étude, et où on devrait réglementer la mise en valeur et l'utilisation des terres.
- 2) d'élaborer des politiques de gestion des régions lacustres qui comprennent:
 - a) des politiques relatives aux sols dangereux, à incorporer dans les programmes officiels de toutes les municipalités riveraines des Grands lacs;
 - b) une politique d'acquisition des terres, visant celles qui comportent des dangers; et
 - c) une politique générale de gestion des régions lacustres.
- 3) d'effectuer des études limitées à des sites particuliers de la région en question, aux caractéristiques de sols dangereux, afin de faciliter l'évaluation des solutions proposées pour la gestion des rives et fondées sur la valeur foncière, le propriété, le coût des travaux de protection, les taux d'érosion et de recul des rives, les risques d'inondation, l'évaluation des répercussions sur l'environnement et les études connexes du rapport coûts-avantages.
- 4) de créer un modèle de simulation de l'utilisation des terres et de la gestion de la ligne de rivage, afin de déterminer les stratégies optimales de gestion pour des secteurs donnés de rivage. En entrée, on trouverait des variables relatives à l'inventaire des propriétés, aux dommages, les taux d'érosion et de recul des rives, le danger d'inondation et les possibilités d'uti-

lisation des terres. En sortie, on obtiendrait des courbes des dommages reliés aux niveaux des eaux et la combinaison optimale de stratégies de gestion pour une étendue donnée de rivage.

- 5) d'intensifier les programmes destinés à éveiller le public au problème par distribution d'informations sur les conditions météorologiques, les niveaux des eaux des lacs, les phénomènes naturels qui jouent un certain rôle dans l'érosion et les inondations et les techniques de protection des rives.
- 6) de poursuivre la surveillance des lignes de rivage, de remettre à jour ce qu'on sait sur celles des Grands lacs, afin d'assurer l'actualité des données recueillies sur les caractéristiques des lignes de rivage.
- 7) d'entreprendre des travaux de recherche sur les phénomènes touchant les rives et pour l'amélioration des méthodes de protection, à long et court termes, des rives.

Méthodes et critères utilisés dans l'étude

On peut grouper les méthodes en quatre catégories principales: photographie et cartographie; détermination des taux d'érosion, inventaire des titres de propriétés riveraines; étude des dommages dus aux niveaux des eaux.

Pour l'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs, on s'est servi de deux types de photographies aériennes: les premières datant de la période 1952 à 1955, les autres de 1973, année-record pour la hauteur des eaux. Ces informations ont permis d'établir les profils des rives et de les comparer entre eux, et de déterminer les taux de recul et d'avancement des rives pour l'intervalle en question. On a aussi établi des histogrammes des taux de recul des rives à partir de documents historiques concernant des levés de terrain et de données obtenues par des stations de mesure de l'érosion contrôlées au sol.

On peut donc classer les taux d'érosion décrits dans le présent rapport en trois catégories:

- 1) taux de recul et d'avancement historiques fondés sur les levés de terrain faits à partir de 1900 jusqu'à présent;
- 2) taux établis par photogrammétrie grâce à des photos aériennes datant de 1952 à 1955 et de 1973; et
- 3) taux d'érosion et d'accumulation par levés de terrain, fondés sur des données fournies par des stations à cet effet, pour la période de 1971 à 1973.

L'inventaire des titres de propriétés riveraines s'est fait par vingt-cinq bureaux régionaux d'évaluation, avec la collaboration du ministère du Revenu de l'Ontario. Les données sur l'utilisation des terres, leur propriété et la valeur foncière sont emmagasinées dans la banque SAFRAS du Centre canadien des eaux intérieures à Burlington.

L'étude des dommages causés par les niveaux des eaux a permis de se renseigner sur la nature et l'ampleur des dommages provoqués sur les rives des Grands lacs. La reconnaissance de toute la ligne de rivage érosive s'est achevée au cours de la campagne 1973 tandis que la compilation et l'analyse des données se sont faites au cours de l'hiver 1973 et 1974. On a de plus obtenu d'autres renseignements

sur les dommages sur interrogatoire de propriétaires de terrains, par prises de photographies et par schémas de la disposition générale des propriétés en question. En tout, on a localisé 8,439 propriétés endommagées le long de la ligne de rivage, et elles ont fait par la suite l'objet d'une évaluation détaillée.

Érosion et inondations

a) Causes

L'érosion est le processus principal qui mène à l'altération et à la détérioration des lignes de rivage. C'est un phénomène naturel qui s'y produit à un degré ou à un autre. Parmi les facteurs qui influent sur lui, dans la région des Grands lacs, il y a les variations des niveaux des eaux (autres que la marée), l'action des vagues, l'action des glaces, les caractéristiques physiques de la ligne de rivage et l'apport en matériaux des rives. Les facteurs anthropiques ont une action réduite sur l'érosion et comprennent la colonisation, l'agriculture, la régulation des niveaux des eaux par les constructions à cet effet et par des travaux de dérivation, les constructions sur la ligne de rivage, les carrières de sable le long de cette dernière ou tout près, et la navigation.

Les inondations se produisent dans la région, quand les hauteurs des eaux se trouvent au-dessus de leur niveau moyen, à court ou long termes. Elles frappent surtout les régions basses ou les basses rives des cours d'eau tributaires qui subissent le contre-coup de trop-plein d'eau dans les Grands lacs. L'emplacement des inondations et leur gravité varient selon les fluctuations des niveaux des eaux et l'élévation du rivage.

b) Amplitude des phénomènes

Les taux de recul des rives, déterminés par photogrammétrie, sont généralement fondés sur des intervalles de temps plus courts que les taux historiques. Aussi ces derniers sont plus représentatifs des taux moyens à long terme. Les données obtenues des stations de mesure de l'érosion établies entre 1971 et 1973 représentent des variations à court terme au cours d'une période orageuse et de hautes eaux inhabituelles. C'est pourquoi, ces taux sont relativement élevés comparativement aux taux historiques ou photogrammétriques. Les régions où l'érosion est importante sont le township de Sarnia, sur le lac Huron; la région de Port Burwell, sur le lac Érié; et la municipalité régionale de Niagara, sur le lac Ontario.

Graçe aux diverses méthodes permettant de chiffrer l'intensité de l'érosion, on conclut que cette dernière a été plus forte pendant la période considérée (novembre 1972 à novembre 1973) que ne le rapporte l'analyse à long terme. Pour une évaluation précise de l'érosion, dans une région, on devrait faire des analyses par station de mesure plutôt que de supposer que les taux moyens pondérés sont réellement représentatifs de la situation.

Parmi les régions ayant eu à souffrir des inondations pendant la période considérée, il y a l'île Pelée, la pointe Pelée, la baie Rondeau et la pointe Longue, dans le lac Érié, la majorité de la ligne de rivage du lac Sainte-Claire, l'île Toronto et la baie Frenchman dans le lac Ontario.

En tenant compte des dommages causés par l'érosion et les inondations, les rives les plus touchées ont été celles du comté de Lambton sur le lac Huron (\$20,447), du comté d'Essex sur les lacs Sainte-Claire et Érié (\$75,488 et \$23,084 respectivement) et des municipalités régionales de Halton (\$26,313) et de Peel (\$36,193) sur le lac Ontario. On a défini les régions à sols dangereux comme étant des régions où les dommages aux rives dépassaient les \$5,000/km, les régions où les taux d'érosion dépassaient 2 m³/m/m/an, ou les régions ayant subi des inondations en 1972 et 1973.

c) Atténuation des effets

En réexaminant les conséquences de l'érosion et de l'inondation de la ligne de rivage, la question se pose à

savoir quelles stratégies ou solutions mettre en oeuvre pour en atténuer les effets. Pour une gestion et une planification efficaces des régions riveraines des Grands lacs, on a besoin de lignes directrices. Les conséquences d'ordre socio-économique, technologique et environnemental nécessitent une analyse approfondie des solutions possibles avant d'envisager toute mise sur pied de programmes. Actuellement, la solution la plus pratique semble être l'adoption des diverses méthodes de gestion des lignes de rivage, telles que le zonage et l'établissement de marges de recul faisant partie des programmes officiels de toutes les municipalités riveraines des Grands lacs. Les prochaines études de sites particuliers permettront l'énoncé de priorités à l'échelle locale et la sélection éventuelle des meilleures solutions pour une région donnée.



Summary

Introduction

Storm action superimposed upon record and near record high water levels during the fall of 1972 and spring of 1973 caused extensive damage to Great Lakes shorelines and connecting channels by flooding and erosion. Environment Canada and the Ontario Ministry of Natural Resources subsequently entered into an agreement to survey the nature and extent of these damages and to make preliminary recommendations related to shoreline management and planning. Acquisition of data on which these recommendations would be based commenced in the spring of 1973 and was completed in the summer of 1974.

Scope

Photo-interpretation and other available information indicated shore damage was confined to the lower Great Lakes. Thus, the survey was restricted to the erodible portion of the Great Lakes from Port Severn on Georgian Bay to Gananoque on the easterly end of Lake Ontario. Data was collected for the period November, 1972 to November, 1973 and included land use, land value, land ownership, shoreline physical characteristics, shore damage, and existing shore protection in damaged areas. These parameters, along with corresponding photomosaics and histograms of recession/accretion rates are depicted on the Coastal Zone Atlas accompanying this report.

Conclusions and Recommendations

Erosion and inundation are natural processes which occur, to a varying extent, on most shorelines. Structural shore damage due to erosion and inundation amounted to more than \$19 million during the period of survey. Combined with \$9 million in lost land value due to erosion, total costs were in excess of \$28 million. Immediate potential damage, which exists due to a combination of factors such as high erosion rates, proximity of buildings to edge of bank, or flood susceptibility, was estimated at an additional \$19 million. The survey demonstrated regional variance in the extent of property damage and intensity of shore erosion and was used to delineate hazard lands. The estimated cost of long-term protection in these hazard lands was \$1.02 billion or \$287/m, while total property value was estimated at \$1.3 billion or \$364/m, indicating that 54% of the total "hazard land" shoreline is presently worth less than the cost of long-term shore protection.

The Canada/Ontario Great Lakes Shore Damage Survey involved a detailed compilation of data and priority area

determination but did not include any detailed planning studies. The range of alternatives for the mitigation of erosion and inundation problems were examined generally, but must be further assessed in relation to specific reaches of shoreline. Alternatives include erosion and flood risk mapping, land use adjustments through zoning, setback requirements, acquisition, and structural protection. The development of federal and provincial policies related to erosion and inundation, and subsequent site-specific research into these management alternatives, will help to optimize the benefits of present and future shoreline use on the Great Lakes.

It is recommended that:

- 1) shoreline hazard lands be defined for the Great Lakes including all erosion and inundation prone areas identified in this survey, where further development and land use should be regulated.
- 2) coastal zone management policies be developed which would include:
 - a) hazard land policies for incorporation into official plans for all Great Lakes shoreline municipalities;
 - b) an acquisition policy related to lands with hazard characteristics;
 - c) a general coastal zone management policy.
- 3) site-specific studies be carried out in areas on the Great Lakes exhibiting hazard land characteristics to facilitate an evaluation of shore management alternatives based on land value, ownership, cost of protective works, erosion and recession rates, flood probability, environmental assessment and related cost-benefit studies.
- 4) a shoreline management/land use simulation model be developed to determine optimal management strategies for given reaches of shoreline. Input would include property inventory variables, damage variables, erosion and recession rates, susceptibility to inundation and land use capabilities. Output would include stage damage curves and the optimal combination of management strategies for a particular reach of shoreline.
- 5) public awareness programs be intensified through the distribution of information on meteorological conditions, lake levels, natural processes contributing to erosion and inundation, and shore protection techniques.
- 6) shoreline processes continue to be monitored and the Great Lakes shoreline inventory continue to be

up-dated to ensure maintenance of current information on shoreline characteristics.

- 7) research be carried out in shore processes and in the development of improved methods of long and short-term shore protection.

Methods and Criteria of Survey

The methodologies of the survey may be grouped under four major headings. These are: photography and mapping procedures; determination of erosion rates; shore property inventory; and stage damage survey.

The Canada/Ontario Great Lakes Shore Damage Survey utilized two sets of aerial photography. Coverage flown from 1952-1955 was utilized along with photography flown during peak water levels in 1973. From the two sets of aerial photography, profiles were extracted and compared to determine rates of recession/accretion for the period between 1952-55 and 1973. Recession rate histograms were also derived from historical land survey records and from data obtained from ground controlled erosion stations.

Thus, the erosion rates described in the report can be classified into three groups:

- 1) Historical recession and accretion rates based on land survey data from 1900 to present;
- 2) Photogrammetrically extracted recession and accretion rates based on aerial photography from 1952-1955 and 1973;
- 3) Ground survey erosion and accretion rates based on erosion station data, 1971 to 1973.

The shore property inventory was gathered from 25 Regional Assessment Offices with the co-operation of the Ontario Ministry of Revenue. The data on land use, land ownership, and land value is stored in a mass data program (SAFRAS) at the Canada Centre for Inland Waters in Burlington.

The stage damage survey provided information as to the nature and extent of shore damage along the Great Lakes. Reconnaissance of the entire erodible shoreline was completed during the 1973 field season while the compilation and analysis of data was carried out during the winter months of 1973-74. Damages were documented by interviewing shore property owners, taking photographs, and preparing sketches showing the overall layout of properties. A total of 8,439 damaged properties were identified along the shoreline and subsequently evaluated in detail.

Erosion and Inundation

a) Causes

Erosion is the dominant process leading to the alteration and deterioration of shorelines. It is fundamentally a natural process that occurs to some degree on all shorelines. Among

the natural factors affecting erosion on the Great Lakes are non-tidal fluctuations in water level, wave action, ice action, physical characteristics of the shoreline and supply of littoral materials. Man induced factors have a smaller effect on the erosion process and include settlement, agriculture, regulation of lake levels through regulatory works and diversions, construction on the shoreline, commercial sand-mining along the shoreline and in near shore areas, and shipping activities.

Inundation occurs along the Great Lakes shoreline when water levels rise above their average values in either the short or long term. This flooding is generally confined to low-lying areas or to the lower reaches of tributary streams which are affected by back water from high lake levels. The location and degree of flooding depends on the magnitude of the water level fluctuations and the elevation of the shorelands.

b) Magnitude

The recession rates obtained photogrammetrically are generally based on a shorter time interval than the historical rates. Thus, these historical rates are the best representation of long-term average recession rates. Data obtained from erosion stations established from 1971 to 1973 represents short-term changes in the shoreline during a period of abnormally high water levels and frequent storms. Thus, these rates are relatively high when compared to the historical and photogrammetrically derived rates. Areas of significant erosion include Sarnia Township on Lake Huron, the Port Burwell area of Lake Erie, and the Regional Municipality of Niagara on Lake Ontario.

Through the varied methodologies of quantifying erosion, it is concluded that erosion intensity during the period of survey (November 1972 to November 1973) was significantly higher than that observed in a long-term analysis. To obtain an accurate assessment of the erosion taking place in an area, individual erosion stations should be analysed separately rather than assuming that weighted average rates are effectively representative.

Among the areas suffering inundation damages during the period of survey were Pelee Island, Point Pelee, Rondeau Harbour, and Long Point on Lake Erie, most of the Canadian shoreline on Lake St. Clair, and Toronto Island and Frenchman Bay on Lake Ontario.

In combining the erosion and inundation damages, the areas with the highest shore damage per kilometre were Lambton County on Lake Huron (\$20,447), Essex County on both Lake St. Clair (\$75,488) and Lake Erie (\$23,084) and the regional municipalities of Halton (\$26,313) and Peel (\$36,193) on Lake Ontario. Hazard land areas were defined as areas with shore damage in excess of \$5,000/km, areas with erosion rates in excess of 2 m³/m/m/yr, or areas subject to inundation during 1972-73.

c) Mitigation

On reviewing the consequences of shoreline erosion and inundation, the question arises as to what strategies or alternatives are available to mitigate the effects. Guidelines are needed for effective management and planning within Great Lakes coastal areas. Socio-economic, technological and environmental implications necessitate a careful analy-

sis of the alternatives before any program of implementation can be considered. At the present time, the most feasible alternative appears to be the inclusion of various methods of shoreline management such as zoning and setback in the official plans for all Great Lakes shoreline municipalities. Future site-specific studies will help in the establishment of local priorities and the eventual selection of the optimum alternative for a particular area.



Introduction

Les niveaux élevés actuels des eaux des Grands lacs ont causé des dommages étendus aux lignes de rivage, entraînant une perte considérable dans la valeur des propriétés publiques et privées. Parce que les propriétés riveraines étaient un sujet d'inquiétude, le ministère fédéral de l'Environnement et le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario ont conclu une entente dans le but d'étudier la nature et l'étendue des dommages de la ligne de rivage dus à l'érosion et aux inondations, et de faire les premières recommandations pour la gestion et la planification relatives aux lignes de rivage. Le présent rapport technique renferme les constatations, les conclusions et les recommandations.

On a produit un atlas de la zone côtière pour mettre en relief, par la cartographie, les particularités de la ligne de rivage tels que l'utilisation des terres, la valeur foncière, les titres de propriété, les caractéristiques physiques, la protection des rives et les moyens de protection actuels dans les régions touchées. L'atlas utilise des photographies aériennes de 1952 à 1955 et de 1973 et les registres de levés de terrain pour quantifier le recul de la ligne de rivage des Grands lacs et il présente ces taux sous forme d'histogrammes.

On a conçu l'étude pour recueillir et analyser les renseignements sur la ligne de rivage des Grands lacs en ce qui a trait aux dommages dus à l'érosion et aux inondations; c'est la première étape dans l'identification des moyens à choisir pour la gestion et la planification. Aux fins du présent rapport, on définit l'érosion des rives comme la perte nette, durant une période de temps donnée, que subissent les rivages normalement situés au-dessus de la surface lacustre. On définit l'inondation comme la submersion temporaire de rivages normalement situés au-dessus des niveaux lacustres. Ces deux phénomènes peuvent substantiellement endommager les propriétés situées sur la ligne de rivage, les ouvrages maritimes et les bâtiments.

A la suite d'un examen préliminaire de toute la ligne de rivage canadienne des Grands lacs, on a noté que de grandes parties de celle-ci, constituées principalement de roche de

fond, pouvaient être classées non érosives. Par conséquent, on a écarté de l'étude les lignes de rivage du lac Supérieur et de la partie nord du lac Huron. Le présent rapport se limite donc aux parties de ligne de rivage classées comme érosives (figure 1.1), qui s'étendent de Port Severn dans la baie Georgienne jusqu'à Gananoque sur le lac Ontario. On étudie les causes générales et particulières de l'érosion et des inondations en rapport avec les répercussions économiques, techniques, environnementales et sociales des pertes qui en résultent. On présente, pour études ultérieures plus détaillées, les mesures ou stratégies possibles pour améliorer la protection de la ligne de rivage. On apporte des recommandations, dans une perspective de protection à long terme, en ce qui a trait à la gestion et à la planification du rivage et à l'élaboration d'études pour explorer davantage ces domaines.

M. J.W. Giles, Sous-ministre adjoint des Terres et des eaux du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, et M. J.P. Bruce, Directeur général de la Direction générale des eaux intérieures du ministère fédéral de l'Environnement ont assuré la coordination et le développement de l'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs. Un comité de direction, formé de M. T.D.W. McCulloch, Directeur des Sciences de la mer de la région centrale du ministère fédéral de l'Environnement, et de M. S.B. Panting, Directeur de l'*Engineering Services Branch* du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, ont guidé les opérations. Le Service des sciences de la mer, avec l'aide et l'étroite collaboration de la Direction générale des eaux intérieures, ont dirigé les levés de terrain. L'*Engineering Services Branch* du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario a coordonné la production de l'atlas de la zone côtière. On a négocié un contrat avec un consortium d'entreprises de relevés que la *Northway Survey Corporation of Toronto* dirige pour produire cet atlas. La figure 1.2 montre un organigramme détaillant la participation à l'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs.

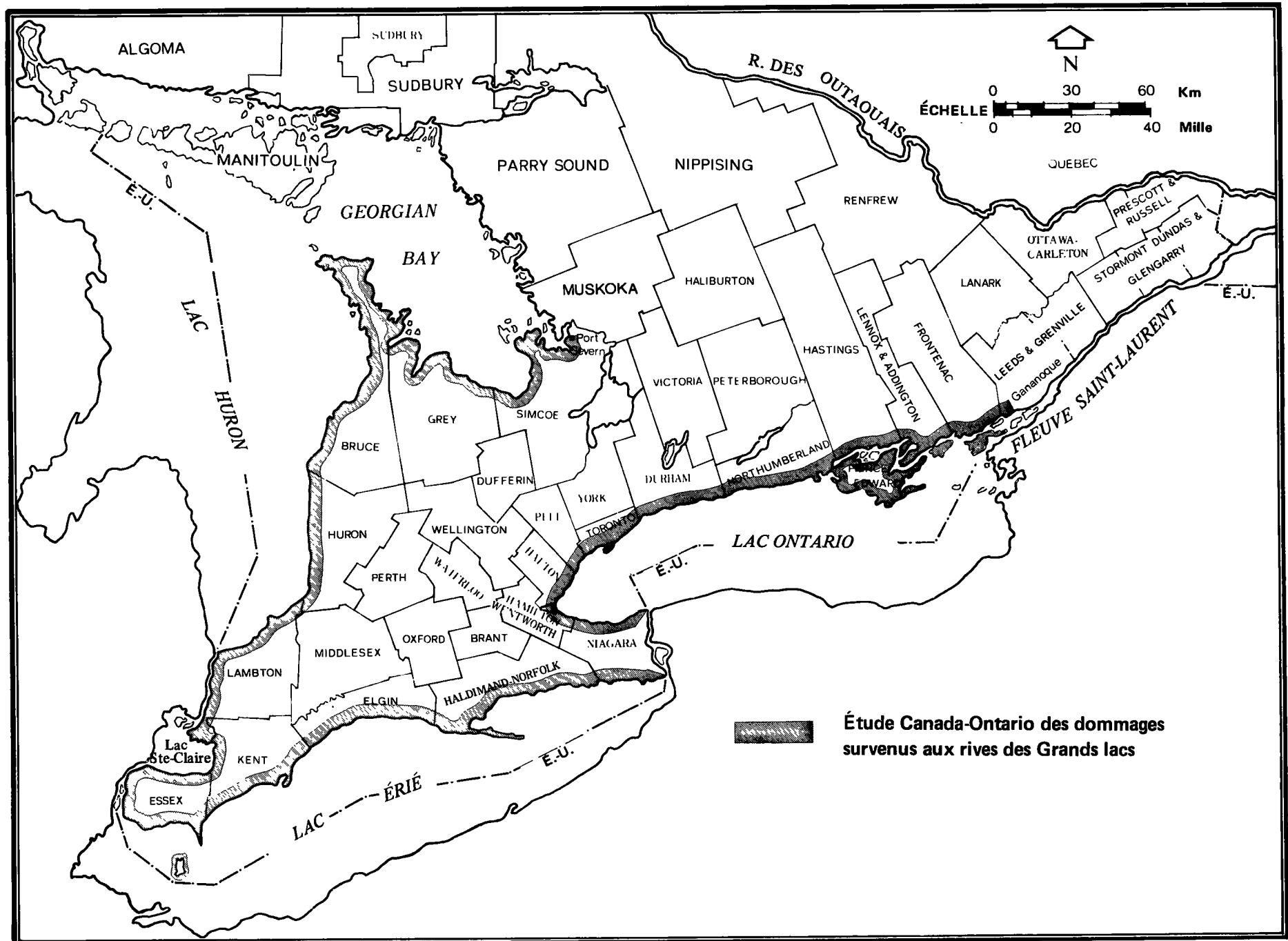
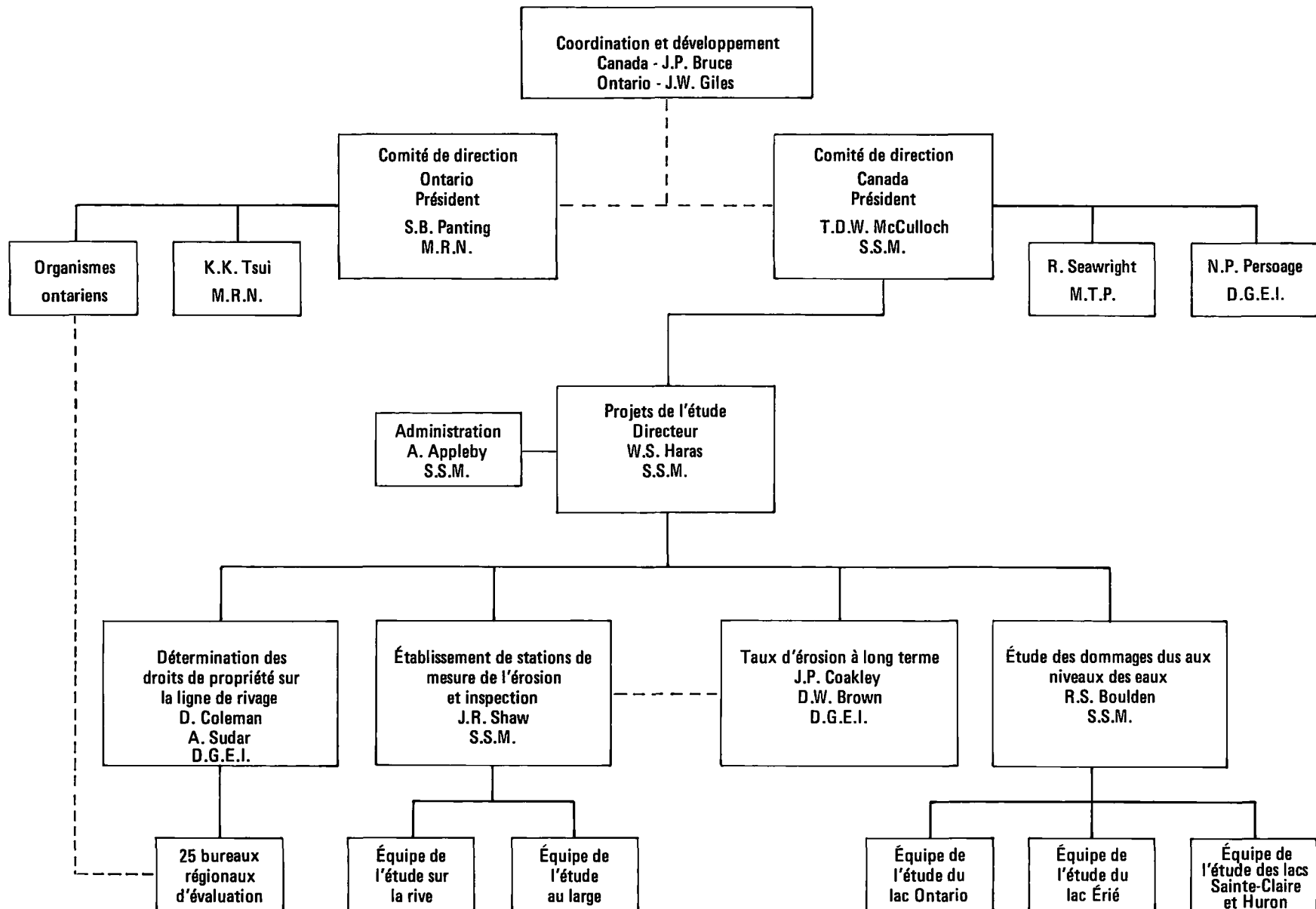


Figure 1.1 Ligne de rivage érosive des Grands lacs

Figure 1.2 ORGANIGRAMME
ÉTUDE CANADA-ONTARIO DES DOMMAGES SURVENUS AUX RIVES DES GRANDS LACS



Méthodes et critères de l'étude

1.1 MÉTHODES DE PHOTOGRAPHIE ET DE CARTOGRAPHIE

L'étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs a utilisé deux séries de photographies aériennes. Le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario a pris les photographies aériennes à l'échelle de la province, entre 1952 et 1955, et elles offrent les fondements historiques requis. Ces photographies ont été prises à une échelle de 1:15,800. Le 17 mai 1973, on a adjugé un contrat à la *Northway Survey Corporation*, en vue de produire une nouvelle série de photographies aériennes allant de Port Severn, dans la baie Georgienne, à Gananoque, sur le lac Ontario. Les photographies aériennes en noir et blanc (pellicule sensible à l'infra-rouge) ont été prises au printemps de 1973 à une échelle de 1:20,000.

Les photographies et les méthodes de cartographie subséquentes visaient à produire un atlas de la zone côtière comprenant les parties de la ligne de rivage canadienne des Grands lacs sujettes à l'érosion et aux inondations. L'atlas indique systématiquement les données réunies quant à l'inventaire des propriétés, les dommages survenus à la ligne de rivage, l'érosion et les inondations, les caractéristiques physiques de la ligne de rivage et les genres d'ouvrages de protection dans les zones sinistrées. En plus de présenter les données ainsi réunies sous une forme graphique, l'atlas constitue un fondement d'informations pour la gestion et la planification ultérieures du rivage canadien des Grands lacs.

La ligne de rivage comprise dans l'atlas s'étend sur une distance d'environ 2,000 kilomètres, de Port Severn à Gananoque, à l'exclusion du Niagara dont la ligne de rivage n'est sujette ni à l'érosion ni aux inondations. Les cartes, de 101.6 centimètres (40 pouces) sur 76.2 centimètres (30 pouces) sont à une échelle de 1:10,000. On a choisi les symboles et le lettrage de façon à ce qu'ils soient lisibles au cas où on réduirait l'atlas à une échelle de 1:40,000.

On trouve deux cartes pour chaque secteur de la ligne de rivage. La première comprend trois bandes. La première bande est une mosaïque, produite des photographies aériennes de 1973. On a établi le canevas de planimétrie à partir du réseau routier qui apparaît sur les agrandissements des cartes de la série topographique nationale (échelle: 1:25,000); en l'absence de telles cartes, on a utilisé des cartes à l'échelle de 1:50,000. Le secteur de la ligne de rivage qui apparaît sur la mosaïque est de l'ordre de 1.6 kilomètre (1 mille) de largeur. En plus de la nomenclature courante, on peut observer des isobathes de trois mètres, allant jusqu'à deux cents mètres de la ligne de rivage du lac, de la baie ou de toute anse principale à l'intérieur des terres. La mosaïque indique également l'emplacement et le

nombre des profils obtenus par photogrammétrie, ainsi que des stations de mesure de l'érosion contrôlées au sol.

Les isobathes de trois mètres proviennent des photographies aériennes de 1973 et sont connues sous le nom de Niveau de référence international des Grands lacs (NRIGL) de 1955. Les isobathes servent à définir les régions sujettes aux inondations. On extrait les profils des modèles stéréoscopiques de 1952 à 1955 et des photographies aériennes de 1973, à des intervalles approximatifs de 1.60 kilomètre le long de la partie érosive de la ligne de rivage. L'emplacement des profils correspond exactement à celui des photographies aériennes de 1952 à 1955 et de 1973, de manière à ce qu'on puisse les identifier facilement. A partir des profils ainsi obtenus, on a pu établir les taux de recul ou d'avancement entre 1952 à 1955 et en 1973.

La seconde bande indique le bord de l'eau en 1973, les changements dans la position du bord de l'escarpement entre 1952 à 1955 et en 1973, et la délimitation des cantons, des concessions et des lots. On a délimité par photogrammétrie le bord de l'eau et les positions relatives du bord de l'escarpement. La délimitation des cantons, des concessions et des lots, qui apparaît dans la mosaïque, sert à établir des renvois au registre des titres de propriété.

Les histogrammes des taux de recul et d'avancement constituent la troisième bande de la première carte. Ces taux, calculés en mètres par an, proviennent de quatre sources: les données de l'inventaire de la ligne de rivage, compilées par le Service des sciences de la mer; les dossiers des levés de terrain à l'appui des informations qui précèdent; les profils obtenus par photogrammétrie, et les données des stations de mesure de l'érosion contrôlées au sol. L'abscisse et l'ordonnée des histogrammes représentent le taux et la durée, respectivement. La bande comporte également un graphique des fluctuations des niveaux des eaux durant la période à laquelle se rapportent les taux. Les histogrammes indiquent les taux de recul ou d'avancement à long terme (ou historiques) et à court terme à des emplacements donnés de la ligne de rivage.

La recherche d'informations topographiques (isobathes de trois mètres, bord de l'eau en 1973, positions relatives du bord de l'escarpement et profils) ne comprend pas la totalité de la ligne de rivage de Port Severn à Gananoque. Les cartes topographiques ne renferment pas les secteurs de la ligne de rivage qui suivent:

- a) la péninsule Bruce, de Oliphant à Owen Sound;
- b) la rivière Sainte-Claire de Port Lambton à Sarnia;
- c) les ports de Toronto et de Hamilton;
- d) le chenal du Nord, le secteur Adolphus et la baie de Quinte; et,
- e) la ligne de rivage de Gananoque à Amherstview,

l'île Howe et les rives septentrionales des îles Wolfe et Amherst.

On a exclu les secteurs qui précèdent pour deux raisons. En premier lieu, cette mesure a permis une réduction importante des coûts; en second lieu, ces secteurs de la ligne de rivage ne sont sujets ni à l'érosion ni aux inondations, et ne sont susceptibles de connaître que des effets relativement légers, en raison de leurs caractéristiques physiques et de leur situation géographique.

La seconde carte de l'atlas comprend cinq bandes de données qui décrivent les dommages, les titres de propriété, la valeur foncière, l'utilisation des terres et les caractéristiques physiques de la ligne de rivage, ainsi que les ouvrages de protection qui existent dans les régions sinistrées. L'annexe 1.1 offre une description détaillée de la répartition des informations qui apparaissent sur les bandes. Les figures 1.3 et 1.4 présentent en échantillon de la première et de la deuxième cartes.

1.2 DÉTERMINATION DES TAUX D'ÉROSION

On peut classer les taux d'érosion décrits dans le présent rapport en trois groupes, qui possèdent leurs propres caractéristiques et se rapportent à une période différente. Les trois groupes sont:

- 1) les taux historiques de recul et d'avancement, en fonction des levés de terrain menés de 1900 jusqu'à présent;
- 2) les taux de recul et d'avancement obtenus par photogrammétrie, d'après les photographies aériennes de 1952 et de 1973; et,
- 3) les études au sol des taux d'érosion et d'accumulation, en fonction des données compilées par les stations de mesure de l'érosion entre 1971 et 1973.

L'apport des méthodes aide à créer une perspective temporelle pour l'analyse du processus d'érosion des Grands lacs, et un fondement pour interpréter les corrélations entre le taux d'érosion, l'époque et le niveau du lac. Les techniques de cueillette des données, d'analyse et de présentation de ces groupes sont décrites comme suit:

1.2.1 Taux historiques de recul et d'avancement

Les taux sont tirés d'une évaluation des changements linéaires dans les dimensions des propriétés de la ligne de rivage, selon une comparaison des levés de terrain actuels avec ceux, de même nature, menés dans le passé. Les données tirées des dossiers du Bureau international du niveau des Grands lacs (BINGL) ne vont pas plus loin que 1969. L'étude de Langford, publiée en 1952, présente les taux de recul obtenus à partir des dossiers des géomètres jusqu'en 1946, et comprend la région du lac Ontario qui va de Niagara-on-the-Lake à Scarborough. Les données qui précèdent ont permis de représenter la totalité de la ligne de rivage érosive des Grands lacs, selon un espacement n'excédant pas dix kilomètres.

Certains facteurs inhérents aux dossiers des levés qui ont rendu nécessaire le filtrage et le prétraitement des données suivent:

- 1) Les normes de précision varient beaucoup, surtout

dans les levés plus anciens.

- 2) On a utilisé un grand nombre de points de référence à la ligne de rivage (notamment le bord de la rive, la ligne des hautes eaux et le bord de l'eau), en fonction du type de ligne de rivage, des exigences juridiques et de l'emplacement géographique.
- 3) L'effet des vastes écarts du niveau du lac sur des points de référence tels que la ligne des hautes eaux et le bord de l'eau ont été à l'origine d'erreurs importantes dans l'évaluation des véritables changements subis par la ligne de rivage, de sorte qu'il a fallu effectuer les corrections qui s'imposaient.
- 4) La pénurie d'informations sur les levés, dans les régions non exploitées, a créé de vastes écarts entre les régions couvertes par l'étude; ces écarts se sont surtout manifestés dans le lac Huron.

En vue de minimiser l'effet de ces facteurs sur l'exactitude de l'interprétation des données, il a fallu élaborer et mettre en oeuvre des critères de filtration des données. Brièvement, ces critères sont les suivants:

- 1) Dans la plupart des cas, le bord de l'escarpement a servi de point de référence pour évaluer le taux de recul.
- 2) Si une large plage (>vingt mètres) était située en face d'un escarpement, on calculerait en outre le taux de recul par rapport à la ligne des hautes eaux ou au bord de l'eau. Dans la mesure du possible, on a évité d'établir le taux de recul à partir du bord de l'eau; cependant, lorsque c'était le cas, on a adapté ce taux pour compenser les changements subis par le niveau du lac, à l'aide de la formule suivante.

$$\Delta D_{\text{(vrai)}} = \Delta D_{\text{(mes.)}} \pm \Delta L / \text{tg } \theta$$

où ΔD = changement dans les dimensions de la propriété, telles qu'indiquées dans le levé de terrain

ΔL = changement dans le niveau du lac par rapport à la ligne des basses eaux

$\text{tg } \theta$ = pente de la plage.

- 3) Les levés successifs devaient être menés à un intervalle de plus de quinze ans.

Comme les lignes de propriété coupaient souvent la rive à des angles qui n'étaient pas de 90°, on a pris soin de transformer les changements subis par les dimensions des propriétés en distances perpendiculaires à la ligne de rivage. En outre, lorsqu'il subsistait des doutes quant à l'exactitude d'une étude, on omettait celle-ci aux fins du calcul des taux de recul.

On a fait le relevé des résultats ainsi filtrés pour évaluer l'importance de leur champ d'application, et on a réuni et fait la moyenne de ceux qui se rapprochaient beaucoup, en fonction du secteur et du type commun de rive. Une fois filtrées, on a mis les données sous forme de tableaux, selon le comté et le canton. En règle générale, la représentation des lacs Ontario et Érié a été supérieure, parce qu'il y existait un plus grand nombre de levés relatifs au transfert des propriétés et au lotissement, et parce que les études de la rive du lac, menées au cours des années trente, constituaient un

Figure 1.3 Première carte, atlas de la zone côtière

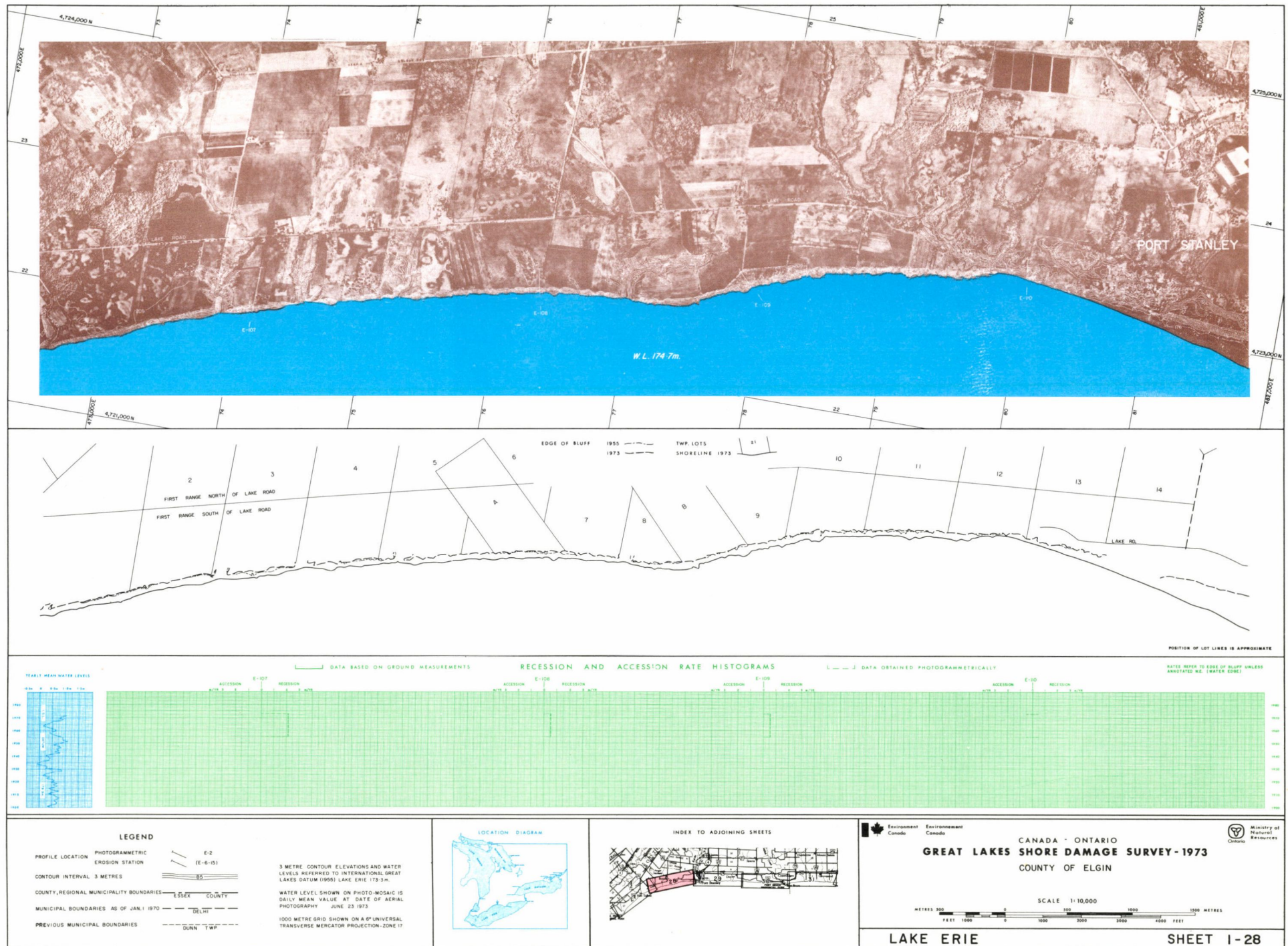
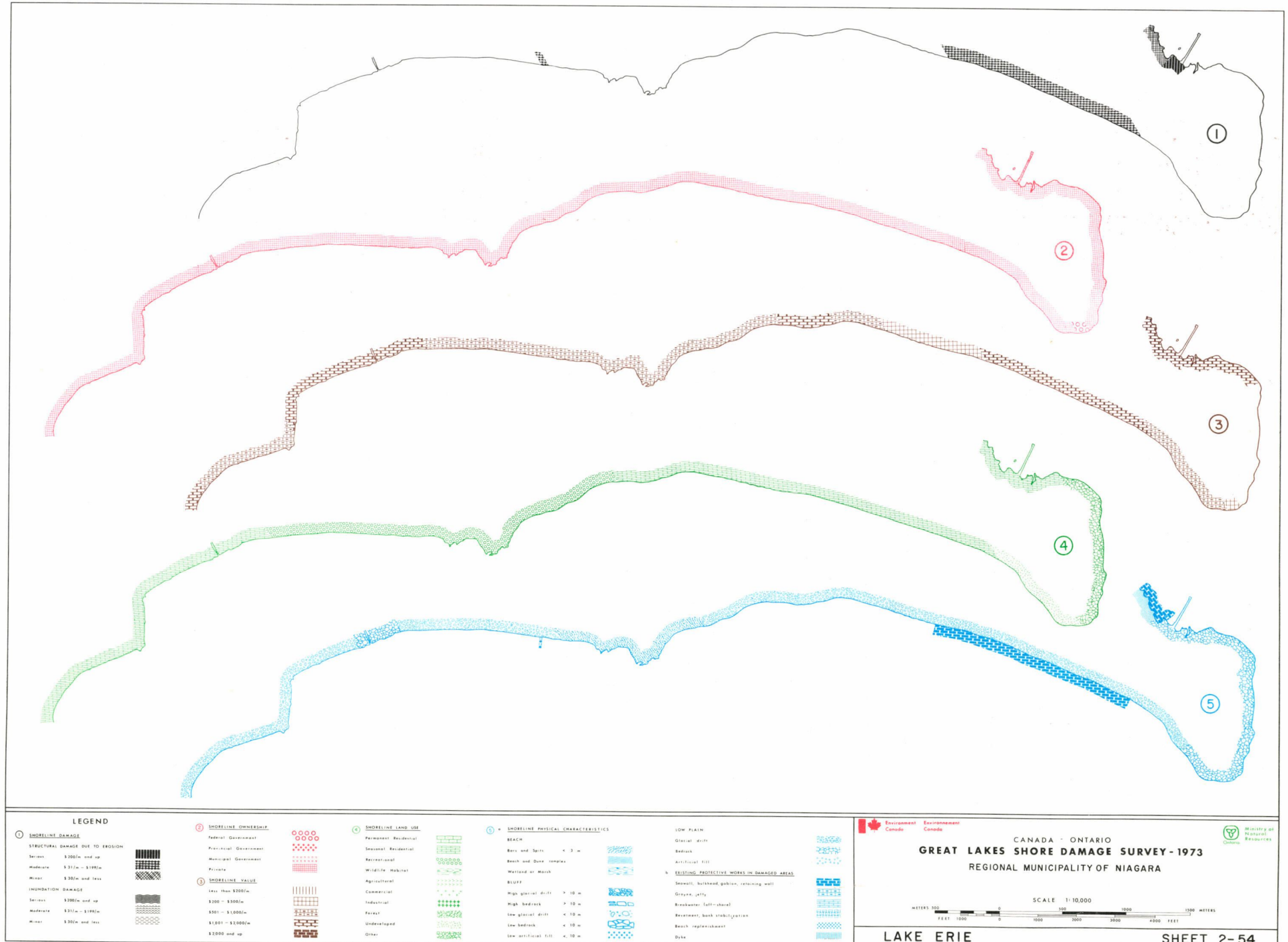


Figure 1.4 Deuxième carte, atlas de la zone côtière



bon fondement à l'étude de la ligne de rivage. Le lac Sainte-Claire a été relativement bien représenté; cependant, les résultats du relevé sont difficiles à interpréter, en raison des fluctuations importantes des niveaux du lac, qui confondent ces résultats avec les inondations. Dans le lac Huron, on n'a effectué les relevés par comté que de la ville de Sarnia au canton de Huron, dans le comté de Bruce, de sorte que maintes régions n'ont pu bénéficier d'un dénominateur commun sûr.

1.2.2 Taux de recul et d'avancement obtenus par photogrammétrie

Les photographies aériennes à l'échelle de la province, prises par le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario de 1952 à 1955, constituent un autre moyen de comparer en termes quantitatifs la ligne de rivage des Grands lacs à cette époque avec la ligne de rivage photographiée en 1973. La comparaison de ces périodes offre un avantage supplémentaire: comme il s'agit de deux périodes où le niveau du lac atteint un point maximum, par rapport aux autres lacs, elles fournissent des renseignements sur les changements subis par la ligne de rivage durant un cycle complet de hautes et de basses eaux. Les données obtenues grâce à cette technique sont relativement sûres à maints égards, et tiennent compte des erreurs normalement inhérentes à l'emploi de photographies aériennes, tout en offrant des valeurs constantes pour le recul le long de la ligne de rivage.

Pour recueillir des données à partir de cette source, on s'est servi des techniques classiques de cartographie par photogrammétrie, qui comportaient les étapes suivantes:

- 1) Les tracés du bord de l'escarpement proviennent des deux séries de photographies aériennes et sont surimposés horizontalement en vue d'illustrer sous forme graphique les changements dans la position du bord de l'escarpement au cours d'une période d'environ vingt ans.
- 2) Les régions où la ligne de rivage n'est pas escarpée, se fondent sur le bord de l'eau en 1973.
- 3) En vue d'indiquer les changements dans le profil de la rive comme tel, on a extrait des coupes transversales à des emplacements identiques pour les deux séries de photographies, et on les a surimposées pour montrer les changements qui s'étaient produits. Les coupes transversales se situent à des intervalles d'un kilomètre en moyenne.

Les techniques employées ont permis une évaluation précise des taux de recul et d'avancement au cours de la période d'étude, qui ont servi à compléter les taux historiques et à illustrer l'interaction entre les fluctuations des niveaux d'eau et le recul ou l'avancement.

1.2.3 Étude au sol des taux d'érosion et d'accumulation

En vue de noter les effets immédiats du niveau record des hautes eaux des Grands lacs, on a mené une étude au sol pour établir à nouveau les profils d'un réseau de coupes transversales de la ligne de rivage, qui avaient été établies récemment, en 1971 et 1972, le long des rives des lacs Huron, Érié et Ontario (rive méridionale). Pour les secteurs

de la ligne de rivage ne possédant pas de données récentes quant au profil (rive septentrionale du lac Ontario), on a établi des coupes transversales qui ont fait l'objet de nouveaux relevés à des intervalles de dix mois à douze mois.

On a choisi chaque station de mesure de l'érosion pour représenter un secteur typique possédant certaines caractéristiques physiques identiques: hauteur et composition de l'escarpement, matériaux de la plage, largeur de la plage, angle d'attaque des vagues et tout autre phénomène lié au processus d'érosion susceptible de caractériser un secteur donné de la ligne de rivage (notamment, les régions sujettes à des glissements rotatoires).

On a établi le profil du terrain grâce à des points de référence permanents ou semi-permanents, tels que l'intersection des lignes médianes ou des limites des routes, les bâtiments, les monuments couverts par l'étude et les limites des propriétés. On a alors choisi des points situés le long du profil du terrain, et on a établi leurs élévations (NRIGL, 1955) en fonction du niveau d'eau existant, à l'aide de techniques classiques de nivellement.

Une comparaison des premières données relatives aux profils avec celles de 1973 a permis de calculer les taux annuels nets d'érosion et d'accumulation, en mètres cubes, en appliquant les valeurs planimétriques à la longueur correspondante du secteur à l'étude.

On a rédigé un programme d'informatique pour faciliter les calculs des taux en unités métriques et anglaises; le programme offre les chiffres moyens, nets, et les totaux partiels de l'érosion et de l'accumulation pour chacune des unités, ainsi qu'un total pour chacun des lacs. Les taux ainsi calculés illustrent les changements quantitatifs subis par les matériaux de la ligne de rivage des plages et des escarpements, du sommet de la rive à la ligne des basses eaux.

En plus d'effectuer et d'établir un nouveau relevé des profils au rivage, l'étude de 1973 a entrepris le relevé des profils au large, à une profondeur de vingt mètres, à l'aide d'un sondeur acoustique Raytheon. L'orientation directionnelle provenait d'un sismographe Hydrodist et d'un théodolite Wild T1. En comparant les profils obtenus au large, on a pu établir les modes de transport des sédiments des matériaux érodés. La figure 1.5 offre un exemple du tracé maître d'une station de mesure de l'érosion. Le tracé comporte l'emplacement prévu pour la station, deux profils au large, l'un à une profondeur de dix mètres et l'autre à une profondeur de vingt mètres, et un profil au rivage à une échelle de 1:1.

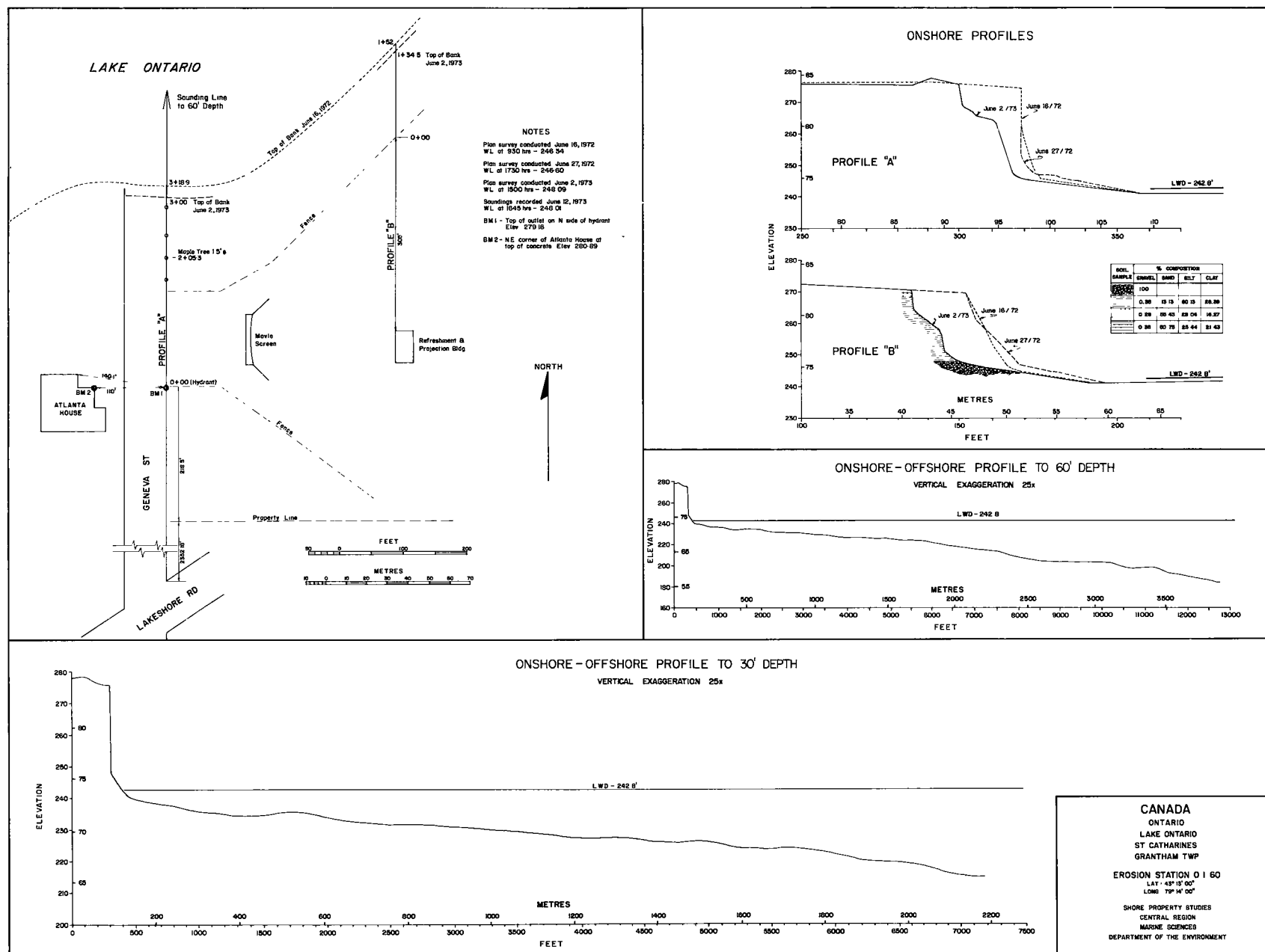
Pour aider à une analyse comparative des taux de recul, on a calculé les valeurs de recul et d'avancement à partir des profils selon les changements à court terme, et on les a ajoutées aux histogrammes de l'atlas de la zone côtière.

1.3 INVENTAIRE DES PROPRIÉTÉS RIVERAINES

1.3.1 Région étudiée

L'inventaire des propriétés riveraines couvre toute la terre ferme des Grands lacs et la ligne de rivage des îles, de Port Severn dans la baie Georgienne à la frontière du Québec et de l'Ontario dans le Saint-Laurent. Puisque l'inventaire

Figure 1.5 Tracé type d'une station de mesure de l'érosion



ne couvre que les propriétés riveraines, la profondeur de la ligne de rivage étudiée varie selon les dimensions individuelles des lots.

1.3.2 Cueillette et mise en mémoire des données

L'information provient de vingt-cinq bureaux d'évaluation régionaux, en collaboration avec le ministère du Revenu de l'Ontario. L'inventaire se fonde sur un échantillon de 100% (en d'autres termes, il couvre toutes les propriétés riveraines). En raison du volume des données, environ cinquante mille propriétés, il a fallu avoir recours à un réseau d'informatique pour la mise en mémoire des données et la recherche documentaire. Pour chaque propriété, on a réuni vingt-sept variables appartenant aux catégories suivantes: emplacement, dimension, droit de propriété, utilisation et valeur des terres. L'emplacement provient du numéro au rôle d'évaluation, ainsi que des numéros de lot, de concession et de cadastre. Le numéro au rôle comprend six codes numériques qui localisent la propriété sur les cartes d'évaluation. Les codes sont les numéros de comté, de municipalité, de carte, de lotissement, de lot et de location. Les dimensions de la propriété possèdent deux éléments: la superficie et le taux riverain. Le droit de propriété est fonction de trois variables: le nom du propriétaire, son adresse postale et sa citoyenneté. La classe unitaire de propriété constitue une variable utile qui permet de distinguer entre le droit de propriété publique et privée, et qui est souvent à l'origine d'informations plus poussées sur l'utilisation des terres. On a rangé, à son tour, l'utilisation des terres dans les catégories de l'habitation permanente, de l'habitation saisonnière, de la récréation, du commerce, de l'industrie, de l'agriculture, du non aménagement ou autres. L'annexe 4.1.1a illustre la programmation des catégories d'utilisation des terres. La répartition de l'annexe sert de fondement aux catégories d'impôt foncier du ministère du Revenu de l'Ontario. En général, les catégories d'impôt sont représentatives de l'utilisation actuelle des terres. Cependant, en ce qui a trait aux terres publiques, la classe unitaire de propriété représente l'échelon gouvernemental à qui appartient la propriété plutôt que la véritable utilisation des terres. La répartition de l'utilisation des terres qui apparaît à l'annexe 4.1.1a se limite donc aux rivages prévus.

En vue d'évaluer la situation de l'aménagement le long de la ligne de rivage, on s'est procuré des descriptions détaillées des bâtiments à partir des cartes d'appréciation. On a étudié la valeur des propriétés sous trois aspects: valeur attribuée aux bâtiments, valeur foncière et valeur totale de la propriété. Puisqu'on n'a pas converti la valeur cotisée en valeur marchande dans toutes les régions, on a utilisé les lettres C ou M pour illustrer cet écart. Lorsqu'elles étaient disponibles, on a ajouté les données récentes en matière de ventes, y compris la date et le montant de celles-ci, pour offrir une indication des changements subis par la valeur des propriétés.

Le personnel des bureaux d'évaluation régionaux a eu recours à une technique de cueillette des données en trois étapes. On a identifié toutes les propriétés riveraines à l'aide des cartes des bureaux d'évaluation. En second lieu,

on a reporté dans les feuilles de programmation des propriétés riveraines les informations qui doivent obligatoirement paraître dans les fiches techniques d'évaluation. Enfin, on a enregistré les informations des cartes d'appréciation. Dans chaque canton ou municipalité, on a fait l'inventaire des propriétés en procédant de l'ouest vers l'est.

Le traitement des données a commencé par la vérification de la précision générale et de l'état complet des feuilles de programmation au moment où elles arrivaient au Centre canadien des eaux intérieures (CCEI). On a ajouté aux données de l'évaluation des informations relatives à la détérioration de la ligne de rivage ainsi que certaines autres informations exigées par les programmes de recherche documentaire. La Direction générale de l'informatique et de la statistique appliquée du ministère de l'Environnement a effectué la perforation et la vérification. On a vérifié les cartes perforées à la lumière des spécifications du système de recherche documentaire, et on a apporté les corrections nécessaires avant qu'elles soient ajoutées au dossier.

La recherche documentaire s'effectue à l'aide du programme SAFRAS (*Self-Adapted Flexible Format Retrieval and Storage*) disponible au CCEI. Tout domaine ou combinaison de domaines des statistiques de l'évaluation peuvent servir à extraire les données. Le matériel ainsi extrait peut être imprimé, perforé sur des cartes ou mis en mémoire sur disque ou sur bande magnétique. Comme le programme SAFRAS ne peut manipuler les données lui-même, d'autres programmes (Fortran IV) peuvent être rédigés pour accéder aux données ainsi extraites et pour les manipuler, si le disque sert de mémoire intermédiaire.

1.4 ÉTUDE DES DOMMAGES RELIÉS AUX NIVEAUX D'EAU

On a entrepris l'étude des dommages reliés aux niveaux d'eau pour obtenir des informations particulières quant à la nature et à l'importance de la détérioration de la ligne de rivage des Grands lacs. On a achevé les travaux sur le terrain au cours de la campagne 1973, et on a effectué la cueillette et l'analyse des données durant les mois d'hiver de 1973 à 1974.

Les travaux sur le terrain comportent une étude de reconnaissance globale de toute la ligne de rivage des Grands lacs, et une analyse subséquente des dommages subis par des propriétés données. On a interviewé les propriétaires pour obtenir l'arrière-plan historique de leurs propriétés et des dommages précédemment subis, ainsi qu'une évaluation du coût des ouvrages de protection. On a pris note des dimensions, des matériaux de construction, des quantités et de l'importance des dommages, et on a préparé des croquis et des photographies indiquant le tracé global des propriétés. On a également pris note des régions où une combinaison de facteurs, tels que le taux élevé d'érosion et la présence d'édifices sur le bord immédiat de la rive, semblaient indiquer une détérioration possible à l'avenir, en insistant particulièrement sur les mesures préventives suggérées. En tout, on a identifié 8,439 propriétés

endommagées le long de la ligne de rivage, et celles-ci ont fait l'objet d'une évaluation détaillée par la suite.

La valeur de la détérioration des ouvrages se fondait sur l'importance des dommages subis ainsi que sur la valeur de remplacement subséquente ou sur les ouvrages de protection requis. Les dommages par perte d'usage ne se rapportaient pas uniquement à l'inondation des édifices, mais aussi au caractère périmé des ouvrages de protection ou maritimes, par suite des crues. Dans ce cas, l'évaluation des dommages se fondait sur les coûts engagés pour rendre l'ouvrage réutilisable. On a également rangé les pertes de recettes commerciales dans la catégorie des dommages par perte d'usage. On a ensuite classé l'évaluation des dommages subis par chaque propriété dans les catégories suivantes:

- 1) détérioration des ouvrages de protection construits avant novembre 1972 ou perte d'usage de ceux-ci;
- 2) détérioration des ouvrages de protection construits entre novembre 1972 et l'été de 1973 ou perte d'usage de ceux-ci;
- 3) détérioration ou perte d'usage des ouvrages maritimes;
- 4) détérioration ou perte d'usage des bâtiments;
- 5) détérioration du contenu des bâtiments et conséquences de celle-ci;
- 6) détérioration générale du paysage et des services (ne comprend pas le recul de la rive);
- 7) évaluation de la détérioration totale de la propriété;
- 8) coût des ouvrages de protection construits depuis

novembre 1972; et,

- 9) total des coûts imputables à la détérioration de la rive.

On a rangé par ordre géographique les propriétés évaluées dans chaque lac, et on a établi des renvois entre celles-ci et les diapositives en couleur décrivant les dommages subis. On a également étudié les cours d'eau et les chenaux adjacents, pour établir l'importance de leur détérioration, puisque le niveau de ces affluents et de ces émissaires varie en fonction des niveaux du lac. On a alors ajouté au programme de mise en mémoire des données de l'inventaire des propriétés riveraines le total des coûts imputables à la détérioration de la rive, tel que fourni par l'étude des dommages reliés aux niveaux d'eau. A cette fin, on a codé les coûts en question avec les informations respectives de l'évaluation. On a intégré la détérioration de la rive aux données de l'évaluation pour trois raisons principales: se documenter sur la répartition de la ligne de rivage et pouvoir mettre à jour le système de mise en mémoire des données.

Les valeurs de l'étude des dommages reliés aux niveaux d'eau se fondent sur un barème des coûts établi en collaboration avec la Société centrale d'hypothèques et de logement et les entreprises locales. Ce barème apparaît à l'annexe 1.4. Les prix des matériaux et de la main-d'oeuvre traduisent la moyenne de 1973 et sont sujets à des variations économiques. Les unités sont exprimées selon le système anglais, puisque les entreprises et les entrepreneurs locaux n'ont pas encore adopté le système métrique.

CHAPITRE 2

Érosion et inondations: causes

2.1 LE PROCESSUS D'ÉROSION

C'est principalement l'érosion qui provoque la modification et la détérioration des lignes de rivage. Il s'agit là d'un processus essentiellement naturel que l'on peut observer à divers degrés sur toutes les lignes de rivage.

Le processus d'érosion s'effectue en deux temps:

- 1) la désagrégation mécanique des matériaux (action météorique);
- 2) l'enlèvement des matériaux désagregés du secteur subaérien de la ligne de rivage.

Bien que les deux actions soient parfois simultanées, cette distinction met en évidence le rôle des divers facteurs à l'origine de l'érosion. Le taux d'érosion dépend de la composition de la ligne de rivage et de l'amplitude des forces d'érosion auxquelles elle est soumise.

Normalement, le transfert de l'énergie cinétique de l'eau et de l'air aux matériaux de la rive amorce l'érosion de la ligne de rivage. L'énergie tend à détacher de la rive les matériaux ébranlés et à les transporter ailleurs. L'énergie cinétique de l'eau se manifeste sous diverses formes, telles que les vagues, les courants, les écoulements d'eaux de surface ou d'infiltrations d'eaux souterraines. L'énergie érosive peut provenir du déplacement de la glace contre la rive ou de l'expansion et de la contraction de la glace dans les matériaux mêmes de la rive. Le vent est la manifestation de l'énergie cinétique de l'air.

2.1.1 Action des vagues

Sur les lignes de rivage qui bordent de vastes étendues d'eau, l'action des vagues est le principal facteur d'érosion. Bien que les vagues soient en général formées par le vent, d'autres facteurs interviennent, y compris les bateaux, les navires ou les tremblements de terre.

On n'est pas encore parvenu à expliquer parfaitement le mécanisme de la formation des vagues par le vent, bien que ce phénomène soit essentiellement un transfert direct de l'énergie cinétique de l'atmosphère à la surface de l'eau. Une vague se définit par sa hauteur et sa période. La hauteur, quant à elle, varie en fonction de la force du vent qui produit la vague et de l'aire d'action de cette dernière sur la mer avant d'atteindre la rive (aire d'action à laquelle on donne le nom de fetch).

C'est la puissance des vagues qui constitue la force d'érosion. La puissance des vagues engendrées par le vent est proportionnelle au carré de la hauteur de la vague, à sa période et au rapport de sa longueur d'onde à la hauteur de fond (Caldwell, 1966). En eau profonde, l'énergie des vagues est essentiellement mi-potentielle et mi-cinétique. On a alors des vagues d'oscillation, puisqu'il n'y a pas de mouvement net d'avancée des molécules d'eau. Dans ces

vagues, l'énergie cinétique se manifeste sous la forme d'oscillations circulaires des molécules, en phase avec la vague, et l'énergie potentielle se déplace avec elle.

À l'approche des eaux moins profondes, les vagues perdent une partie de leur énergie par frottement sur le fond et se changent peu à peu en vagues de translation. Ce type de vagues se caractérise par un mouvement net d'avancée des molécules d'eau, et par conséquent, de toute la masse liquide. Il s'ensuit que les vagues conservent la puissance qui leur reste alors, jusqu'à ce qu'elles se brisent sur la rive. Les vagues qui déferlent ainsi sur la ligne de rivage la soumettent à une force destructrice considérable. En outre, se succédant continuellement, elles exercent sur la rive une action à peu près permanente.

Les vagues qui se jettent sur des côtes escarpées et des falaises à pic injectent directement de l'eau à haute pression dans les brèches et les fissures. L'action persistante des vagues finira par détacher des blocs de matériaux qui s'écrouleront ensuite sous l'action du remous des vagues, au pied de la falaise.

Quand les vagues déferlent sur une plage en pente douce, leur énergie se perd en grande partie par frottement sur le fond du lac, et leur puissance destructrice sur la rive diminue d'autant. Lorsqu'elles se brisent sur la plage, l'eau est projetée et continue d'avancer tant qu'elle conserve de l'énergie (il s'agit d'un jet de rive) puis, suivant les lois de la gravité, l'eau reflue (c'est le retour de vague). Le déferlement et le reflux des vagues contribuent notablement à répartir les matériaux dont la plage est constituée. Ce sont ces vagues qui déplacent et répartissent continuellement toutes les particules de la plage. L'action des vagues atteint sa plus grande intensité tout au long de la ligne où elles se brisent habituellement, autrement dit dans la zone de déferlement. Le mouvement des particules arrachées à la plage dans cette zone contribue souvent à former une barre au large.

Les vagues s'avancent en général perpendiculairement à la ligne de rivage. Quand elles ne frappent pas le rivage à angle droit, les vagues produisent des courants littoraux dont le rôle est prépondérant dans le transport des sédiments le long de la rive. Bien que les courants jouent un rôle assez restreint dans le processus d'érosion de la rive, ils ont une importance non négligeable dans le transfert des matériaux du littoral le long de la ligne de rivage. D'une manière générale, le dépôt littoral ne se produit que dans les eaux de moins de deux mètres de profondeur.

2.1.2 Rôle de la glace

La glace est un agent érosif important sous les climats froids. La formation de la glace dans les anfractuosités

et, lors de la fonte, l'importance des infiltrations sous le sol gelé, contribuent à désagréger les matériaux. Dans les lacs, pendant les périodes de gel et de dégel, le choc continu des masses de glace flottantes contre la ligne de rivage constitue un facteur important d'érosion. Tout au long de l'hiver, la glace fixée adhère aux rives et s'étend sur quelques pieds à la surface du lac. Cette glace agit comme une poutre en porte-à-faux fixée aux rives et elle ameublisse le sol auquel elle adhère quand le niveau de l'eau varie, pendant ou après un embâcle ou, dans une moindre mesure, sous l'action des vagues dues au vent et aux bateaux. Au printemps, la glace fixée fond sur place et ne provoque aucune érosion, ou bien se brise et dérive, et ce faisant, emporte des matériaux. Par contre, la glace a également une action protectrice lorsque, au début du printemps, avant la fonte, elle fournit aux lignes de rivage une protection contre les tempêtes, communes en cette saison.

2.1.3 Matériaux des rives

Lorsqu'on cherche à déterminer les causes de la désagrégation des matériaux de la ligne de rivage, on doit accorder une attention particulière à la solidité du matériau considéré (sa résistance à la désagrégation), eu égard à la nature et à la puissance énergétique des forces auxquelles il est soumis. En d'autres termes, pour que l'érosion ait lieu, il ne fait pas que les matériaux dont la ligne de rivage est constituée offrent une résistance supérieure à la puissance des forces érosives qui l'attaquent. Dans l'annexe 2.1.3 les matériaux recueillis le long des rives des Grands lacs sont classés selon leur degré de résistance à l'érosion. Le tableau distingue également trois catégories de matériaux des rives en fonction de propriétés géotechniques concernant la résistance, la consistance et la densité relative. Dans le cas de matériaux cohésifs, comme les dépôts d'argile glaciaires, ces propriétés dépendent en dernière analyse de la composition minérale

de l'argile et du contenu aqueux du dépôt. Divers chercheurs ont découvert des quantités peu importantes de minéraux d'argile gonflante (smectites) dans les dépôts d'argile éluviaux du lac Érié. La présence de telles roches argileuses sur les escarpements tend à réduire notablement les effets des forces de compression et de cisaillement lorsque l'eau souterraine ou l'eau du lac a imprégné les matériaux des escarpements. La figure 2.1 offre des exemples de ruptures de pentes observées sur des lignes de rivages de cette sorte.

L'annexe 2.1.3 donne les propriétés géotechniques des matériaux non cohésifs de la ligne de rivage (dépôts glaciaires récents de sable en fonction de leur résistance moyenne à la pénétration, laquelle rend compte de la densité relative de la couche de sable. On considère ces dépôts comme instables quand leur pente est supérieure à leur angle de talus naturel.

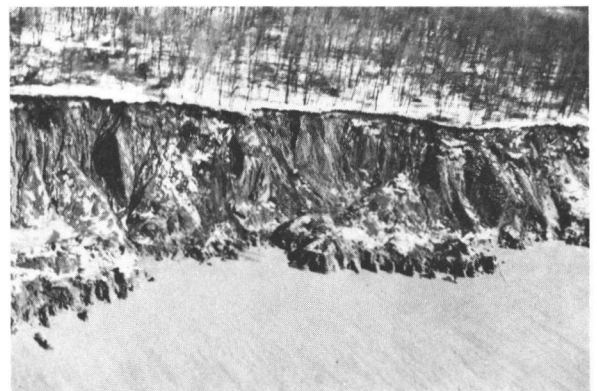
La hauteur de l'escarpement au-dessus du niveau du lac accroît également le risque d'érosion de la ligne de rivage. En effet, les escarpements sont très vulnérables à l'érosion puisque leurs pentes extrêmement raides et leur grande surface les exposent davantage aux attaques conjuguées de la pluie, du ruissellement de surface et de l'eau souterraine. On peut citer en exemple les *Scarborough Bluffs* du lac Ontario et la section centrale de la ligne de rivage du lac Érié.

Les plages, qui se sont constituées sous l'action de l'érosion et des altérations météoriques, sont, sous bien des rapports, soumises à des mécanismes d'érosion différents de ceux qu'on observe sur d'autres types de lignes de rivage. Dans la mesure où elles caractérisent les lignes de rivage formées par accumulation, les plages témoignent d'un équilibre plus grand avec le milieu que les escarpements eu égard aux forces qui s'exercent contre elles et aux apports d'alluvion, et elles ne sont attaquées par l'érosion qu'en des circonstances exceptionnelles telles que les tem-

Figure 2.1
Exemples de ruptures de pentes



Glissement en arc, par rotation



Rupture par cisaillement

pêtes subites, le gel et la débâcle, la turbulence des vagues, les altérations du niveau hydrostatique ou les dépôts inhabituels d'alluvions. De plus, à l'inverse de ce qui se produit sur les escarpements, l'érosion n'a pas sur les plages le même effet irréversible. En effet, pourvu qu'elle reçoive des alluvions, la plage tend à se reconstituer rapidement après toute perte de substance due à l'érosion, dès que les conditions d'énergie sont redevenues normales.

Après avoir décrit la désagrégation mécanique des matériaux du secteur subaérien de la ligne de rivage soumis à l'action météorique, il reste à déterminer ce qui advient de ces substances désagrégées. En l'occurrence, ce sont les facteurs dynamiques qui prédominent à mesure que les matériaux, obéissant aux lois de la gravité, parviennent jusqu'au bas de la pente de la rive à portée des vagues du lac, des courants littoraux et de la glace. Il arrive que les vents contribuent au transfert des matériaux, et qu'ils les déposent soit sur la terre ferme, soit dans le lac. Il s'ensuit, qu'à l'opposé des autres, les fragments plus ténus sont enlevés et déposés le long de la rive ou à quelque distance dans le lac, à plus grande profondeur, les matériaux plus grossiers s'accumulant à l'arrière, parallèlement à la ligne de rivage. Les dépôts d'alluvions ainsi constitués sur la plage tendent à protéger la ligne de rivage et à ralentir son érosion, tant qu'ils restent en place. Il en résulte une sorte d'équilibre dynamique, dans la mesure où l'apport d'alluvions déposées par les courants littoraux compense la perte des particules plus fines emportées le long du rivage ou au large. Les plages, en particulier, sont extrêmement sensibles à cet équilibre entre les matériaux reçus et perdus. En général, la quantité de matériaux enlevés dans un secteur déterminé de la ligne de rivage dépend de l'action exercée par divers agents, à savoir: courants littoraux, glace lacustre, vent, sans oublier la plus ou moins grande quantité d'alluvions provenant d'autres endroits de la côte de déposée par le courant sur ce secteur de la ligne de rivage.

2.2 FACTEURS RELATIFS À L'ÉROSION DES RIVES DES GRANDS LACS

L'interaction des divers processus d'érosion auxquels sont soumises les rives des Grands lacs, dépend des facteurs ambiants, inhérents à ce milieu lacustre. Parmi ces facteurs, on peut noter les fluctuations du niveau de l'eau qui ne sont pas dues aux marées, les caractères physiques de la ligne de rivage, l'apport de matériaux littoraux et le régime des vagues. Si les facteurs ci-dessus étaient constants et invariables, l'érosion finirait par être neutralisée et l'on obtiendrait un tracé littoral stable. Qu'en l'occurrence cette éventualité soit infirmée par les faits, s'explique principalement par des variations et des tendances inséparables des facteurs cités plus haut. On présume que de telles variations découlent de causes naturelles ou résultent de l'activité humaine. Dans l'exposé suivant, on se propose d'établir le rôle probable des facteurs naturels dans l'érosion des rives des Grands lacs.

2.2.1 Fluctuations des niveaux lacustres

L'étude en question attache la plus grande importance aux variations des niveaux lacustres. Dans le réseau hydrologique des Grands lacs, les facteurs prédominants sont la

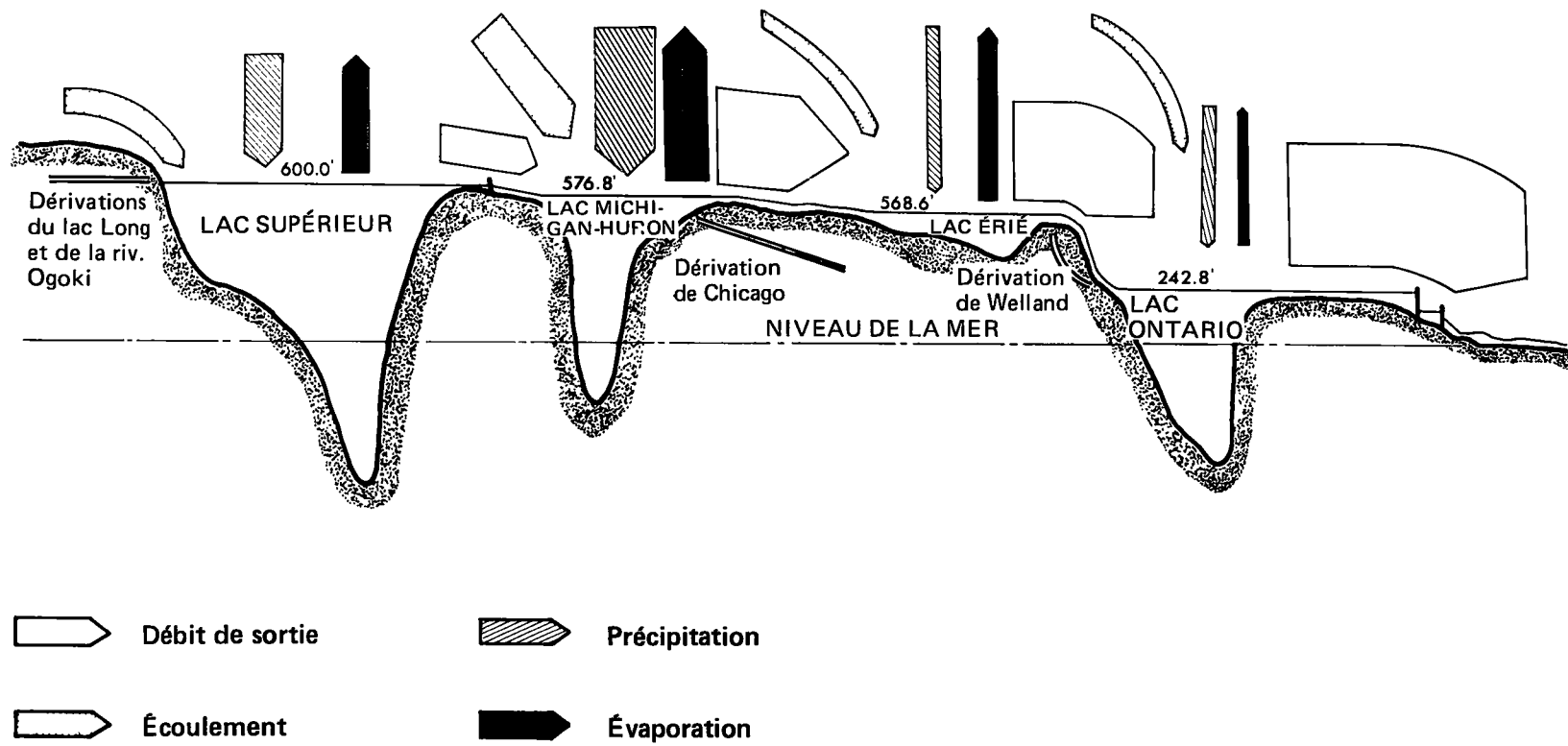
précipitation, l'évaporation, le débit sortant, le débit entrant et l'écoulement. Le schéma de la figure 2.2 montre le rapport entre ces diverses variables. Les fluctuations des niveaux moyens des lacs proviennent d'une rupture d'équilibre entre le montant de la précipitation, de l'évaporation, de l'écoulement, du débit souterrain et des débits d'entrée et de sortie d'un lac donné. Toutefois, en raison des vastes surfaces des lacs et des débits à peu près constants d'entrée et de sortie d'un lac à l'autre, il devient évident que la précipitation et l'évaporation ont un rôle essentiel dans la variation du niveau de l'eau. Dans l'annexe 2.2.1a, on trouvera un état plus détaillé des données relatives à l'hydrologie des Grands lacs.

Les brusques élévations des niveaux au cours des tempêtes de 1972 et 1973 ont excédé de beaucoup les moyennes mensuelles dont il est question ici. Par exemple, à Bar Point sur le lac Érié pendant la tempête du 17 mars 1973, le niveau a atteint 174.93 mètres, alors que la moyenne mensuelle de mars 1973 n'était que de 174.56 mètres. Les niveaux extrêmement hauts atteints par l'eau durant cette période, ont provoqué des débits sortants accrus du lac Ontario dans le Saint-Laurent. Bien que le débit mensuel moyen dans le Saint-Laurent soit en principe de 6,788 m³/s, on a élevé de débit à 9,911 m³/s pendant les saisons navigables des années 1973 et 1974, pour atténuer les conséquences de l'augmentation du niveau de l'eau dans le réseau des Grands lacs. En fait, ce débit de sortie dépassait le maximum recommandé par le règlement 1958-D du lac Ontario. Tout citant les profondeurs moyennes des Grands lacs, le tableau souligne la faible profondeur relative des lacs Érié et Sainte-Claire qui, pour cette raison, sont particulièrement exposés au déferlement des vagues et à la violence du vent, que favorise encore l'importance du fetch.

Depuis leur formation, à la fin de la période glaciaire continentale du Wisconsin (il y a environ dix mille ans), les Grands lacs n'ont cessé de s'adapter aux variations constantes du niveau de l'eau, affecté par la configuration du bassin de drainage, la détente isostatique-post-glaciaire et le climat. Les lignes de rivage surélevées et inclinées, les dépôts de tourbe ensevelis au milieu du lac et d'anciens canaux d'écoulement témoignent d'un effort ininterrompu d'adaptation. Depuis la fonte des glaciers de la dernière époque glaciaire, la partie nord du continent s'est élevée par rapport au sud. Les géologues ont établi que durant les millénaires qui ont suivi l'époque glaciaire, certains secteurs des Grands lacs se sont élevés de plusieurs centaines de pieds. Ce mouvement ascensionnel de la croûte terrestre se poursuit dans la partie nord-est du bassin qui se soulève relativement à la partie sud-ouest.

Pour bien comprendre les effets des mouvements de la croûte terrestre sur les niveaux de l'eau des Grands lacs, il suffit de considérer ces derniers comme des bassins qui s'inclinent à mesure que leurs bords nord-est se soulèvent. À la longue, les niveaux de l'eau le long des rivages situés au sud et à l'ouest de l'exutoire d'un lac, s'élèveront, pendant que s'abaisseront les niveaux de l'eau sur les rivages situés au nord et à l'est de l'exutoire. Par conséquent, les

Figure 2.2 Hydrologie du réseau des Grands lacs



La largeur des flèches est fonction de l'importance relative des divers facteurs

niveaux moyens des lacs Érié et Ontario augmenteront graduellement alors que celui du lac Huron diminuera dans la même mesure. Ces modifications à long terme du niveau de l'eau sont de l'ordre de vingt à trente centimètres par siècle.

Se superposant à cette évolution à long terme, d'autres tendances se manifestent avec persistance dans le relevé des niveaux de l'eau, malgré de notables variations. Ces variations s'étendent sur des périodes qui vont de quelques dizaines d'années à quelques heures et leur amplitude peut aller de quelques centimètres à plusieurs mètres.

Les variations à long terme des niveaux des lacs dépendent des conditions climatiques qui influent sur l'ensemble du bassin, et au nombre desquelles figurent les combinaisons anormales de précipitation et d'évaporation. Bien qu'on ne puisse qualifier ces variations de cycles, elles se manifestent habituellement dans les relevés des niveaux des lacs sur des périodes qui vont de dix à trente ans. De 1969 environ à nos jours, les lacs sont entrés dans l'une de ces périodes à niveaux élevés alors que des niveaux plus bas caractérisaient les années 60 (figure 2.3).

Au cours de ces fluctuations, les forces qu'alimente l'énergie du lac affectent dans une certaine mesure la ligne de rivage. Les niveaux élevés, qu'elle que soit la période sur laquelle ils s'échelonnent, accentuent l'érosion en inondant les secteurs habituellement émergés de la ligne de rivage et en les soumettant à l'action des vagues et de la glace, tout en favorisant le transport des matériaux désagrégés au large.

Dans les régions où les marais sont bordés de bancs plutôt bas, comme à la pointe Longue ou la pointe Pelée, les eaux du lac recouvrent la crête de la plage lorsque le niveau monte provoquant ainsi une perte considérable de matériaux qui vont grossir le marais sous-lacustre. Dans les zones d'escarpements, l'élévation des niveaux des lacs a pour effet d'imprégner, de saper, en un mot de diminuer la résistance des escarpements à la base, provoquant ainsi un affaissement général. Les niveaux des lacs augmentent aussi les niveaux autour du lac et font intervenir l'eau souterraine comme agent d'érosion et de détérioration mécanique des rives, qu'il s'agisse de plages ou d'escarpements.

Les niveaux des Grands lacs indiquent également un cycle saisonnier régulier. L'eau est à son niveau le plus bas à la fin de l'automne et au cours des mois d'hiver, puis elle remonte et atteint son niveau culminant à la fin du printemps et en été (figure 2.3) quand la fonte des neiges et les pluies de printemps viennent grossir le débit d'entrée. En outre, ces variations dans les niveaux ont pour effet d'exposer alternativement la base des escarpements argileux à des périodes humides et à des périodes sèches, provoquant ainsi leur instabilité structurelle.

En l'absence de tous cycles notables de marées dans les Grands lacs, ce sont les seiches et les vagues produites par le vent qui provoquent les fluctuations les plus courtes dans les niveaux des lacs. On peut dire, pour simplifier, que les seiches sont des variations dans les niveaux causées par l'inclinaison de la surface libre du lac par suite d'une diffé-

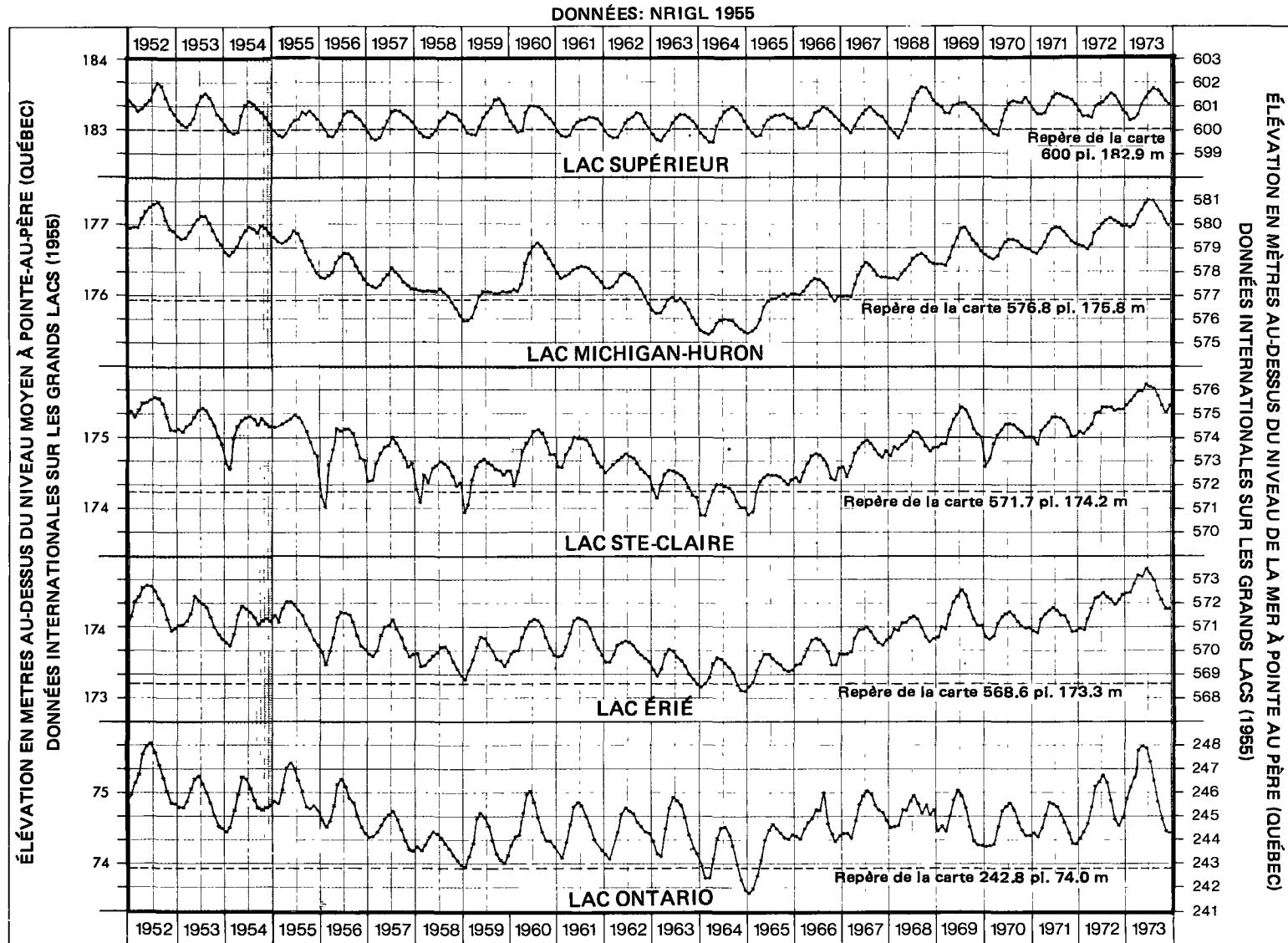
rence de pression atmosphérique entre ses extrémités. Après que la différence de pression a cessé, on voit naître à la surface du lac une oscillation dont la période uninodale peut aller de quatorze heures sur le lac Érié à des périodes plus courtes dans les lacs très profonds. Les vagues forcées, qui se produisent généralement lorsque les vents du large soufflent avec violence, provoquent d'importants changements de niveaux en accumulant l'eau de surface contre la rive face au vent, plus vite que le courant de reflux ne la remporte par le fond, et une élévation de niveaux de plusieurs mètres en résulte. Les effets de ces fluctuations se font particulièrement sentir lorsque les vagues se manifestent avec violence durant la période culminante du cycle saisonnier, exerçant alors leur action érosive sur les secteurs généralement subaériens de la ligne de rivage.

2.2.2 Diversité des matériaux des rives

La nature de la ligne de rivage des Grands lacs est un autre facteur important lorsqu'on évalue l'incidence et l'intensité d'érosion des rives. On représente de façon détaillée les caractéristiques physiques de la ligne de rivage dans l'atlas de la zone côtière qui accompagne le présent rapport. On indique les pourcentages des principaux types morphologiques dans l'annexe 2.2.1b. Le tableau montre que 40% de la ligne de rivage étudiée se compose d'escarpements constitués de matériaux glaciaires non consolidés que l'on désigne communément sous le nom de moraines. Ces matériaux renferment les moraines de fond et les sables glacio-lacustres, les limons et les argiles. On trouve quelques dépôts peu importants de sable glacié à Scarborough (lac Ontario) et près de Leamington (lac Érié). Les escarpements atteignent des hauteurs maximums d'environ cent dix mètres à Scarborough et d'environ quarante mètres sur les rives médianes du lac Érié. Les pentes de ces escarpements sur les Grands lacs vont de la verticale sur certains secteurs de la ligne de rivage du lac Érié, à une inclinaison d'environ 20° en certains endroits du comté Huron (lac Huron).

On rencontre des plages et des ensembles de plages et de dunes surtout aux extrémités orientales du lac Ontario (comté de Prince-Edward), du lac Érié (municipalité régionale de Haldimand-Norfolk), du lac Huron (comté Huron) et de la baie Georgienne (comté Simcoe). Des plages de plus de vingt mètres de largeur caractérisent généralement leurs lignes de rivages. On trouve des plages sans dunes en d'autres secteurs des lacs Ontario et Érié sous forme de barres à l'embouchure d'une baie, telles que Burlington Bar et Frenchman Bay Bar dans le lac Ontario, ou sous forme de flèches comme à pointe Pelée, pointe aux Pins et pointe Longue sur le lac Érié et Toronto Island sur le lac Ontario. Les plages qui présentent les caractères précédents sont relativement étroites (moins de vingt mètres), et peu élevées au-dessus du niveau moyen du lac calculé sur une longue période et, par conséquent, plus exposées à l'inondation et à l'instabilité. Il existe presque partout, au pied des escarpements, des plages intermittentes qui sont émergées seulement lors de périodes où les niveaux sont bas. En ce cas, également, il s'agit de plages aux reliefs peu accusés dont la largeur dépasse rarement dix mètres.

Figure 2.3 Cartes hydrographiques des niveaux des Grands lacs



Les zones marécageuses se situent principalement le long des rives orientales du lac Sainte-Claire et des trois régions côtières du lac Érié mentionnées plus haut. D'autres zones marécageuses plus restreintes sont situées à l'embouchure de divers cours d'eau (dans les régions occidentales des lacs Ontario et Érié), par suite, probablement, de mauvaises conditions de drainage provoquées par l'élévation post-glaciaire des niveaux lacustres. Toutes ces régions ont un relief très plat qui les expose aux inondations même lorsque les sols sont drainés artificiellement pour l'agriculture et que des digues les protègent.

Parmi les lignes de rivages étudiées, celles qui sont formées de roche de fond sont en minorité et se limitent surtout aux extrémités orientales des lacs Ontario et Érié et de la péninsule Bruce. Sur certaines rives du lac Ontario, comme celles qui se situent dans les régions municipales de Niagara, Halton et Peel, on remarque des affleurements de roche de fond près de l'ancienne ligne de rivage, ou sur cette ligne même, située à la base d'une succession de dépôts glaciaires. Bien que, dans ce cas-là, la roche de fond ne constitue qu'un élément mineur du profil riverain, elle protège efficacement l'escarpement contre le travail de sape des vagues et leur considérable pouvoir d'érosion. Ce facteur intervient notamment à l'extrémité est du lac Érié où 66 kilomètres de ligne de rivage bénéficient de cette sorte de protection sans être représentés dans l'annexe 2.2.1b au titre de lignes de rivage formées de roche de fond, la dernière étant généralement submergée.

Les lignes de rivages qui n'opposent pas de résistance à l'érosion fournissent les éléments granulaires que les courants littoraux transportent le long des rives. Ces éléments, en particulier le sable et les fragments de gravier, jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement des plages situées en aval des zones d'érosion. Toutefois, si l'on classe par catégories, selon leur taille, les grains qui composent les matériaux des rives, les proportions varient beaucoup d'un endroit à l'autre. On trouvera dans l'annexe 2.2.1c, les données relatives à la taille des grains. Ces données qui proviennent de l'analyse systématique de 600 échantillons différents des lignes de rivage, ont servi à préciser les paramètres à partir desquels on a établi la taille moyenne des grains pour chaque lac. On remarquera les pourcentages élevés de sable et de gravier dans les escarpements qui forment la plus grande partie de la ligne de rivage et où prédomine l'argile limoneuse. Bien que le calcul précis du volume de matériaux désagrégés des rives (en fonction d'un taux d'érosion déterminé) dépasse la portée du présent rapport, il semblerait que les taux élevés d'érosion mis en évidence, contribuent efficacement à l'approvisionnement des plages. On suppose que les fragments de limon et d'argile qui n'apparaissent pas dans les dépôts de la ligne de rivage ont été emportés au large.

Tous les lacs étudiés ont montré des fragments de sable associé au gravier dont la moyenne dépasse 29% dans les escarpements à l'exception de ceux des lacs Huron et Ontario où la moyenne dépasse légèrement 45%. C'est seulement dans le lac Érié que le limon représente l'élément dominant. Cela montre que les dépôts glacio-lacustres et glaci-fluviaux sont donc largement répandus dans ces régions. La grosseur

moyenne des grains qui forment les matériaux des escarpements se situait entre 0.01 mm (6.7 ϕ) sur le lac Érié et 0.03 mm (5.05 ϕ) sur le lac Ontario.

Les échantillons prélevés sur les dépôts des plages contenaient un pourcentage important de gravier (de 10% à 19%) excepté dans la baie Georgienne où les graviers ne représentaient que 6.7%. Dans tous les lacs à l'exception de la baie Georgienne, la texture grossière des dépôts laisse à penser que cette concentration de gravier est due à l'action des vagues sur les lieux mêmes, depuis que les lacs existent, infirmant ainsi le rôle du cheminement littoral des matériaux érodés comme source unique d'approvisionnement des plages.

La bathymétrie du lac dans la zone littorale, qui se situe entre la rive et la démarcation à partir de laquelle les vagues n'ont plus d'effet notable sur le fond (c'est-à-dire à environ vingt mètres de profondeur dans les Grands lacs), exerce une action importante quoique indirecte sur l'érosion naturelle des lignes de rivages adjacentes. Comme on l'a dit précédemment, plus les vagues perdent d'énergie dans leur trajet vers la rive, moins il leur en reste pour soumettre la ligne de rivage à l'érosion. Dans les régions où le fond sous-lacustre descend régulièrement en pente douce, les vagues dissipent la plus grande partie de leur énergie avant d'atteindre la rive, alors que dans les zones où le fond descend en pente raide près de la rive, les vagues conservent une grande partie de leur énergie qui se transforme alors en force d'érosion contre les matériaux de la rive. Dans les zones où la topographie du fond est irrégulière, par exemple quand la roche de fond se trouve près de la surface, il peut arriver que les mouvements de réfraction des vagues soient déformés, ce qui a pour effet d'amplifier les vagues ou de les projeter sur un secteur particulier de la ligne de rivage. Ce phénomène peut expliquer dans une certaine mesure quelques anomalies locales dans les taux d'érosion.

L'orientation de la ligne de rivage par rapport à l'angle d'attaque des vagues détermine aussi la perte d'énergie des vagues au cours de leur approche. Les vagues qui attaquent la rive à peu près à angle droit conservent mieux leur puissance, dans la mesure où les pertes dues à la réfraction des vagues à faible profondeur sont minimales. Il s'ensuit que ces vagues sont extrêmement destructrices, particulièrement dans les régions dépourvues de plages, où le relief littoral sous-lacustre est impropre à dissiper sur le fond l'énergie des vagues. De plus, de telles vagues produisent également moins de courants littoraux, et par conséquent, tendent à favoriser le transfert au large des matériaux désagrégés. Plus l'incidence des vagues sur la ligne de rivage est oblique, moins se feront sentir les effets de l'érosion, puisque la puissance des vagues sera considérablement réduite par le mouvement de réfraction. Dans les Grands lacs inférieurs et dans la partie sud de la baie Georgienne, la ligne de rivage est principalement orientée d'est en ouest, et l'angle d'attaque des vagues sur la ligne de rivage est généralement très réduit ($< 45^\circ$). Aux extrémités est et ouest des lacs, les vagues s'avancent perpendiculairement à la ligne de rivage. Quoique, ces régions se distinguent par la pente plus douce de leur relief littoral sous-lacustre, qui annule l'effet destructeur des vagues, elles sont souvent

inondées en raison de tempêtes fréquentes et de déferlements produits par le vent. En outre, les vents qui, dans ces régions, soufflent principalement du sud-ouest ou de l'ouest, poussent les vagues dans la même direction. C'est pourquoi les lignes de rivage situées à l'ouest et au sud sont virtuellement dans une zone protégée, relativement peu exposée aux vagues produites par les vents. Il arrive que de violentes tempêtes s'accompagnent de vents et de vagues du nord-est renversant totalement la situation.

Le lac Huron présente une ligne de rivage généralement orientée du nord au sud et, par conséquent, les vagues attaquent le littoral de façon plus directe. Cependant, au cours des ans, le relief littoral sous-lacustre s'est peu à peu modifié jusqu'à présenter une pente plus douce et plus régulière et de vastes avant-plates.

Dans les zones d'accumulation telles que les plages, il faut souligner l'importance primordiale de l'équilibre entre l'apport de matériaux des rives et la perte de matériaux locaux emportés par les courants. Il y a érosion de la rive quand les pertes l'emportent sur les gains.

Dans les Grands lacs, on note trois sources principales d'approvisionnement en matériaux des rives :

- 1) l'apport des ruisseaux et des rivières,
- 2) l'érosion des rives, et
- 3) l'érosion sous-lacustre d'affleurements littoraux de matériaux glaciaires.

On admet actuellement que malgré un apport aux lacs de matériaux en suspension tels qu'argile et limon en raison du défrichage des terres et de la construction sur les rives, l'approvisionnement en matériaux des rives (sable et gravier) a subi une diminution extrêmement sensible au cours des derniers siècles. La cause la plus évidente en est la construction d'installations de contrôle des crues sur les principaux cours d'eau, ce qui a pour effet de retenir et de détourner les matériaux grossiers avant qu'ils n'atteignent les lacs. L'accroissement isostatique des niveaux des lacs a provoqué une réduction du gradient des cours d'eau qui, à son tour, peut diminuer la concentration de transport du ruisseau ou de la rivière.

D'autre part, la proportion des matériaux provenant de l'érosion de la rive demeure à peu près constante et constitue maintenant la principale source d'approvisionnement. L'érosion des escarpements formés de matériaux glaciaires fournit au lac un volume important de grains de grosseurs variées, les fragments les plus grossiers s'accumulant dans la zone littorale.

Les matériaux glaciaires, comprenant surtout argile de fond, moraines et sédiments glacio-lacustres, affluent en grande quantité au fond des lacs dans la zone littorale qui borde la ligne de rivage étudiée. Ces matériaux désagregés sous l'action des vagues, constituent les derniers résidus de sable et de gravier qui se déposent après que les fragments plus sains ont été emportés. Il arrive, quand les conditions sont favorables, que ces matériaux soient déposés sur la rive par les vagues, constituant ainsi un apport littoral notable dans ces régions.

L'importance des matériaux ci-dessus varie selon l'endroit, le taux d'érosion et les caractéristiques physiques de la ligne de rivage et du fond littoral sous-lacustre.

2.2.3 Les facteurs anthropiques

Depuis la colonisation de la région des Grands lacs à la fin du 18^e siècle, les effets de l'activité humaine ont été manifestes sur le milieu naturel de la ligne de rivage. Pour commencer, on a abattu les arbres des forêts qui s'élevaient à l'origine sur les rivages et l'on a drainé les marais à des fins agricoles ou industrielles. Eu égard à l'accroissement récent du rythme de l'urbanisation et du développement industriel sur les rives des Grands lacs, il devient important de déterminer les répercussions de ces phénomènes de civilisation sur l'érosion inquiétante des rives. Au nombre des activités humaines qui peuvent contribuer de façon notable à l'érosion riveraine, il faut mettre :

- 1) le peuplement et l'exploitation agricole,
- 2) les ouvrages de régularisation et de dérivation visant à régulariser les niveaux des lacs,
- 3) la construction sur la ligne de rivage,
- 4) l'exploitation de carrières de sable le long de la ligne de rivage et dans les régions littorales, et
- 5) les activités maritimes.

Le peuplement et l'exploitation agricoles, en supprimant la couverture forestière riveraine, contribuent surtout à l'érosion littorale :

- a) En accroissant la surface de contact au sol de la pluie et, par suite, la surface d'écoulement des eaux de pluie;
- b) En détruisant une végétation vigoureuse dont les racines empêchaient l'érosion du sol en retenant les particules; et
- c) En supprimant l'ombre qui, auparavant, empêchait le sol de se dessécher et de se craqueler.

Bien qu'on puisse difficilement évaluer leur effet, il semble que chacun de ces facteurs soit lié aux graves problèmes d'érosion qui affectent les terres agricoles du rivage comme celles de la péninsule du Niagara et de la rive nord du lac Erié. On peut incriminer d'autres méthodes d'agriculture qui aggravent les effets de l'érosion due aux eaux de ruissellement, en particulier l'habitude de creuser des sillons perpendiculaires à la ligne de rivage d'orienter les fossés de drainage dans la même direction. En canalisant les eaux de ruissellement, ces deux méthodes risquent de provoquer le ravinement du sol le long de la ligne de rivage, comme on peut le voir près du lac Erié dans le comté d'Elgin.

En outre, les lignes de rivage qui bordent les terres agricoles ne bénéficient en général d'aucune protection artificielle contre l'érosion en raison de leur moindre valeur mobilière. Par conséquent, lorsque ces terres avoisinent des zones littorales protégées, elles subissent une érosion accrue du fait de l'évacuation sélective par les courants littoraux des matériaux accumulés au pied de leurs escarpements, qui se trouvent ainsi continuellement exposés à l'érosion.

L'assèchement par drainage artificiel de lagunes et marais littoraux transformés en terres agricoles présente un autre danger, moins direct. En effet, ces travaux non seule-

ment augmenter le risque de crues et d'inondations mais encore ils modifient notablement le niveau de l'eau local dans la mesure où ces terres sont généralement situées bien au-dessous du niveau lacustre. Bien qu'on n'ait pas encore recueilli les données qui confirmeraient ce danger, on ne peut ignorer ce risque éventuel de destruction de l'équilibre de la ligne de rivage.

L'activité humaine à proximité des lacs et des canaux qui les relie a modifié le niveau des lacs et, par conséquent, les taux d'érosion et la fréquence des crues. Les travaux de dragage, les dérivation à l'entrée et à la sortie des lacs, la consommation absolue d'eau et la régularisation des lacs Supérieur et Ontario sont les activités de l'homme qui ont altéré le régime naturel des niveaux de l'eau.

Draguer l'émissaire d'un lac revient à accroître son débit et, à défaut d'y pallier par des travaux de contrôle ou de compensation, le niveau du lac s'en trouve diminuer en permanence. Les lacs Huron et Sainte-Claire ont vu leurs niveaux quelque peu diminués par l'exploitation commerciale du gravier et par des opérations de dragage entreprises en 1933 et 1962 en vue d'améliorer la navigation sur les rivières Sainte-Claire et Détroit et sur le lac Sainte-Claire. À la suite de ces dragages, le lac Huron a baissé de .18 mètre et le lac Sainte-Claire de .04 mètre. En agrandissant les chenaux, on a temporairement augmenté le débit d'entrée dans le lac Érié ce qui a provoqué une élévation passagère dans son niveau.

Il existe quatre dérivation dans le réseau des Grands lacs: deux d'entre elles augmentent l'apport aux lacs, une le diminue et la dernière court-circuite l'émissaire naturel. Les eaux détournées du bassin de la rivière Albany (qui draine en partie la baie James) empruntent les dérivation des lacs Long et Ogoki jusque dans le bassin du lac Supérieur. Ces ouvrages de dérivation entrepris respectivement en 1939 et 1943, ont augmenté l'approvisionnement en eau du réseau et, par conséquent, ont accru légèrement les niveaux des lacs non régularisés. De 1943 à 1970 ces dérivation ont eu un débit total moyen de 142 m³/s, qui à la longue a eu pour effet de hausser respectivement de 11 centimètres (.36 pied) et 7 centimètres (.23 pied) le niveau des lacs Huron et Érié. Le niveau est resté le même dans les lacs Supérieur et Ontario, dont les plans de régularisation avaient été prévus pour compenser cette arrivée d'eau excédentaire.

L'eau est détournée des Grands lacs vers le bassin du Mississippi par une dérivation à la hauteur de Chicago. Cet ouvrage de dérivation entrepris en 1848 a eu jusqu'en 1900 un débit moyen d'environ 14 m³/s qui a été progressivement accru jusqu'à atteindre en 1928 le maximum annuel de 283 m³/s. En 1930, un arrêt de la Cour suprême des États-Unis a imposé un maximum de 88 m³/s, auquel le débit a été ramené en 1938 après avoir subi des réductions successives. De 1938 à 1953 la dérivation a conservé un débit annuel d'environ 88 m³/s. Toutefois, de 1953 à 1970, la moyenne a atteint 93 m³/s. Depuis le 1^{er} mars 1970 la moyenne annuelle de la dérivation de Chicago ne doit pas dépasser 91 m³/s conformément à l'arrêt de la Cour suprême des États-Unis. Ce débit s'est soldé par une baisse de niveau

de 7 centimètres (.23 pied) et 4 centimètres (.13 pied) dans les lacs Huron et Érié respectivement. Le lac Ontario n'est pas touché grâce aux compensations prévues par le plan de régularisation. Ce système comprend une autre dérivation importante dans le canal Welland, entre les lacs Érié et Ontario. Depuis 1950 cette dérivation a un débit moyen d'environ 198 m³/s qui a fait baisser les niveaux des lacs Érié et Huron de 10 centimètres (.33 pied) et de 3 centimètres (.10 pied) respectivement.

Le tableau 2.2.2 indique les principales dérivation et leurs effets sur les niveaux des Grands lacs.

TABLEAU 2.2.2
Variations occasionnées aux niveaux des Grands lacs
par les principales dérivation

Dérivation	Débit moyen m ³ /s	Supé- rieur	Mich-Huron	Erié	Ontario
Lac Long, Ogoki	142	0	+0.11	+0.07	0
Chicago	91	-	-0.07	-0.04	0
Canal Welland	198	-	-0.03	-0.10	0
Résultat final		0	+0.01	-0.07	0

Au total, les variations de niveaux sont minimes et montrent un accroissement de .01 mètre dans les lacs Michigan et Huron et une baisse de .07 mètre sur le lac Érié. Comme on l'a noté plus haut, ces dérivation n'ont aucun effet sur les lacs Supérieur et Ontario dont les plans de régularisation ont été prévus de façon à compenser tout déséquilibre éventuel entre le débit entrant et l'écoulement.

La consommation absolue désigne la quantité d'eau retirée des Grands lacs et qui ne leur est plus restituée. Ceci comprend l'eau d'irrigation, l'eau utilisée pour les besoins de l'industrie ou incorporée dans les produits et l'eau destinée à la consommation humaine et animale ou épuisée de toute autre manière. Cette perte d'eau réduit quelque peu l'approvisionnement des lacs et tend à faire baisser leurs niveaux. Le rapport du Bureau international du niveau des Grands lacs précisait que la consommation absolue d'eau a fait baisser les lacs Huron et Érié d'environ 3 centimètres (.10 pied).

On contrôle l'approvisionnement et le débit des lacs Supérieur et Ontario à l'aide d'ouvrages de régularisation construits sur leurs émissaires. La Commission mixte internationale exerce son autorité par l'entremise des Commissions de contrôle du lac Supérieur et du fleuve Saint-Laurent. Dans un rapport qui a vu le jour récemment, la Commission a étudié la faisabilité d'ouvrages de régularisation destinés à perfectionner le contrôle des niveaux des Grands lacs et a conclu qu'à moins d'effectuer des travaux et des modifications coûteuses on n'obtiendrait que des améliorations négligeables.

Les débits de sortie du lac Supérieur sont régularisés depuis 1921. C'est le règlement de 1949 modifié en 1955 qui constitue le plan de régularisation actuelle. La régularisation du lac Supérieur a modifié le cycle et l'importance de ses écoulements, affectant les niveaux du lac Supérieur

ainsi que ceux des lacs inférieurs. Les principaux effets de la régularisation actuelle ont été d'accroître le niveau moyen du lac Supérieur de 10 centimètres (.33 pied), de réduire le niveau maximum et les niveaux intermédiaires du lac Supérieur et d'augmenter légèrement l'éventail des niveaux sur les lacs Huron et Érié. Les débits du lac Ontario sont régularisés depuis 1958. Le plan en vigueur maintenant (1958-D) réduit l'amplitude des niveaux sur ce lac.

La régularisation des lacs a eu des effets bénéfiques sur les niveaux pendant les périodes de crues en 1973. Cette année-là, la Commission mixte internationale a donné l'ordre de réduire le débit du lac Supérieur à 1,540 m³/s du mois de février au mois de juillet. Ceci a eu pour résultat de réduire le niveau maximum des lacs Huron, Sainte-Claire et Érié de 9 centimètres (.30 pied), 5 centimètres (.16 pied), et 2 centimètres (.07 pied) respectivement. Sur le lac Ontario, le niveau de pointe de 1973 a été de 36 centimètres (1.18 pied) plus bas qu'il ne l'eût été sans régularisation.

Au nombre des facteurs anthropiques susceptibles de compromettre l'équilibre de la ligne de rivage, on doit ajouter les ouvrages de protection de la rive ainsi que les constructions portuaires et les travaux d'entretien.

La densité des exploitations industrielles et le nombre d'installations récréatives sur les bords des Grands lacs ainsi que la valeur esthétique et marchande des propriétés riveraines expliquent les sommes élevées consacrées à la protection des rives. Le tableau 2.2.3 indique les divers ouvrages de protection qui se répartissent sur le rivage comme suit:

Ouvrages par catégorie	Pourcentage du rivage			
	Ont.	Érié	Sainte-Claire	Huron
Épis et jetées	0.28	1.90	2.01	2.20
Levéés	-	-	35.35	-
Brise-lames (au large)	0.19	0.73	0.21	0.20
Batardeaux et digues	5.43	7.90	29.73	1.70
Rivage non protégé	94.10	89.47	32.70	95.90

Bien que ces ouvrages, lorsqu'ils sont bien conçus, offrent une certaine protection contre l'érosion, ils peuvent perturber le cheminement littoral normal des matériaux. Il s'ensuit fréquemment un "amaigrissement" du secteur de la ligne de rivage situé en aval de l'ouvrage, ayant pour effet une érosion locale accrue. Cette "décrue de plage" peut être due soit à l'interception de la dérive littorale (par les épis ou les brise-lames), ou au détournement au large des courants littoraux (épis, digues, batardeaux, revêtements) tous ces ouvrages contribuant à rejeter ou à dévier les courants littoraux et les vagues qui viennent les heurter.

Étant donné l'importance des entreprises de pêche et de transport maritime sur les Grands lacs, de nombreux ports sont situés sur les lignes de rivage. Toutefois, les rives très exposées obligent à construire des ouvrages de protection, dont les plus courants sont les longs épis (ou

jetées) qui aident à maintenir en bon état le chenal navigable, et parfois au large, des brise-lames qui amortissent l'énergie des vagues et de la houle. Ces ouvrages concourent à l'interception des courants littoraux qui favorisent par conséquent l'érosion en aval. En outre, on doit procéder au dragage fréquent des chenaux navigables pour assurer de façon permanente le tirant d'eau nécessaire. C'est pourquoi on retire constamment des ports situés sur les Grands lacs des quantités considérables de sable et de gravier que, la plupart du temps, on déverse en dehors de la zone littorale, au détriment des rives voisines dont l'équilibre, faute de matériaux, est continuellement perturbé. D'après les calculs basés sur les renseignements provenant du ministère des Travaux publics, les volumes de matériaux extraits par dragage se répartissent comme suit:

TABLEAU 2.2.4.
Quantités moyennes annuelles extraites des ports des Grands lacs

Lac	Nombre de ports	Volume (m ³ /an)
Ontario	14	13,422.34
Érié	13	15,675.38
Huron	12	25,080.75
Sainte-Claire	5	18,494.58
Total		72,673.05

On a continué le dragage d'entretien des ports situés sur les Grands lacs dans la plupart des endroits depuis très longtemps, dans certains cas depuis plus de cinquante ans. On peut se demander s'il n'existe pas des relations de cause à effet entre ces opérations et l'érosion chronique que l'on constate dans certains secteurs tels que pointe Pelée et pointe Longue, mais il faut attendre pour conclure les résultats des recherches en cours sur les lieux mêmes. Ces deux régions ont en commun d'avoir chacune des ports de part et d'autre de leurs côtes, à savoir: Leamington et Wheatley qui enserrent pointe Pelée et Port Burwell et Port Rowan qui enserrent pointe Longue. Il se peut de plus que ce dragage d'entretien n'ait qu'un effet négligeable ou soit sans effet du tout sur ces côtes, aussi bien en aval qu'en amont.

Outre l'ablation du matériau littoral au cours des opérations d'entretien, on pratique également dans ces zones l'extraction commerciale du sable et du gravier utilisés comme agrégat. Bien que les avis soient partagés sur la responsabilité de l'exploitation minière de dépôts littoraux dans l'érosion de la rive, on admet que le danger existe, à cause de l'extraction à proximité de la rive. En effet, la stabilité de la plage est compromise dans la mesure où l'équilibre entre l'apport et le retrait des matériaux littoraux est rompu. Seules des recherches plus poussées en la matière, pourraient peut-être infirmer les soupçons quant aux risques d'érosion que font peser sur les côtes avoisinantes ces extractions de matériaux.

Les vagues produites par le trafic maritime sur les Grands lacs contribuent pour leur part à l'érosion littorale, en particulier dans les émissaires et le fleuve Saint-Laurent.

L'intensité de l'érosion attribuable au trafic maritime dépend du nombre des parcours effectués, du tonnage et de la vitesse des bateaux, et de leur distance à la rive. L'amplitude des vagues produites par les navires est fonction de la vitesse et du déplacement de ces derniers; les vitesses élevées et les déplacements importants produisent des vagues les plus fortes tandis que les vitesses réduites et les déplacements peu considérables engendrent des vagues plus petites. La distance d'un bateau à la rive représente également un facteur important. En effet les vagues qui prennent naissance près de la rive sont les plus puissantes alors que celles qui sont produites à plus grande distance perdent une grande partie de leur énergie avant de l'atteindre. Le transport maritime sur les rivières Sainte-Claire et Détroit a causé des problèmes d'érosion locaux, en particulier sur les lignes de rivage proches des chenaux navigables. Et cela d'autant plus que les limitations de vitesse réglementaire imposées par la Loi sur la marine marchande du Canada, n'ont pas été réellement respectées dans ces secteurs. On a observé des cas semblables, sans grande gravité, en certains endroits de la rivière Sainte-Marie.

Les bateaux de plaisance produisent également des vagues, dont la fréquence et la dimension sont cependant insignifiantes, comparées à celles des vagues engendrées par les gros navires. Ces bateaux à moteur peuvent cependant créer des problèmes locaux dans les affluents et les baies abrités qui, d'habitude, ne sont pas exposés à de fortes vagues.

2.3 CRUES SUR LA LIGNE DE RIVAGE DES GRANDS LACS

2.3.1 Inondations de court et de longue durées

La ligne de rivage des Grands lacs est inondée lorsque l'eau dépasse le niveau moyen calculé à court ou à long terme. Cette inondation se limite généralement aux régions basses ou aux tronçons les plus bas d'affluents affectés par le reflux des lacs en crue. La région inondée et l'importance de la crue dépendent de deux facteurs: (1) l'amplitude des variations des niveaux de l'eau, et (2) la côte des rivages.

Comme on l'a expliqué précédemment, les niveaux des Grands lacs varient d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre en fonction de l'approvisionnement des lacs. Suivant la saison, les niveaux peuvent monter de plus d'un mètre (3.3 pieds,) selon le lac, le niveau minimum se situant au plus fort de l'hiver et le maximum vers le milieu de l'été. D'une année à l'autre les variations sont moins importantes, toutefois, une précipitation excessive s'étendant sur plusieurs années consécutives peut faire monter le niveau d'un mètre (3.3 pieds) au-dessus des niveaux moyens.

La figure 2.4 indique les inondations qui se produisent autour des lacs ayant un niveau moyen élevé. Ce genre

d'inondation peut sévir des mois entiers, causant d'importants dégâts dans les basses terres, provoquant des conditions d'hygiène dangereuses dans les endroits où existent des fosses septiques, interdisant également l'accès aux plages et toute activité marine.

Les orages provoquent aussi des inondations causant des changements à court terme dans le niveau des lacs. Les orages produisent de fortes vagues et l'eau, montant brusquement, peut déferler sur les rives et causer des inondations temporaires. Orages et seiches provoquent également un déséquilibre dans la répartition de l'eau à la surface du lac, amenant des changements de niveau soudain. Les inondations dues aux orages et aux tempêtes soudaines sont aussi représentées dans la figure 2.4.

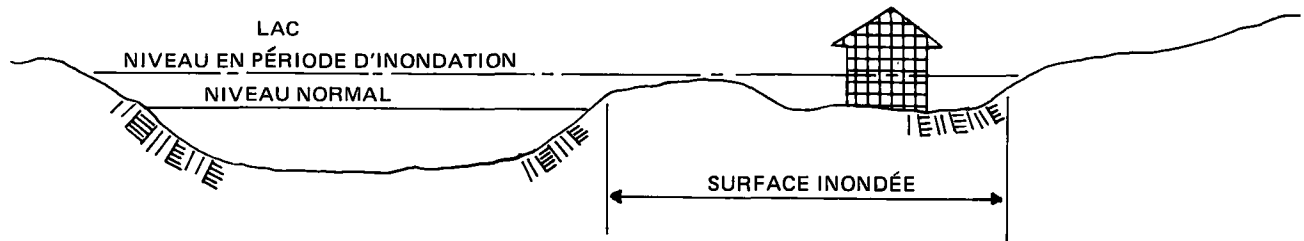
L'importance de ces fluctuations à court terme dépend de la profondeur du lac et de l'orientation de la ligne de rivage par rapport aux vagues déferlantes. Les plus grandes crues d'orages se sont produites aux extrémités est et ouest du lac Érié qui se distingue par sa faible profondeur et où les différences de niveau ont atteint jusqu'à quatre mètres. Les inondations de courte durée comme celle-là peuvent se prolonger de quelques heures à plusieurs jours, rendant les routes impraticables, causant du tort aux cultures, endommageant les habitations et obligeant l'évacuation des maisons.

2.3.2 Régions exposées aux inondations

Dans la figure 2.5 où figure la carte des inondations sur les rives des Grands lacs, les secteurs exposés aux crues indiquent la hauteur en mètres—au-dessus du niveau de référence de la carte (NRIGL 1955)—à laquelle l'inondation se produit. Ces chiffres sont basés sur les mesures topographiques prises au niveau de la plage ou de l'escarpement. C'est surtout au sud des Grands lacs dans les régions très développées, que les inondations ont causé des dommages sensibles. Toute la rive canadienne du lac Sainte-Claire a subi des dégâts considérables au cours des tempêtes de novembre 1972 et mars 1973, où les vagues sous l'effet des orages et du vent ont déferlé sur la rive. D'importants dégâts ont également été subis sur la bande qui s'étend le long de la plage de Burlington à l'extrémité ouest du lac Ontario, où la force destructrice des vagues s'est conjuguée aux méfaits de l'inondation. En certains endroits, comme la rive sud du canton de South Marysburgh, comté de Prince Edward, l'inondation n'a provoqué que des dégâts minimes sur une ligne de rivage relativement peu aménagée. On doit aussi noter que les chiffres indiquant, dans la figure 2.5, les niveaux de crue soudaine, sont, en règle générale, dépassés par les vagues au cours des tempêtes, d'où peut conclure que c'est aux inondations par déferlement que les régions portées sur la carte sont le plus exposées.

FIGURE 2.4
INONDATIONS À LONG ET À COURT TERMES

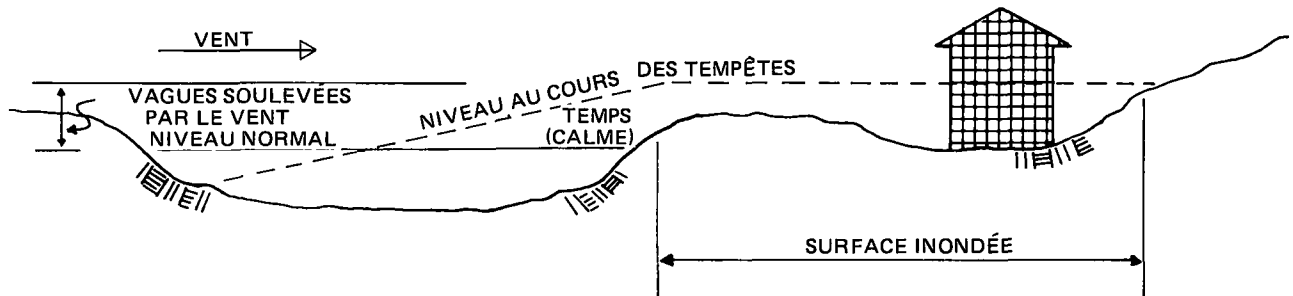
SAISONNIÈRES ET À LONG TERME



NIVEAU PAR TEMPS CALME, INFÉRIEUR À LA HAUTEUR DES RIVES; NIVEAU EN PÉRIODE D'INONDATION, SUPÉRIEUR À LA HAUTEUR DES RIVES.

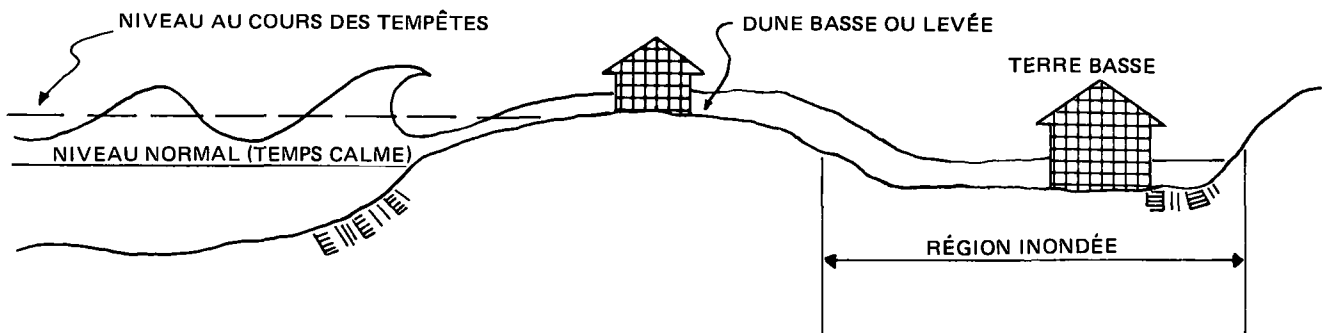
NIVEAU À COURT TERME

NIVEAU AU COURS DES TEMPÊTES



NIVEAU PAR TEMPS CALME, INFÉRIEUR À LA HAUTEUR DES RIVES.
NIVEAU AU COURS DES TEMPÊTES, SUPÉRIEUR À LA HAUTEUR DES RIVES.

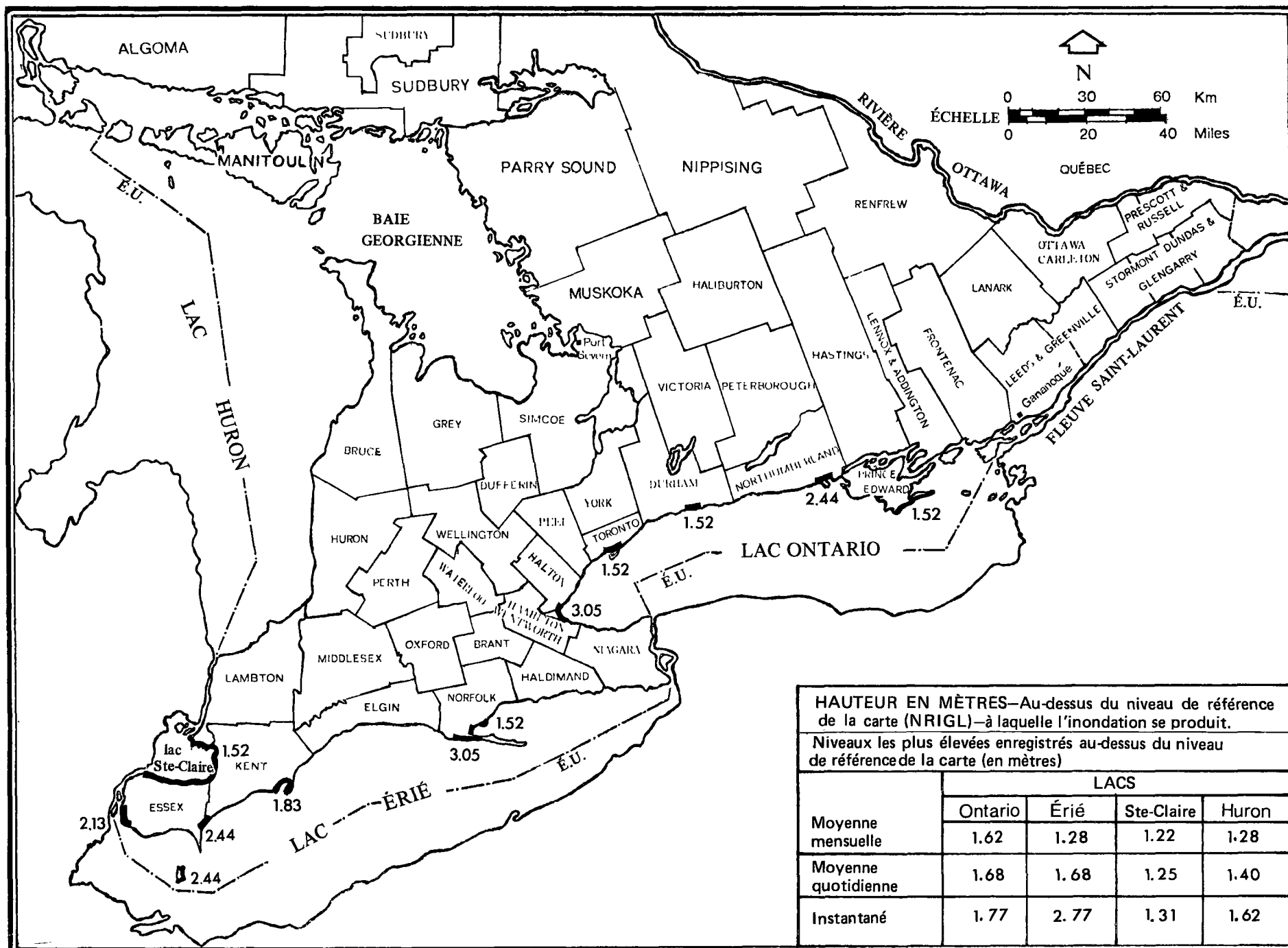
DÉFERLEMENT DES VAGUES



NIVEAU AU COURS DES TEMPÊTES, INFÉRIEUR À LA HAUTEUR DES RIVES.
DÉFERLEMENT DES VAGUES PAR-DESSUS UNE BARRÉ BASSE, UNE DUNE OU UNE LEVÉE.



Figure 2.5 Inondations des rives des Grands lacs





L'érosion des rives des grands lacs: son ampleur

L'érosion le long des lignes de rivage des Grands lacs, ainsi qu'il en a déjà été question, a été quantifiée à l'aide de trois classifications différentes: recul/avancement historiques, de 1900 à nos jours; recul/avancement photogrammétriques, de 1952 à 1973; taux d'érosion et d'accumulation de 1971 à novembre 1973. Puisqu'il est généralement reconnu que les hauts niveaux de l'eau et les tempêtes accélèrent l'action érosive, les taux mesurés de 1971 à nos jours sembleraient beaucoup plus grands si on en faisait une analyse comparative. Il faut noter que toutes les trois méthodes donnent les taux de recul et d'avancement, tandis que la troisième présente un paramètre volumétrique pour établir les taux d'érosion et d'accumulation. Les corrélations et les anomalies pour chacune des méthodes sont l'objet d'une analyse comparative qui suit les analyses individuelles.

3.1 TAUX HISTORIQUES DE RECU ET D'AVANCEMENT

Les taux historiques de recul de la ligne de rivage s'appuient sur des levés de terrains faits à certains intervalles depuis plusieurs décennies. Il faut les interpréter en tenant compte des points suivants:

- 1) Les valeurs représentent seulement les taux moyens et, bien qu'elles se rapprochent le plus des taux réels, s'étendant sur des périodes où les oscillations des niveaux des lacs ont été nombreuses et l'érosion anormalement intense, on ne peut s'attendre à ce qu'elles reflètent l'image de l'érosion à court terme.
- 2) En tout, on a obtenu 723 mesures d'érosion du Bureau international du niveau des Grands lacs et des données complémentaires des arpenteurs locaux. Après un triage, un total de seulement 410 échantillons (tableau 3.1) répondait aux critères énoncés précédemment qui servent à déterminer les taux historiques d'érosion. Les levés aériens ont varié beaucoup d'un lac à l'autre, couvrant une plus grande étendue des lacs Ontario et Érié que du lac Huron et de la baie Georgienne.

TABLEAU 3.1

Répartition des mesures de recul historiques

	Total	Retenues pour analyse	Par rapport au bord de l'escarpement
Lac Ontario	161	72	72
Lac Érié	217	117	59
Lac Sainte-Claire	52	21	1
Lac Huron	293	200	49
	723	410	181

- 3) Chaque fois que cela était possible, on a utilisé le "bord de l'escarpement" comme point de référence normal. Cependant, dans certaines régions il n'y a pas d'escarpement défini et il a fallu mesurer le recul pas rapport au niveau le plus élevé de l'eau ou au bord de l'eau. Les mesures reliées au bord de l'escarpement sont préférables parce qu'elles représentent une réduction permanente de terrains utilisables. Les variations du niveau le plus élevé de l'eau, comme dans les régions des plages, ne sont pas nécessairement permanentes et peuvent représenter une reprise de terrains au cours de périodes de basses eaux.
- 4) On a utilisé une technique de la moyenne pondérée pour déterminer les taux de recul et d'avancement. Chaque mesure d'érosion représente un secteur de la ligne du rivage possédant des caractéristiques physiques et une orientation semblables. On a supposé que ces unités subissaient un recul ou un avancement au même rythme. On a déterminé les taux moyens pondérés comme il suit: pour chaque secteur dans un comté, le produit du taux de recul et d'avancement multiplié par la longueur du secteur; la longueur totale des secteurs à l'étude a été ajoutée; on a calculé le taux moyen pondéré de recul et d'avancement en divisant la somme de la longueur du secteur—les produits du taux de recul par la longueur totale des secteurs à l'étude; on a déterminé la couverture en pour cent en divisant la longueur des secteurs à l'étude par la longueur totale de la ligne de rivage.

$$W = \frac{(R_1 L_1) + (R_2 L_2) + \dots + (R_n L_n)}{L}$$

où

W = taux moyen pondéré de recul et d'avancement

R_n = taux de recul et d'avancement pour chaque "n"

L_n = longueur du secteur

L = $\Sigma (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$

De nombreuses régions n'ont pas fait l'objet de levés parce que la rive a été jugée non érosive. Par exemple, certaines régions étaient composées surtout de roche de fond, tandis que d'autres régions étaient bien protégées par des brise-lames ou des jetées. Par conséquent, les taux moyens d'érosion ne doivent être considérés comme représentatifs que des lignes de rivage érosives du lac ou du comté.

3.1.1 Lac Huron

Les 325 kilomètres de ligne de rivage au sud de la baie Georgienne consistent surtout en plages de galets arénacés et d'affleurements rocheux avec, de-ci de-là, des maré-

cages et des bancs d'argile. Les 103 valeurs d'érosion à l'étude révélaient des avancements de 2.07 m/an et des reculs de 2.68 m/an. Des taux moyens d'érosion dans les comtés de Simcoe et de Grey ont révélé un avancement léger à long terme de 0.01 m/an. L'accumulation de matériaux côtiers serait vraisemblablement la source principale de l'avancement net.

Les 468 kilomètres de ligne de rivage du lac Huron se composent avant tout de roche en place dans le comté septentrional de Bruce et, dans les comtés sud de Bruce, Lambton et Huron, de dépôts glaciaires, de sable, de gravier et d'argile, de même que de quelques affleurements de roche. On note un léger avancement dans le comté de Bruce. Les mesures dans les comtés de Lambton et Huron se composaient d'un avancement de 2.77 m/an et d'un recul de 1.41 m/an. La moyenne pondérée du lac Huron révélait un recul léger à long terme de 0.09 m/an. Le tableau 3.1.1 donne les taux de recul historiques du lac Huron, y compris l'étendue des valeurs et les moyennes pondérées par comté.

TABLEAU 3.1.1
Taux de recul historiques du lac Huron

Comté	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an)*	Moyenne pondérée (m/an)*
Baie Georgienne:						
Simcoe	200.10	61.03	30.5	75	-2.07 à +0.72	-0.07
Grey	124.45	18.84	15.1	28	-0.91 à +2.68	+0.08
Bruce	176.49	0	0	0	-	-
Total:	501.04	79.87	15.5	103	-2.07 à +2.68	+0.01
Lac Huron sud:						
Bruce	314.08	12.85	4.1	3	0.00 à +0.86	+0.21
Huron	82.92	73.77	89.0	56	-2.77 à +1.05	-0.02
Lambton	71.32	44.75	59.4	38	-0.51 à +1.41	+0.25
Total:	468.32	131.37	28.1	97	-2.77 à +1.41	+0.09
Total:						
Lac Huron	969.36	211.24	21.8	200	-2.77 to +2.68	+0.05

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

3.1.2 Lac Sainte-Claire

Bien que des variations à long terme dans les dimensions des terres aient été observées aux points principaux le long de la ligne de rivage du lac Sainte-Claire, on n'est pas sûr s'il faut attribuer ces variations à une définition inexacte du niveau le plus élevé de l'eau au cours des périodes de niveaux élevés du lac. On a corrigé, à l'aide de la différence des niveaux du lac entre les levés, les variations des dimensions comparées, mais la ligne de rivage du lac Sainte-Claire, qui par moment est modérée ou extrêmement plane (jusqu'à une pente d'un mètre sur une distance de deux cents mètres a rendu cette correction difficile. Le tableau 3.1.2 énumère l'étendue des valeurs et les moyennes pondérées des vingt et une mesures du lac Sainte-Claire.

3.1.3 Lac Érié

On a utilisé cent six-sept mesures pour le lac Érié. Sur toute la longueur de la ligne de rivage, les matériaux litto-

TABLEAU 3.1.2
Taux de recul historiques du lac Sainte-Claire

Comté	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an)*	Moyenne pondérée (m/an)*
Kent	45.60	45.60	100.0	9	-1.02 à +6.04	+2.73
Essex	47.50	36.45	76.7	12	-0.92 à +0.67	+0.15
Total:	93.10	82.05	88.1	21	-1.02 à +6.04	+1.58

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

raux résistants (roche de fond et protection des rives) comprennent moins de 4%. Le reste consiste surtout en matériaux littoraux non consolidés: matériaux de transport glaciaire (45%), matériaux littoraux arénacés (37%) et de marais littoraux (12%). Le lac Érié, avec un pourcentage élevé de matériaux littoraux érosifs, se caractérisait par un recul moyen élevé de 0.59 m/an. Les valeurs historiques se sont situées entre 1.7 m/an d'avancement dans le comté d'Essex et un recul de près de 6 m/an dans le comté d'Elgin.

Les niveaux les plus élevés de recul à long terme se trouvent dans les cantons de Dunwich et Bayham dans le comté d'Elgin. La ligne de rivage se compose d'escarpements plutôt élevés qui accusent un recul maximal de 6 m/an sur une période de vingt-sept ans. Un recul relativement élevé s'est aussi produit dans la municipalité régionale de Haldimand-Norfolk (canton de Houghton) au cours des trente-deux dernières années. On a noté des niveaux historiques moins élevés dans la région municipale de Niagara où des affleurements de roche en place offrent une certaine protection au niveau de la ligne de rivage. Bien que l'on reconnaisse qu'une érosion considérable se soit produite dans le comté de Mersea au cours des récentes années, la pénurie de levés de terrain de plus de vingt ans et la protection étendue des propriétés privées ont contribué à former une basse moyenne pondérée pour le comté d'Essex. Le tableau 3.1.3 résume les taux de reculs historiques du lac Érié par comté ou par municipalité régionale.

TABLEAU 3.1.3
Taux de recul historiques du lac Érié

Comté ou municipalité régionale	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an)*	Moyenne pondérée (m/an)*
Essex	146.36	38.50	26.3	60	-1.63 à +1.74	+0.28
Kent	116.56	44.78	38.4	26	-0.21 à +1.20	+0.29
Elgin	90.22	28.63	31.7	16	-1.83 à +5.61	+1.53
Haldimand-Norfolk	223.40	19.60	8.8	13	-0.44 à +2.82	+0.67
Niagara	58.12	5.66	9.7	2	-0.13 à -0.05	-0.06
Total:	634.66	137.17	21.6	117	-1.83 à +5.61	+0.59

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

3.1.4 Lac Ontario

La ligne de rivage du lac Ontario de Niagara-on-the-Lake jusqu'à Gananoque a une longueur approximative de 1,100 kilomètres. Environ 25% de cette ligne de rivage se compose de roche de fond ou est protégée artificiellement et considérée comme non érosive. Le reste consiste surtout en sable non consolidé et en plages de gravier, en escarpements de matériel glaciaire et en marécages.

On a déterminé les variations historiques de la ligne de rivage à partir de données provenant de 72 endroits. Ceci a permis de couvrir 12% de toute la ligne de rivage du lac Ontario. Le tableau 3.1.4 illustre les taux de recul de ces endroits. La couverture historique du lac Ontario a été bonne à l'extrémité ouest à partir de Peel jusqu'à Niagara et dans la municipalité régionale de Durham. Cependant, la couverture a été minimale ou non existante dans les autres comtés.

TABEAU 3.1.4
Taux de recul historiques du lac Ontario

Comté ou municipalité régionale	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an) *	Moyenne pondérée (m/an) *
Niagara	49.09	28.73	58.5	19	+0.06 à +3.56	+1.01
Hamilton-Wentworth	18.31	9.74	53.2	5	+0.03 à +0.93	+0.50
Halton	26.90	17.71	65.8	8	- 0.64 à +0.47	+0.11
Peel	14.72	5.44	37.0	3	- 0.61 à +0.04	- 0.19
Toronto métropolitain	46.82	.00	0.0	0		-
Durham	64.92	24.49	37.7	15	0.00 à +1.16	+0.34
Northumberland	114.03	19.80	17.4	10	0.00 à +1.16	+0.42
Prince Edward	289.54	11.83	4.1	5	0.00 à +0.20	+0.08
Hastings	68.12	0.00	0.0	0	-	-
Lennox et Addington	156.59	5.96	3.8	6	0.00 à +0.24	+0.08
Frontenac	212.92	1.61	0.8	1	+0.76	+0.76
Total:	1,061.96	125.31	11.8	72	- 0.64 à +3.56	+0.43

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

Le taux de recul moyen pondéré du lac Ontario était de 0.43 m/an. Le recul à long terme le plus considérable s'est produit dans la région municipale de Niagara où la moyenne pondérée a été de 1.01 m/an. Le recul maximum à long terme de 3.56 m/an s'est produit dans la ville de Niagara-on-the-Lake. On a aussi observé des reculs élevés dans les régions municipales de Hamilton-Wentworth et de Durham et dans le comté de Northumberland. Dans les régions municipales de Halton et de Peel, on a noté un avancement attribuable à l'accumulation de matériaux littoraux.

3.2 TAUX DE REcul ET D'AVANCEMENT OBTENUS PAR PHOTOGRAMMÉTRIE

On a obtenu les taux de recul et d'avancement pour la période de 1955 à 1973 au moyen de photographies aéri-

ennes faites de 1952 à 1955 et, plus tard, en 1973. On a établi les taux en extrayant des profils convertis en numé-riques des deux séries de photographies à des points de long de la rive. On a utilisé ces profils pour situer avec précision le bord de l'escarpement, ou le bord de l'eau. La différence entre ces points de référence a fourni un taux de recul ou d'avancement linéaire à chaque endroit. Le tableau 3.2 indique le nombre total de stations dans le cas de chaque lac, de même que la répartition des points de référence utilisés.

TABEAU 3.2
Endroits où les données du recul sont obtenues par photogrammétrie

	Nombre de stations	Par rapport au Bord de l'escarpement	Bord de l'eau
Lake Huron	128	42	86
Lac Sainte-Claire	16	0	16
Lake Érié	201	93	108
Lake Ontario	108	65	43
	453	200	253

3.2.1 Lac Huron

Les taux de recul et d'avancement du lac Huron au cours de la période de 1955 à 1973 sont fondés sur les mesures photogrammétriques prises à 128 endroits. Bien qu'il s'agisse de moins de 200 mesures historiques, les valeurs de 1955 à 1973 ont une répartition plus vaste et, par conséquent, laissent une meilleure couverture d'ensemble, en particulier dans les comtés de Lambton et Huron. Le tableau 3.2.1 donne la couverture et les taux moyens pondérés de recul et d'avancement.

TABEAU 3.2.1
Taux de recul du lac Huron (1955 à 1973)

Comté	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an) *	Moyenne pondérée (m/an) *
Baie Georgienne:						
Simcoe	200.10	63.53	31.8	34	-0.63 à +0.64	- 0.05
Grey	124.45	18.11	14.6	13	-0.16 à +1.53	+0.22
Bruce	176.49	.00	0.0	0	-	-
Total:	501.04	81.64	16.3	47	-0.63 à +1.53	+0.01
Partie du lac Huron sud:						
Bruce	314.08	48.56	15.5	17	-0.94 à +0.28	- 0.15
Huron	82.92	72.56	87.5	38	-1.58 à +1.97	+0.28
Lambton	71.32	49.67	69.6	26	-0.17 à +0.87	+0.18
Total:	468.32	170.79	36.5	81	-1.58 à +1.97	+0.12
Total:						
Lac Huron	969.36	252.43	26.0	128	-1.58 à +1.97	+0.09

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

Les variations de la ligne de rivage dans la baie Georgienne sont semblables aux variations historiques dont il a déjà été question. Le comté de Grey a subi un recul de 0.22

m/an et celui de Simcoe a accusé un avancement de 0.05 m/an. Cet avancement est attribuable au grand nombre de plages du comté de Simcoe qui se retirent et avancent régulièrement.

Dans le comté de Huron, l'étendue des valeurs était grande, marquant un avancement de 1.58 m/an et un recul de 1.97 m/an. Ces chiffres représentent un mélange d'un avancement littoral et d'un recul de l'escarpement. Les mesures dans les comtés de Lambton et Huron indiquent des taux moyens de recul de 0.18 m/an et de 0.28 m/an respectivement. On peut établir une distinction entre l'érosion littorale et celle de l'escarpement dans ces régions en se reportant aux stations individuelles de l'annexe 3.4.1.

3.2.2 Lac Sainte-Claire

La ligne de rivage du lac Sainte-Claire est généralement basse et comprend très peu de régions escarpées. Les caractéristiques, de même qu'un apport considérable de sédiments dans le lac par la voie de la rivière Sainte-Claire, fournissent l'explication du taux d'avancement moyen pondéré de 0.87 m/an. Des erreurs se glissent dans les taux de recul et d'avancement dans ce lac à cause du bas relief et des problèmes qui en découlent dans l'adaptation des points de référence au bord de l'eau. Le degré de couverture sur le lac Sainte-Claire et les taux de recul moyens pondérés par comté se trouvent au tableau 3.2.2.

TABLEAU 3.2.2
Taux de recul du lac Sainte-Claire (1955 à 1973)

Comté	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an)*	Moyenne pondérée (m/an)*
Kent	45.60	45.60	100.0	5	-6.83 à 0.00	-1.54
Essex	47.50	36.45	76.7	11	-0.43 à +0.43	-0.02
Total:	93.10	82.05	88.1	16	-6.83 à +0.43	-0.87

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

3.2.3 Lac Érié

Les niveaux de recul et d'avancement du lac Érié pour la période s'étendant de 1955 à 1973 sont fondés sur les

TABLEAU 3.2.3
Taux de recul du lac Érié (1955 à 1973)

Comté ou municipalité régionale	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an)*	Moyenne pondérée (m/an)*
Essex	146.36	102.60	70.1	51	-5.80 à +1.06	-0.25
Kent	116.56	89.58	76.9	30	-1.22 à +1.11	+0.03
Elgin	90.22	80.91	89.7	41	-1.49 à +3.97	+1.01
Haldimand-Norfolk	223.40	112.18	50.2	64	-0.66 à +4.83	+0.53
Niagara	58.12	30.10	51.8	15	-0.24 à +0.66	+0.14
Total:	634.66	415.37	65.4	201	-5.80 à +4.83	+0.30

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

mesures photogrammétriques obtenues à 201 endroits. On a ainsi obtenu une couverture de 65% de la ligne de rivage, c'est-à-dire une couverture bien supérieure à celle de 22% à laquelle on arrivait avec les données historiques. La couverture a été le plus nettement améliorée dans les régions municipales de Haldimand-Norfolk et de Niagara où on a utilisé un total de 79 mesures comparativement à seulement 15 valeurs historiques. Le tableau 3.2.3 comprend un sommaire des taux de recul moyens pondérés.

Le taux de recul moyen du lac Érié calculé d'après les données de 1955 à 1973 se situe à 0.30 m/an. On a enregistré les niveaux les plus élevés dans les cantons de Southwold, Yarmouth, Malahide et Bayham dans le comté d'Elgin et dans le canton de Houghton dans la région municipale de Haldimand-Norfolk où la ligne de rivage s'est retirée à un rythme de près de 5 m/an. La région municipale de Niagara et le comté de Kent ont subi des reculs légers, tandis que dans le comté d'Essex l'avancement littoral a été plus élevé que le recul de l'escarpement.

3.2.4 Lac Ontario

On a déterminé par photogrammétrie les variations de la ligne de rivage du lac Ontario au cours de la période de 1955 à 1973 selon des mesures prises à 108 endroits. On a ainsi obtenu une couverture de 18% de la ligne de rivage qui était légèrement supérieure à celle de 12% à partir des données historiques. Le tableau 3.2.4 résume ces données photogrammétriques du lac Ontario et en donne la répartition par comté ou par région municipale.

TABLEAU 3.2.4
Taux de recul du lac Ontario (1955 à 1973)

Comté ou municipalité régionale	Longueur de la ligne de rivage (km)	Couverture (km)	(%)	Nombre de stations	Étendue des valeurs (m/an)*	Moyenne pondérée (m/an)*
Niagara	49.09	32.88	67.0	27	-3.02 à +1.99	+0.74
Hamilton-Wentworth	18.31	12.93	70.6	6	-1.42 à +0.34	-0.18
Halton	26.90	20.58	76.5	12	-0.07 à +0.60	+0.14
Peel	14.72	1.82	12.4	1	+0.72	+0.72
Toronto métropolitain	46.82	15.77	33.7	9	-1.97 à +2.04	+0.51
Durham	64.92	37.05	57.1	21	-0.27 à +1.37	+0.47
Northumberland	114.03	53.03	46.5	22	-0.99 à +1.15	+0.30
Prince Edward	289.54	12.31	4.3	3	0.00 à +0.44	+0.16
Hastings	68.12	0.00	0.0	0	-	-
Lennox et Addington	156.59	1.69	1.1	2	-0.05 à +1.04	+0.15
Frontenac	212.92	6.21	2.9	5	0.00 à +1.03	+0.31
Total:	1,061.96	194.27	18.3	108	-3.02 à +2.04	+0.37

* Les valeurs positives indiquent le recul.
Les valeurs négatives indiquent l'avancement.

Le niveau de recul moyen pondéré du lac Ontario était de 0.37 m/an. Les niveaux les plus élevés se trouvaient dans

la municipal  t   régionale de Niagara où la moyenne pondérée se situait à 0.74 m/an. Dans ce cas, les niveaux varient d'un avancement de 3 m/an à un recul de 2 m/an. On a aussi observé une grande étendue de valeurs dans la région métropolitaine de Toronto, la région municipale de Durham et le comté de Northumberland qui révélaient ainsi des variations constantes de la ligne de rivage. L'annexe 3.4.4 est utile pour faire la distinction entre les régions d'avancement et de recul où cette grande étendue de valeurs existait.

3.3 TAUX D'ÉROSION ET D'AVANCEMENT ÉTABLIS PAR UN LEVÉ DE TERRAIN

Le calcul des taux d'érosion à court terme s'est fait en comparant les profils établis à partir de 1971 jusqu'à ceux qui ont été relevés en 1973. Les données qui en ont découlé reflètent le volume de la variation importante qui se produit au cours d'une période où le niveau de l'eau atteint un sommet dans les Grands lacs. Le tableau 3.3 indique le total des volumes d'érosion et d'accumulation pour la période à l'étude. Il faut noter le volume très grand de matériaux érodés des rives du lac Érié.

TABLEAU 3.3
  rosion et accumulation des Grands Lacs
de novembre 1972 à novembre 1973 (en m³)

	��rosion	Accumulation	érosion nette	Accumulation nette
Lake Huron	961,828	298,006	663,822	-
Lac Sainte-Claire	150,352	53,853	96,499	-
Lake Érié	18,441,128	960,375	17,480,753	-
Lake Ontario	2,403,511	704,525	1,698,986	-
TOTAL	21,956,819	2,016,759	19,940,060	-

Aux fins des analyses statistiques et comparatives, on s'est servi des secteurs à l'étude pour déterminer les taux d'érosion. Les chiffres volumétriques seuls ne suffisent pas à calculer les taux d'érosion, puisque le volume dépend de facteurs tels la longueur des secteurs et la hauteur de l'escarpement qui tendent à biaiser le degré d'érosion, sur une base relative. Par exemple, le volume du matériau perdu au cours d'une période d'un an pour 16.58 kilomètres d'escarpements d'argile arénacée d'une hauteur de 35 mètres sur la rive nord du lac Érié était de 5,736,510 mètres cubes, tandis qu'un secteur de 40.37 kilomètres se composant d'escarpements d'argile d'une hauteur de 6 mètres à 10 mètres le long de la péninsule Niagara sur le lac Ontario enregistrait 963,700 mètres cubes. Si l'on compare seulement les volumes, le secteur du Niagara semble négligeable; cependant, si la hauteur de l'escarpement est prise en considération, c'est-  dire un escarpement de 10 mètres par rapport à un escarpement de 35 mètres, le volume des matériaux érosifs est plus considérable.

Ainsi, il était nécessaire de déduire un paramètre qui refl  terait le degré d'érosion par rapport à la hauteur de l'escarpement. Compte tenu de cette remarque, la valeur planimétrique de m^3/m_1 , où m_1 = mètre linéaire, a été réduite par un facteur équivalent à la dimension verticale

m_v , c'est-  dire la hauteur de l'escarpement, et réduite encore par l'unité temporelle égale à l'intervalle de temps en jours entre les profils successifs. Par conséquent, la valeur qui en résulte, utilisée dans les analyses statistiques et comparatives était $m^3/m_1/m_v/\text{jour}$. Littéralement, cette valeur reflète les mesures volumétriques, mais dans un mode r  cessionnel. Les taux annuels ont été dérivés en multipliant ce paramètre par 365.

En revenant à l'exemple, le volume des matériaux érosifs du secteur du Niagara, sur le lac Ontario, représentait 17% des matériaux mesurés à partir d'un échantillon du lac Ontario utilisant seulement le mètre cube. Cependant, lorsque l'on compare $m^3/m_1/m_v/\text{jour}$, l'érosion du Niagara représentait 29% de celle du lac Érié.

La distribution de fréquences des taux nets d'érosion (figure 3.3) est asymétrique surtout vers la droite. La médiane et la moyenne avaient une grande dispersion, se situant à 1.63 et 4.03 $m^3/m/m/an$ respectivement, et les valeurs étaient surtout concentrées entre 0.25 et 0.50 $m^3/m/m/an$. Un secteur de 70% de la ligne de rivage avait un taux annuel d'érosion de 0.5 $m^3/m/m$ ou plus avec 30% des taux se situant entre 0.5 et 2.0 $m^3/m/m/an$.

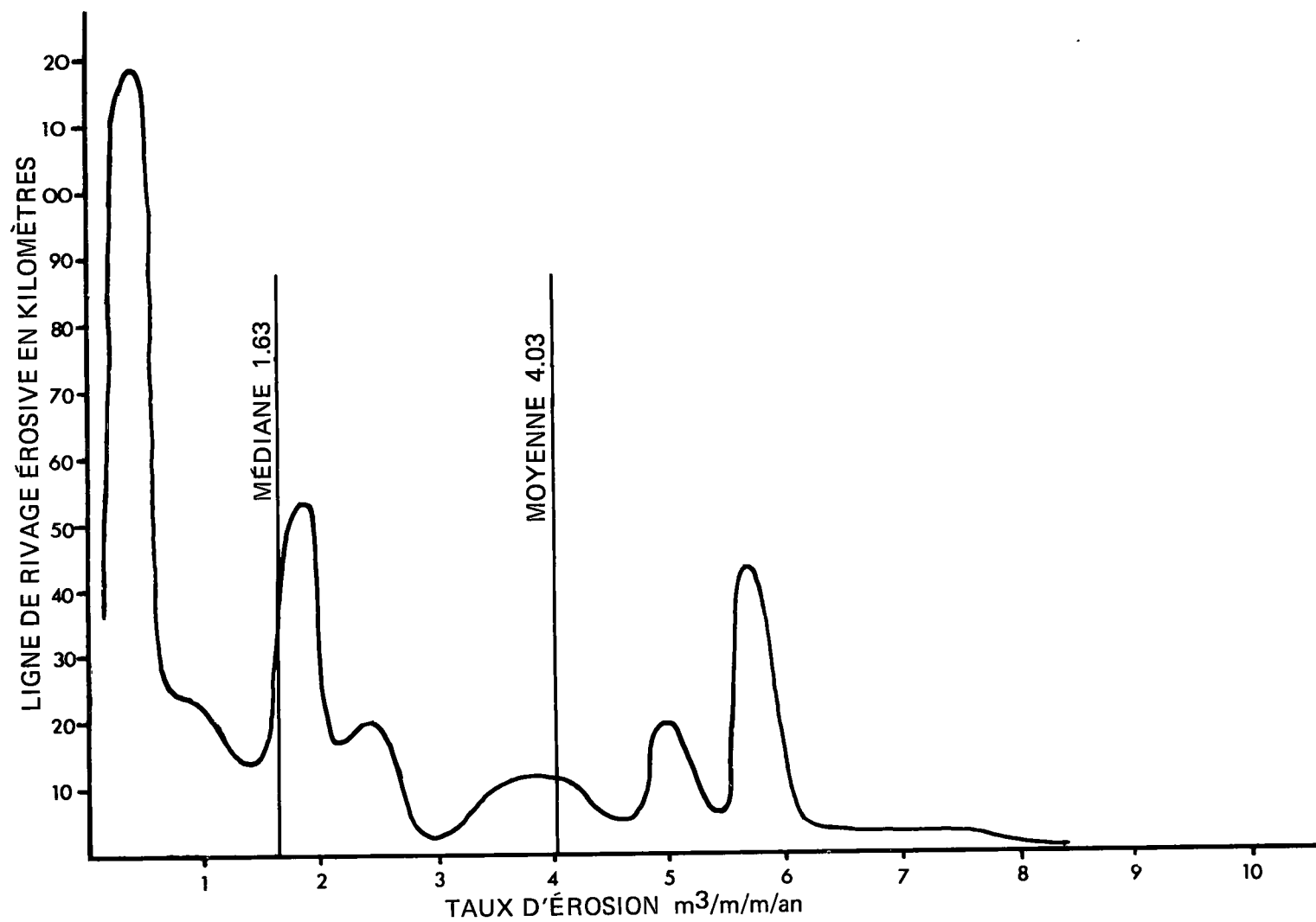
Les données sur l'érosion des régions des plages sont trompeuses, parce que la quantité des variations de matériaux était reliée à des intervalles de temps entre les profils successifs. Certaines saisons de l'année se caractérisent par l'accumulation des plages, tandis que d'autres représentent des périodes d'érosion. Par conséquent, les écarts dans les taux des secteurs de la ligne de rivage qui font face à des plages peuvent être la cause des intervalles de temps irréguliers si d'autres facteurs ne sont évidents.

L'annexe 3.3 présente la liste des taux d'érosion et d'accumulation annuels pour les 81 stations d'érosion qui étaient accessibles au cours de la période à l'étude. On a obtenu des profils à court terme, les données sur le recul et l'avancement correspondant à ces stations. Elles sont incluses dans une analyse comparative de l'annexe 3.4.1 à 3.4.4 et, sous la forme d'histogrammes, dans l'atlas de la zone côtière. Il faut noter que depuis la période de l'étude, on a établi 81 autres stations d'érosion. Les 162 stations assurent une plus grande précision et une plus grande couverture pour une étude semblable, et il est recommandé de les inclure dans tout programme futur de surveillance des stations d'érosion.

3.3.1 Lac Huron

Il y a 335 kilomètres de ligne de rivage érosive dans les Grands lacs où le taux d'érosion dépasse 0.5 $m^3/m/m/an$. Dans cette surface, 70 kilomètres se trouvent dans deux régions du lac Huron. L'une est dans le comté de Huron et s'étend de pointe Clark au nord jusqu'à Drysdale. Les berges sont stables comme en témoigne la couverture végétale dense qui les recouvre. Cependant, les plages sablonneuses le long de la ligne de rivage révèlent une érosion d'un taux moyen de 1.43 $m^3/m/m/an$ et un volume total de matériaux d'érosion de 317,520 m^3 . Il faut noter que les taux indiqués ici représentent la moyenne des stations énumérées séparément dans l'annexe 3.3.

Figure 3.3 Taux d'érosion nets des Grands lacs
répartition de fréquence



Une érosion intensive s'est produite plus au sud entre pointe Harris et la ville de Sarnia dans le comté de Lambton où les lectures maximales étaient de 2.78 m³/m/m/an. Ce secteur est sensible à l'érosion des rives à cause, d'une part, qu'il est exposé aux vents du nord-ouest provoquant une course des vagues qui peut atteindre jusqu'à 350 kilomètres et, d'autre part, qu'il est une zone littorale instable composée de plages sablonneuses et de dunes.

Les 70 kilomètres de ligne de rivage ayant un taux d'érosion qui dépasse 0.5 m³/m/m/an représentent 48.62% de la ligne de rivage à l'étude, mais 84.72% du volume total de 663,822 m³. Les figures 3.3.1a et 3.3.1b donnent la répartition du taux d'érosion du lac Huron.

3.3.2 Lac Sainte-Claire

Bien que la zone littorale du lac Sainte-Claire soit plate et sujette à de grosses inondations, l'érosion est intense le long des côtes des cantons de Tilbury North et Rochester et du comté d'Essex. Ce secteur est d'une longueur de 19 kilomètres; il est borné par la rivière Thames à l'est et par la rivière Belle à l'ouest. On a établi le taux annuel à 4.85 m³/m/m/an, dont la plus grande partie se compose de matériaux littoraux tenant sur des rives à découvert et très plates de moins d'un mètre de hauteur.

3.3.3 Lac Érié

Le lac Érié subit une forte proportion de l'érosion des rives des Grands lacs. En effet, ces valeurs maximales atteignent 35 m³/m/m/an. Le tableau 3.3.3 énumère des secteurs particuliers du lac Érié où l'érosion atteint 0.5 m³/m/m/an pour la période à l'étude.

TABLEAU 3.3.3
Secteurs d'érosion (taux supérieurs à 0.5 m³/m/m/an)
LAC ÉRIÉ

Comté ou région municipale	Ville, canton	Emplacement	Longueur (km)	Taux annuel (m ³ /m/m)	volume (m ³)
Essex	Colchester S.	Colchester-Oxley	4.22	5.62	259,960
Essex	Mersea	Pointe Pelée- côté ouest	9.77	2.12	50,570
		Pointe Pelée- côté est	2.22	26.26	160,015
		Pointe Pelée- côté est	14.13	2.37	91,790
Kent	Romney-Raleigh	Wheatley-Ouvry	22.50	1.62	679,830
Elgin		Pt. Talbot- Pt. Burwell	39.13	5.65	7,963,180
Elgin et Haldimand-Norfolk	Bayham et Norfolk	Pt. Burwell Clear Creek	16.58	13.20	5,736,510
Haldimand-Norfolk	Norfolk	Pointe Longue	18.50	35.00	2,156,251
Haldimand-Norfolk	Nanticoke-Dunnville	Pt. Dover Mohawk Pt.	4.41	8.28	49,900
Niagara	Pt. Colborne	Pt. Albino	1.19	2.14	19,870

Les secteurs remarquables comprennent le côté oriental de pointe Pelée et le secteur de Port Burwell aussi loin que Clear Creek. Une partie du recul de l'escarpement dans la

dernière région s'est produite à la suite de glissements rotatifs massifs en arc. Ce genre de glissement est unique dans les lacs et est causé par une couche sous-jacente d'argile dur. A mesure que l'eau souterraine s'accumule le long de la couche moins perméable, il se forme une surface de glissement à l'interface sable/argile. Le poids de la couverture de sable glaciaire a vite raison de la friction réduite entre les couches; il s'ensuit en un mot un glissement de terrain. La forte érosion du côté est de Point Pelée a constitué une perte considérable de matériaux littoraux qui a fait ressortir l'instabilité de cette flèche littorale échançrée.

Une autre région qui a connu de très forts taux d'érosion est pointe Longue où les plages plates ont subi une érosion qui a atteint 35 m³/m/m/an.

Si l'on veut se faire une image plus juste de l'intensité de l'érosion littorale sur la lac Érié pour la période qui s'étend de novembre 1972 à novembre 1973, il est utile d'étudier de près la région de Port Burwell. Ici, les unités de 96.71 kilomètres représentent seulement 15% des unités d'une longueur de 636.62 kilomètres des Grands lacs, tout en formant 81 % du volume net total des matériaux d'érosion, soit 19,940,060 m³.

La figure 3.3.3 indique la répartition et la fréquence des taux d'érosion sur les lacs Érié et Sainte-Claire.

3.3.4 Lac Ontario

Dans le cas du lac Ontario, il y a une ligne de rivage mesurée de 111 kilomètres qui a subi des taux d'érosion supérieurs à 0.5 m³/m/m/an. La figure 3.3.4 indique la répartition de ces régions, de même que la fréquence de répartition des taux. On trouvera au tableau 3.3.4 la liste des régions avec la longueur de leurs secteurs à l'étude et les taux moyens d'érosion.

TABLEAU 3.3.4
Secteurs d'érosion (taux supérieurs à 0.5 m³/m/m/an)
LAC ONTARIO

Comté ou région municipale	Ville, canton	Emplacement	Longueur (km)	Taux annuel (m ³ /m/m)	Volume (m ³)
Niagara	Niagara-on-the-Lake à Grimsby	escarpements plage	36.61 3.76	3.77 31.78	963,700
Halton	Burlington	section de plage	2.41	1.06	3,130
Northumberland	Cramahe	Brighton	10.14	3.48	79,152
		reste de la rive nord	58.23	1.23	604,358

L'érosion la plus forte s'est produite entre les îles de Niagara-on-the-Lake et Grimsby où les escarpements se sont érodés au rythme de 3.77 m³/m/m/an, tandis que les matériaux de plage dans ces régions ont subi une érosion à un taux assez élevé de 31.78 m³/m/m/an. L'érosion est infime le long de la rive nord du lac Ontario, bien que certains endroits de la région municipale de Durham et du village de Brighton aient enregistré des pertes considérables attribuables à l'érosion. La moyenne pondérée dans ces régions de la rive nord s'est établie à 1.23 m³/m/m/an, ce qui donne un volume d'érosion de 604,358 m³.

En résumé, 57% de la ligne de rivage du lac Ontario figure pour 97% du volume annuel d'érosion de 1,698,986 mètres cubes. On peut facilement identifier ces régions par la répartition spéciale des taux d'érosion du lac Ontario indiquée dans la figure 3.3.4.

3.4 ANALYSE COMPARATIVE DES RÉSULTATS

Les annexes 3.4.1 à 3.4.4 illustrent les données du recul et d'avancement de la ligne de rivage érosive des Grands lacs. On peut maintenant faire une analyse de trois groupes distincts des taux de recul grâce à l'établissement récent de nouvelles stations d'érosion mesurant le recul à court terme.

Les taux de recul obtenus par photogrammétrie sont fondés généralement sur un intervalle de temps plus court que les taux historiques dont il a déjà été question. Par conséquent, ces derniers sont la meilleure illustration des taux moyens de recul à long terme. Les données obtenues des stations d'érosion établies de 1971 à 1973 portaient sur les variations de la ligne de rivage à court terme au cours d'une période de niveaux d'eau anormalement élevés et d'orages fréquents. Ainsi, ces chiffres sont plutôt élevés si on les compare aux niveaux historiques et photogrammétriques.

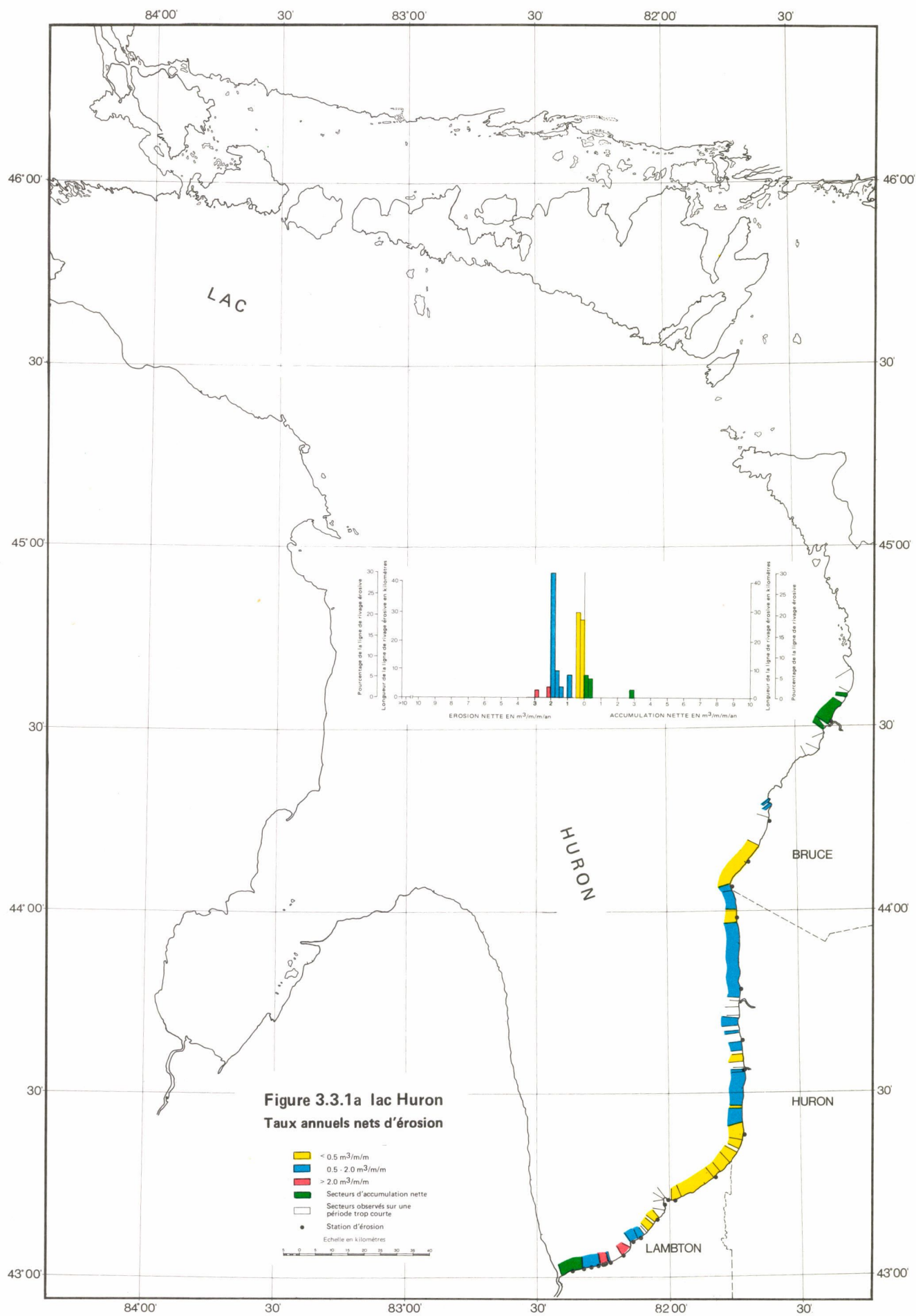
Si l'on cherche une méthode de normalisation des données des taux de recul, les taux de recul obtenus par photogrammétrie de 1955 à 1973 sont les meilleurs en ce sens. La couverture s'est avérée plus continue que dans le cas d'une analyse historique, et toutes les données se rapportaient au même intervalle de temps approximatif.

Pour l'analyse des taux de recul obtenus à partir de n'importe laquelle des trois méthodes, il faut bien noter le point de référence. On considère le "bord de l'escarpe-

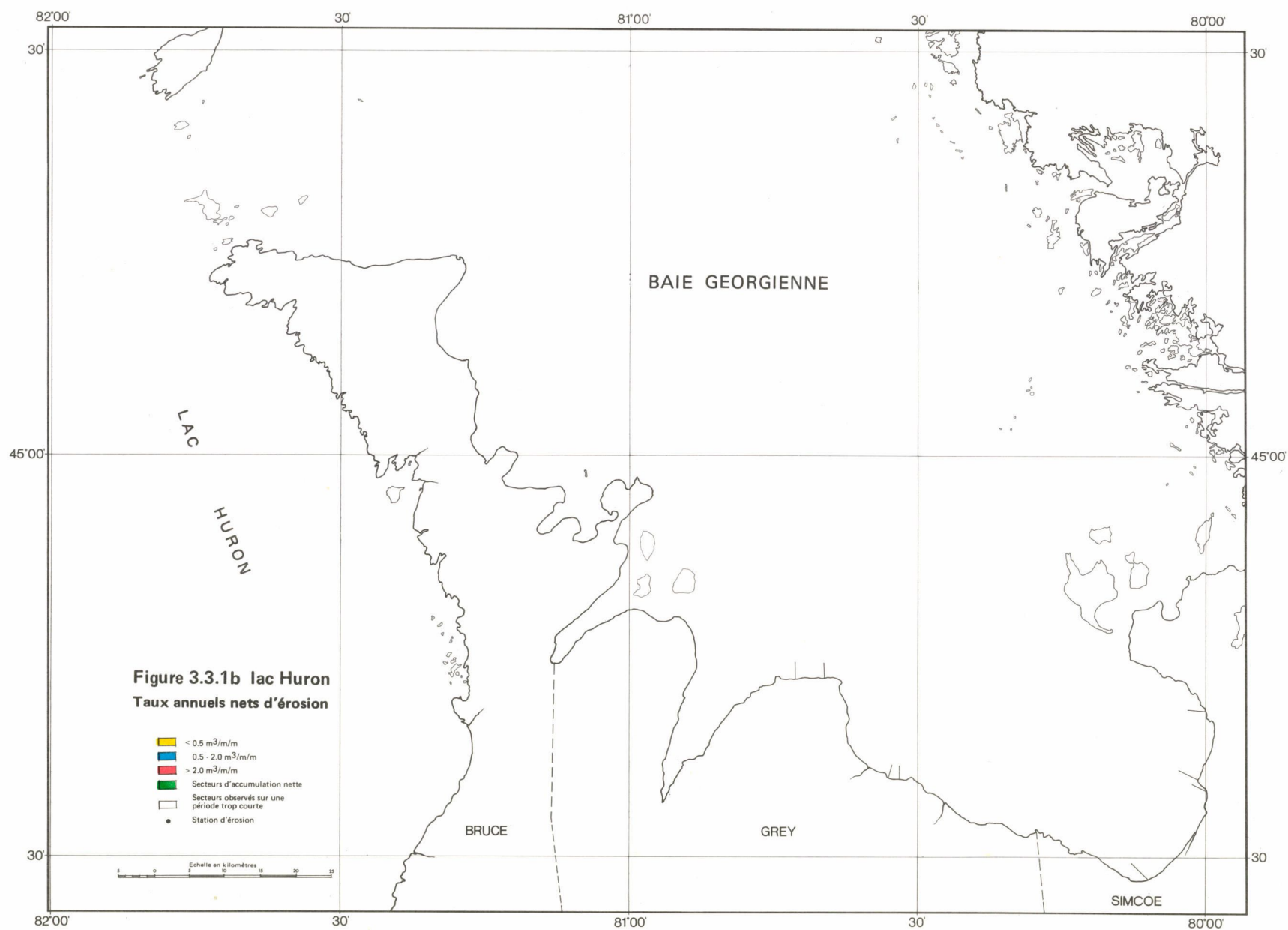
ment" comme le meilleur point de référence puisque les variations de sa position peuvent être identifiées facilement. Lorsqu'on utilise le "bord de l'eau" comme point de référence, l'avancement ou le recul des régions de plages passent au premier plan pour l'établissement des taux moyens. Les régions de plages sont en constante évolution de sorte que l'avancement net moyen est très courant dans certaines régions des Grands lacs. Ainsi, on déduit que les stations fondées sur la mesure du "bord de l'escarpement" indique le recul réel de l'escarpement, tandis que celles qui utilisent la mesure du "bord de l'eau" indiquent le mouvement relatif des régions de plages.

La troisième méthode d'analyse de l'érosion se rapportait à une série de stations d'érosion établies en 1971 et étudiée de nouveau au cours de la période de l'Étude Canada-Ontario. On a obtenu des données volumétriques afin de bien représenter les taux d'érosion et d'accumulation plutôt que les taux de recul et d'avancement. Pour cette raison, on a séparé les données et on les énumérées à l'annexe 3.3. Puisque l'unité qui en découlait ($m^3/m/m/an$) était basée sur les données volumétriques, il ne faudrait pas tenter de mettre en parallèle ces données et les données de recul et d'avancement.

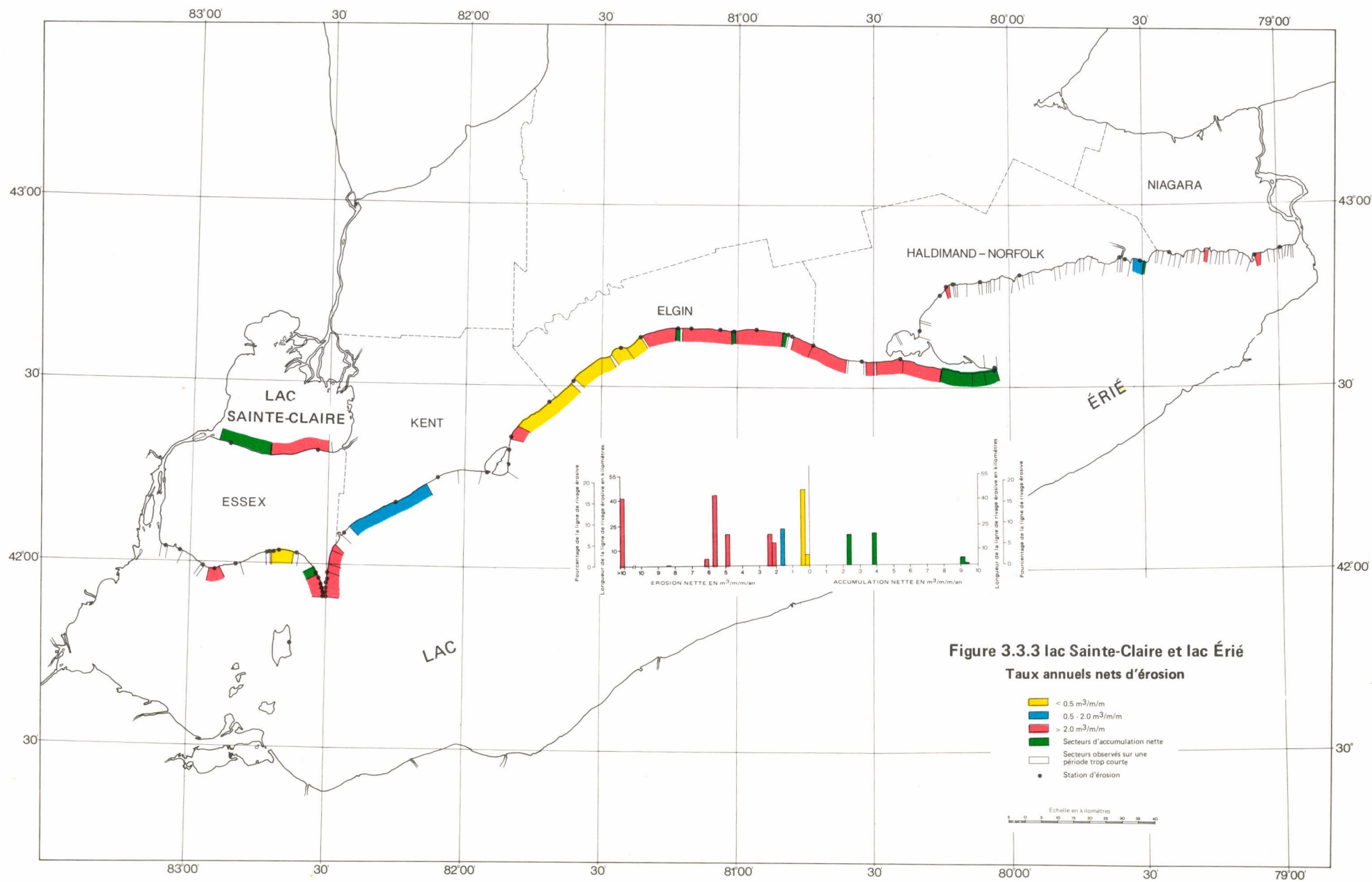
Ces diverses méthodes ont permis de conclure que l'intensité de l'érosion au cours de la période à l'étude, soit de novembre 1972 à novembre 1973, a été sensiblement plus élevée que celle que l'on a observée au moyen d'une analyse à long terme. Il devient aussi évident que pour obtenir une évaluation précise de l'érosion qui se produit dans une région particulière, il faut analyser les stations individuelles séparément, plutôt que de présumer que les niveaux moyens pondérés sont réellement représentatifs.



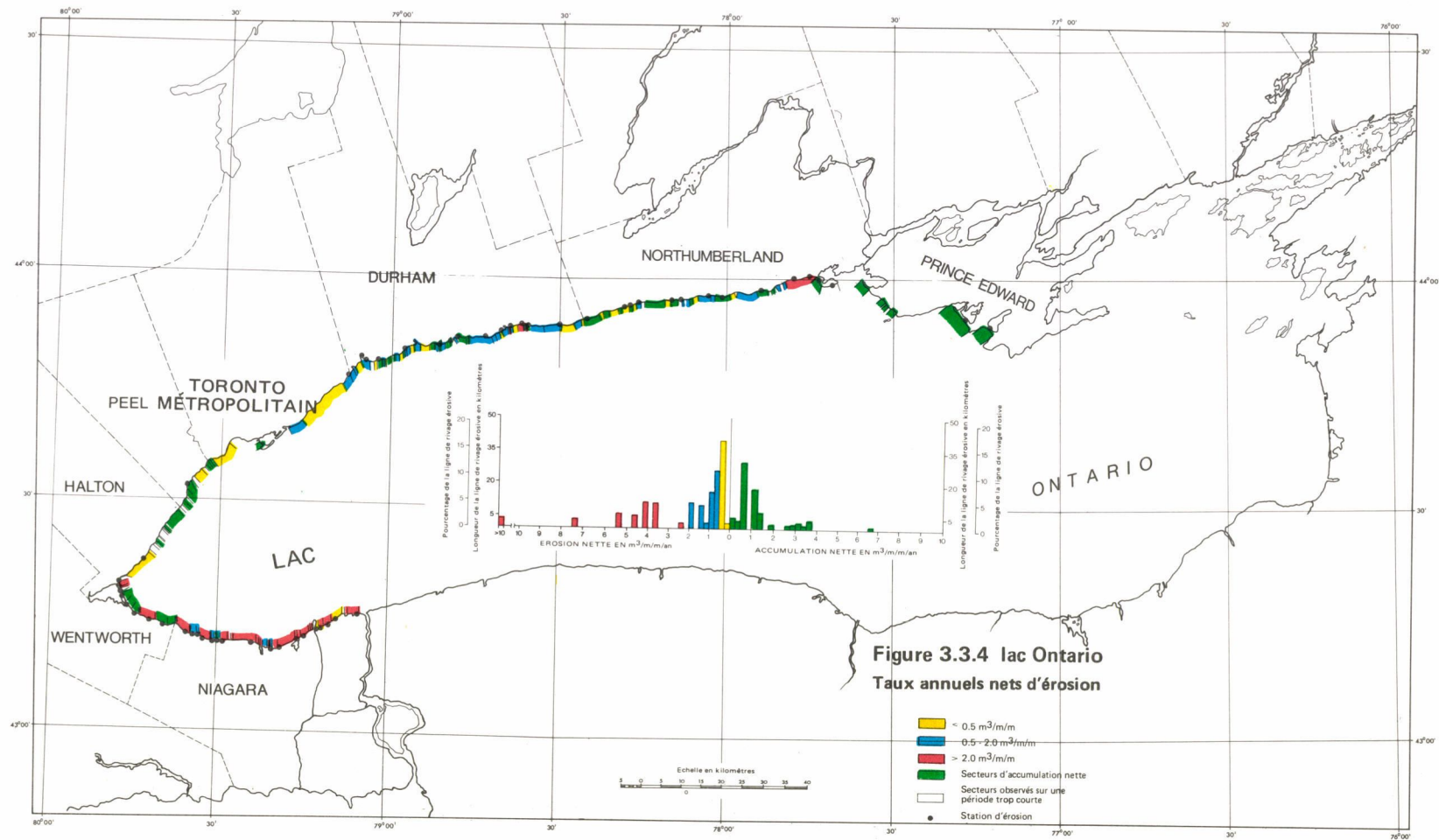














Effets des dommages survenus aux rives des grands lacs

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES PROPRIÉTÉS RIVERAINES

C'est dans la partie du bassin des Grands lacs qui appartient à l'Ontario qu'on trouvait en 1971 le tiers de toute la population canadienne et aussi, presque le tiers de la valeur du revenu national. Selon le recensement de 1971, les comtés en bordure de la rive des Grands lacs comprenaient 87% de toute la population ontarienne. L'industrialisation et l'urbanisation massives sont devenues dernièrement les phénomènes économiques les plus saillants dans les régions au sud du bassin où l'agriculture a cessé d'être la principale activité économique. D'après l'étude des dommages survenus aux rives ces régions ont subi le plus de dommages. Cette observation met en lumière les conflits qui existent entre les divers usages que l'homme peut faire de la nature et aussi, entre son activité et les processus naturels.

Tout au long de son histoire, l'homme s'est toujours senti attiré par la rive des eaux. Cet attrait est dû à plusieurs facteurs, depuis l'antique nécessité de pêcher pour se nourrir jusqu'à un autre type de recherche fondamentale également, celle de la joie esthétique, de la solitude et des moments d'accalmie. Plus de la moitié des citoyens de l'Ontario vivent dans les municipalités riveraines des Grands lacs, tandis que les populations plus au sud n'en sont qu'à deux heures de trajet. Cette pression démographique a fortement ébranlé les écosystèmes fragiles sans qu'on se soit préoccupé, en général, des conséquences de l'intrusion. Avec des bulldozers, on y a enlevé la couverture végétale afin d'avoir une meilleure vue des lacs; les marais ont été asséchés et meublés; on s'est servi aussi des plaines inondées pour y construire des habitations. Un tel désordre sur le plan de l'aménagement des régions riveraines des lacs, ajouté aux graves dommages qu'elles ont subis durant les tempêtes de novembre 1972 et de mars 1973, laissent croire qu'il est temps, maintenant, de considérer sérieusement la situation actuelle et future pour ce qui est de l'utilisation des rives.

4.1.1 Utilisation des terres

D'après l'inventaire des propriétés, plus de la moitié des terres riveraines des Grands lacs appartenant à des particuliers sont des terrains agricoles, récréatifs ou inoccupés, si l'on en croit les données d'évaluation officielles de la région. Ces terres sont de plus en plus menacées par la pression démographique croissante et par l'augmentation du temps dévolu aux loisirs. Un programme d'aménagement des terres non touchées contribuerait à éviter une nouvelle détérioration et à assurer une utilisation appropriée des endroits menacés par l'érosion ou les inondations. Le

domaine privé qui s'étend autour des Grands lacs sert déjà à des fins urbaines dans une proportion de 44%. Ce chiffre comprend 1,105 kilomètres servant à l'habitation, permanente ou saisonnière, 53 kilomètres, au commerce et 39 kilomètres, à l'industrie. On trouvera à l'annexe 4.1.1b la longueur de la ligne de rivage correspondant à chacune des catégories dans les 26 comtés ou régions municipales des secteurs étudiés. L'annexe 4.1.1c indique la répartition par lac pour l'ensemble des secteurs et la figure 4.1 l'illustre graphiquement.

Comme le montre la figure 4.1, 56% du rivage inoccupé se trouve autour du lac Huron, qui ne compte pourtant que pour 27% de la ligne de rivage totale. Cette portion, assez importante, du rivage qui n'est pas aménagé s'explique, en partie, par la distance entre cette région et les principaux centres habités du sud de la province. Cependant, grâce aux autoroutes et au transport par automobile, le lac Huron et la baie Georgienne sont maintenant plus faciles d'accès, les fins de semaine, pour un nombre croissant de voyageurs. Les habitations saisonnières autour du lac Huron, qui s'étendent sur 204 kilomètres au total, en sont la preuve. L'utilisation des terres à d'autres fins, agricoles, commerciales ou industrielles, n'y est nettement pas proportionnelle. Le tableau 4.1.1 démontre que le rivage est surtout constitué de terrains inoccupés. Ils représentent 44%(340 kilomètres) de toute la superficie occupée par le domaine privé et les terrains habités le même pourcentage: 134 kilomètres pour les habitations permanentes et 204 kilomètres pour les habitations saisonnières.

Presque tous les terrains récréatifs privés (87%) sont situés autour du lac Sainte-Claire, dans le comté de Kent: ils sont formés de terres basses et marécageuses et appartiennent à des clubs de chasse. La ligne de rivage du lac Sainte-Claire ne constitue que 6% du total des lignes de rivage: on y trouve quand même 12% de toutes les terres occupées par des habitations permanentes, 16% de celles réservées au commerce et 8% de celles revenant à l'industrie: le pourtour du lac est donc fortement aménagé. La plupart des habitations sont situées sur la rive sud du lac et le long des rivières Sainte-Claire et Détroit. Sur ces lignes de rivage, 36% des terrains privés (52 kilomètres) sont occupés par des habitations permanentes, 16% par des terrains récréatifs, 23% par des terrains agricoles et 13% ne sont pas aménagés (tableau 4.1.1).

Les rives les plus à l'est et à l'ouest du lac Érié servent surtout à des fins d'habitation, permanente ou saisonnière, tandis que la ligne de rivage centrale, surtout dans le comté d'Elgin et dans certaines régions du comté de Kent, se caractérise principalement par l'exploitation agricole. La

POURCENTAGE DE LA LIGNE DE RIVAGE DANS CHACUNE DES CATÉGORIES SELON LES LACS



LAC SAINTE-CLAIRE

LAC ÉRIÉ

LAC ONTARIO

1000

[illegible]

TABLEAU 4.1.1

Utilisation des terres riveraines par lac
(en kilomètres et en pourcentage de l'ensemble du domaine privé)

LAC	HABIT. PERM.	HABIT. SAIS.	TERRAINS RÉCR.	TERRAINS AGR.	TERRAINS COMM.	TERRAINS IND.	TERRAINS INOCCUPÉS	AUTRES	TOTAL DOMAINE PRIVÉ
HURON	133.74 17%	204.00 27%	0.68 -	41.40 5%	10.10 1%	5.46 1%	340.15 44%	41.21 5%	776.74 100%
SAINTE- CLAIRE	52.22 36%	4.59 3%	23.40 16%	33.63 23%	5.80 4%	1.08 1%	19.10 13%	6.53 4%	146.35 100%
ÉRIÉ	95.11 18%	168.04 31%	0.25 -	142.94 27%	12.01 2%	1.28 -	89.76 16%	30.79 6%	540.18 100%
ONTARIO	203.54 16%	243.66 20%	2.12 -	536.28 43%	25.07 2%	31.60 3%	156.01 13%	40.15 3%	1238.43 100%
TOTAL	484.61 18%	620.29 23%	26.45 1%	754.25 28%	52.98 2%	39.42 2%	605.02 22%	118.68 4%	2701.70 100%

figure 4.1 indique que le lac Érié compte une plus forte proportion d'habitations saisonnières, de terrains agricoles, commerciaux ou "autres", que de terrains récréatifs, industriels ou inoccupés. Si on analyse la ligne de rivage du lac dans son ensemble, on constate qu'une plus grande partie du rivage sert à des fins d'habitation qu'à toute autre fin (263 kilomètres ou 49%). La portion agricole participe pour 27% au total (143 kilomètres).

La ligne de rivage du lac Ontario ne constitue que 49% du secteur étudié, mais malgré cela, on y trouve 81% de l'ensemble des terrains industriels et 69% de l'ensemble des terrains agricoles. Sur les rives de ce lac, très peu de terres servent à des fins récréatives. On peut voir, au tableau 4.1.1, le découpage de sa ligne de rivage et celui des autres lacs pour ce qui est du domaine privé.

4.1.2 Droit de propriété des terres

Le droit de propriété des terres riveraines et, par conséquent, l'accès à la ligne de rivage, est d'une importance fondamentale, la bordure riveraine constituant l'élément le plus limité parmi les ressources des côtes. On est d'accord généralement sur le fait que les Grands lacs constituent un bien public qu'il faut administrer et protéger pour que tous les Canadiens puissent les utiliser et en jouir. Et pourtant, sur toute la ligne de rivage inventoriée, qui mesure 3,570 kilomètres, 2,702 kilomètres (soit 70%) sont dévolus au domaine privé; par ailleurs, 868 kilomètres seulement de la ligne de rivage du domaine public servent à présent aux loisirs. Une bonne partie du droit de propriété du gouvernement sur la ligne de rivage sert aux ports, aux installations d'épuration d'eaux usées, aux centrales d'énergie, aux édifices à bureaux, etc. Ces deux notions, celle d'eaux publiques et celle de terres privées arrivent en conflit au niveau de la ligne de contact entre la terre et l'eau. Lorsque la propriétaire d'un terrain situé sur les rives d'un cours d'eau empêche les gens de passer sur sa propriété, il les empêche en même temps, jusqu'à un certain point, d'atteindre le bord de l'eau. Lorsque la ligne de rivage est formée d'une longue série de propriétés privées, les plages et les endroits où on peut se baigner deviennent privés par la force des choses, que le titre de propriété inclut ou non la bordure riveraine.

L'annexe 4.1.2a indique la répartition à peu près égale du domaine public de la ligne de rivage entre les paliers de gouvernement. Le gouvernement fédéral en détient 213 kilomètres, la province, 378 kilomètres et les municipalités, 277 kilomètres.

L'annexe 4.1.2b montre la répartition par comté des terres riveraines privées du secteur étudié et la figure 4.1, les mêmes données pour chaque lac.

Le comté de Stormont compte 25% de tout le rivage de propriété fédérale. C'est l'Administration de la voie maritime du Saint-Laurent qui détient la majeure partie des terres riveraines. Les autres comtés où le gouvernement fédéral détient une bonne portion des terres riveraines sont ceux de Grey, d'Essex et de Hastings, soit dans une proportion de 9%, 11% et 12% respectivement.

Pour ce qui est des loisirs, la section la plus importante de tout le rivage que détient la province est celle des vingt-trois parcs provinciaux en bordure des Grands lacs. Dix d'entre eux se trouvent sur les bords du lac Érié, huit près du lac Huron, et cinq près du lac Ontario. Cependant, autour de ce dernier on n'en trouve aucun entre Niagara-on-the-Lake et Toronto bien qu'il s'agisse probablement de la zone où la pression démographique est la plus forte.

On trouve certaines étendues de terre appartenant à la province dans la région municipale de Niagara (40 kilomètres), administrée par la Commission des parcs du Niagara ainsi que dans le comté de Stormont (111 kilomètres), où les terres sont administrées par la Commission des parcs du Saint-Laurent.

La partie du rivage qui appartient aux municipalités sert surtout à des routes, des autoroutes, aux abords routiers, aux droits de passage, aux parcs municipaux et à des usines d'épuration d'eaux usées.

L'annexe 4.1.2c montre le pourcentage du rivage qui appartient au domaine public (gouvernement fédéral et provincial, et administration municipale) par rapport à l'ensemble des terres riveraines et pour chacun des comtés. C'est dans le comté de Glengarry qu'on observe le plus petit pourcentage de ligne de rivage correspondant au domaine public, soit seulement un kilomètre (2%). Les comtés où

moins de 10% de la ligne de rivage correspond au domaine public sont ceux de Huron, de Kent, d'Elgin, de Northumberland, de Prince Edward et de Frontenac.

On trouve dans plusieurs de ces régions une forte proportion des terres riveraines faisant partie du domaine public, mais il faudrait faire plus de recherche pour déterminer dans quelle mesure ces rives sont accessibles à la population pour fins de loisirs. Dans le comté de Stormont qui est situé près du Saint-Laurent, 97% de la ligne de rivage appartient du domaine public. Dans le comté adjacent, celui de Dundas, 85% de la ligne de rivage en fait partie. A l'ouest du lac Ontario, le pourcentage varie de moyen à élevé, par exemple: Niagara, 37%; Hamilton-Wentworth, 41%; Halton, 26%; Peel, 49% et la région métropolitaine de Toronto, 62%.

Au total, une superficie de 376 kilomètres de la ligne de rivage sont en mains étrangères. L'appropriation de ces terres par des intérêts étrangers se concentre surtout autour du lac Sainte-Claire, à l'ouest et à l'est du lac Érié, sur les bords du lac Huron dans le comté de Bruce et sur les bords du Saint-Laurent dans le comté de Leeds. Sauf pour le comté de Bruce, les concentrations les plus fortes de propriété étrangère longent la frontière canado-américaine. Dix des vingt-six comtés et régions municipales du secteur étudié comptent moins d'un kilomètre de ligne de rivage en mains étrangères.

Le tableau ci-dessous montre les régions où une portion importante de la ligne de rivage est en mains étrangères:

TABEAU 4.1.2
Terres riveraines en mains étrangères

	<u>Ligne de rivage (km)</u>	<u>%</u>
Comté de Bruce	99	26
Comté d'Essex	66	18
Comté de Leeds	49	13
Niagara (rég. mun.)	29	7
Comté de Kent	47	13
Comté de Lambton	12	3
Comté de Prince Edward	14	4
Comté de Frontenac	20	5
Autres régions	40	11
Total des terres riveraines en mains étrangères	376	100

4.1.3 Valeur foncière

On a fait la collecte des données nécessaires à la préparation de l'inventaire des propriétés riveraines au moment où l'ancien système d'évaluation basé sur le montant côtisé était remplacé par un autre, fondé celui-là sur la valeur marchande. Dans certaines des régions, la conversion était terminée, dans d'autres, engagée et ailleurs, pas encore commencée. A l'annexe 4.1.3, on montre la répartition de la valeur des propriétés par comté ou région municipale, et on indique, dans la dernière colonne, s'il s'agit de la valeur marchande ou du montant côtisé. Le montant côtisé ne peut se comparer à la valeur marchande, faute d'une échelle de conversion normalisée. On a essayé de construire une

échelle de ce genre pour chaque comté à l'aide des chiffres de vente les plus récents, mais les écarts demeurent énormes même à l'intérieur d'une seule municipalité. La banque de données sur les propriétés riveraines pourrait donc être mise à jour au fur et à mesure qu'on obtiendra la valeur marchande des propriétés dans chacune des régions.

De façon générale, une propriété riveraine a plus de valeur qu'une autre, identique, située dans l'arrière-pays. Par ailleurs, 87% de la population de l'Ontario habite les comtés qui entourent les Grands lacs et 58%, les municipalités adjacentes à la ligne de rivage. Cette concentration géographique contribue aussi à augmenter la valeur passablement élevée des propriétés.

Le secteur de la ligne de rivage des Grands lacs entre Hamilton et Toronto est plus peuplé, plus aménagé et, par conséquent, comprend des propriétés de plus grande valeur que les autres rives canadiennes des Grands lacs. Les terres riveraines avec le plus de valeur sont situées dans la région de Hamilton-Wentworth, où les terrains valent en moyenne \$6,767/m. Les terrains industriels du port de Hamilton valent \$37,000/m. La valeur des terres riveraines donnée pour la région métropolitaine de Toronto, est de \$4,231/m ce qui constitue une valeur diminuée, faute de connaître la valeur marchande des propriétés.

Pour déterminer quelle stratégie de gestion est la meilleure pour un secteur donné, on peut se servir de la valeur des terres riveraines, ajoutée au degré d'érosion et aux données sur les inondations. Sur cette ligne de rivage, 73% (2,598 kilomètres) des terres valent moins de \$300,000 le kilomètre, à peu près le prix nécessaire pour une protection à long terme. Les terrains privés ou inoccupés mesurent au total 1,142 kilomètres.

Malgré son utilité pour la description des terres riveraines des Grands lacs, la valeur de cette banque de données repose plutôt sur les renseignements détaillés qui peuvent servir à des études plus approfondies de secteurs plus limités pour fins d'orientation et de planification. Le mieux qu'on puisse faire, à partir d'une analyse d'agréats, c'est de donner une idée de la nature et de l'ampleur des problèmes dans ces régions. Pour poursuivre le travail, il faudrait des études portant sur des secteurs précis: c'est ce qu'on affirme dans la conclusion du rapport. Pour le moment, la banque de données qu'on grâce à l'inventaire des propriétés demeure un instrument utile, à l'usage des responsables de l'orientation et de la planification à tous les paliers gouvernementaux.

4.2 ÉTUDE DES DOMMAGES SURVENUS AUX RIVES

Un certain nombre de fortes tempêtes survenues en 1972 et en 1973 ont causé des dommages étendus aux rives des Grands lacs. Elles ont eu lieu au moment où les niveaux des lacs étaient plus élevés que d'habitude ce qui a ajouté à l'ampleur et à la gravité des effets sur les propriétés riveraines. Les dommages reliés aux niveaux de l'eau est une bonne formule pour décrire l'étendue des dommages consécutifs à des changements dans les niveaux de l'eau.

Puisque l'étude s'est faite lors d'une des périodes annuelles de crue des eaux, on peut tirer d'importantes conclusions à partir des données obtenues.

La tempête, qui a sévi sur le lac Ontario du 7 au 11 avril 1973, a coïncidé avec un niveau d'eau de 1.46 mètre au-dessus de la moyenne pour cette époque (NRIGL, 1955) ce qu'on peut comparer à une hauteur moyenne de 0.64 mètre à long terme. En quelques heures seulement, de grands vents venant du nord-est ont élevé le niveau de l'eau à l'est du lac Ontario jusqu'à plus de 0.76 mètre au-dessus de la moyenne habituelle pour le 11 avril. Les vents du nord-est causent également des dégâts sur les bords du lac Érié, ce qu'on a constaté lors d'une tempête survenue en novembre 1972. Des vents atteignant alors une vitesse de 51 km/h, alliés à la faible profondeur des eaux au large des côtes et au long fetch des vents du nord-est ont en-

traîné des dommages étendus aux rives du lac. Les tempêtes survenues en mars et en avril 1973 au-dessus du même lac ont aussi eu des effets désastreux, multipliés par le fait que le niveau de l'eau atteignait alors une hauteur jamais encore vue. Le lac Sainte-Claire, dont la rive sud est fortement développée, est vulnérable à tous les genres de vents du nord, et la bathymétrie de son bas-fond assure la formation des vagues. De longues périodes de vents du nord, d'une vitesse maximum de 58 km/h, ont fortement endommagé les propriétés riveraines au cours de la tempête survenue entre le 13 et le 15 novembre 1972. Une autre tempête, survenue celle-là les 17 et 18 mars 1973, a inondé l'arrière-pays en ajoutant aux dommages survenus à la ligne de rivage elle-même. On a enregistré des tempêtes marquées au-dessus du lac Huron les 13 et 14 novembre 1972, en mars 1973 et au début du mois d'avril de la même année. De grands vents du nord et du nord-ouest soufflant sans interruption ont formé de hautes vagues le long de la ligne de rivage et

TABLEAU 4.2.1
Dommmages sur les rives par region

Lac	Comté ou région municipale	Ligne de rivage (km)	Montant global des dommages (\$)	Montant global des dommages (\$/km)	Risques immédiats (\$)	Risques immédiats (\$/km)
Lac Huron	Simcoe	200.10	399,621	1,997	82,500	412
	Grey	124.45	168,269	1,352	96,983	779
	Bruce	490.57	160,648	327	75,371	154
	Huron	82.92	286,272	3,452	82,970	1,001
	Lambton	71.32	1,458,301	20,447	190,800	2,675
Total (Huron)		969.36	2,473,111	2,551	528,624	545
Lac Sainte-Claire	Kent	45.60	117,816	3,659	28,088	872
	Essex	47.50	4,102,035	75,488	2,419,191	44,519
Total (Sainte-Claire)		93.10	4,219,851	45,326	2,447,279	26,287
Lac Érié	Essex	146.36	2,603,387	23,084	745,886	6,614
	Kent	116.56	791,756	6,793	262,118	2,249
	Elgin	90.22	87,977	975	12,908	143
	Haldimand-Norfolk	223.40	1,036,533	4,638	301,539	1,349
	Niagara	58.12	243,892	2,295	1,750	0
Total (Érié)		634.66	4,763,545	7,506	1,324,201	2,086
Lac Ontario	Niagara	49.09	648,457	13,210	219,592	4,473
	Hamilton-Wentworth	18.31	130,418	7,123	81,132	4,431
	Hamilton-Burl. Beach	0	47,123	-	0	0
	Halton	26.90	707,811	26,113	124,136	4,615
	Peel	14.72	532,757	36,193	43,397	2,948
	Toronto Métropolitain	46.82	585,903	12,514	38,853	830
	Durham	64.92	108,741	1,675	24,935	384
	Northumberland	114.03	189,086	1,658	43,192	379
	Prince Edward	289.54	127,319	440	14,890	51
	Hastings	68.12	26,026	382	0	0
	Lennox et Addington	156.59	45,561	291	31,229	199
	Frontenac	212.92	91,749	431	100	0
Total (Ontario)		1,061.96	3,240,951	3,052	621,456	585
TOTAL		2,759.08	14,697,458	5,327	4,921,560	1,783
Accords entre la Canada et l'Ontario pour le programme de reconstruction des digues			4,850,000		14,100,000*	
TOTAL POUR LA REGION DES GRANDS LACS			<u>\$19,547,458</u>		<u>\$19,021,560</u>	

*Surtout l'inondation des terres agricoles

ont causé des dommages étendus à la région située entre les villes de Sarnia et de Bayfield. Les dommages n'ont pas été très considérables, semble-t-il, autour de la baie Georgienne à cause de sa ligne de rivage non érosive et du fait que la plupart des secteurs sensibles à l'érosion ne sont pas exposés aux effets des tempêtes venant du nord-ouest.

4.2.1 Dommages sur les rives par région

Le secteur érosif des Grands lacs coïncide avec la région la plus fortement développée du bassin. Les dommages à la ligne de rivage et aux terres adjacentes ont donc été considérables lors de la forte crue des eaux et des tempêtes du mois de novembre 1972 et novembre 1973. Le tableau 4.2.1 donne la répartition des dommages sur les rives des Grands lacs par comté ou région municipale, et l'annexe 4.2.1a présente une autre répartition par canton ou ville. On trouve aussi, dans ces analyses, une évaluation, pour chacune des régions, des coûts immédiats liés aux risques de dommages. Aux fins du présent rapport, on les définit comme le coût prévu des mesures nécessaires pour prévenir les dommages imminents. Pour les habitations ou les édifices menacés de façon inquiétante par l'érosion ou les inondations, on a évalué les coûts immédiats d'après le montant des réparations nécessaires pour en assurer, à court terme, la sécurité. Il peut s'agir, par exemple, de surélever une construction au-dessus du niveau de crue des eaux dans une plaine inondée ou de déplacer une maison située près d'un escarpement érosif. Il est évident que pour protéger ces constructions à long terme, il faudrait y entreprendre d'autres travaux.

L'annexe 4.2.1b montre la nature et le montant des dommages autour de chaque lac, dans le secteur érosif des Grands lacs. Par dommages aux ouvrages de protection anciens et nouveaux, on entend ceux qui ont trait à la charpente non réparée lors de l'étude (c'est-à-dire à la fin de l'été 1973). Dans le montant total des dommages aux rives, pour l'ensemble des lacs, on inclut la valeur des ouvrages de protection construits depuis novembre 1972 et novembre 1973, les travaux de reconstruction des digues faits dans le cadre de l'ARDA dans les cantons de Pelée, de Mersea et de Harwich. Alors que ce dernier montant correspond au réaménagement et à l'amélioration des digues destinées à prévenir les inondations, la valeur des ouvrages de protection, par contre, constitue une somme imputable au niveau élevé des eaux.

Les propriétés touchées étaient, pour la plupart, des propriétés privées. Plusieurs propriétaires d'habitations saisonnières n'ont pu se servir de leur cottage durant l'été 1973. Cette perte d'utilisation est due à l'effet combiné de deux facteurs: le prix élevé des réparations d'une part et, d'autre part le fait que les propriétaires avaient à leur disposition une autre habitation permanente. Dans le cas d'une habitation permanente, le propriétaire se voyait forcé de réparer ou de protéger sa propriété. Pour une propriété résidentielle avec une bordure riveraine de vingt mètres, il fallait compter de \$1500 à \$3000 environ pour protéger convenablement la ligne de rivage à court terme. Les travaux paysagers et les réparations aux édifices ont gonflé à tel point les coûts de réaménagement qu'il a fallu,

dans plusieurs cas, offrir certaines formes d'aide aux propriétaires touchés. Le *Shoreline Property Assistance Act*, voté en mai 1973 par le gouvernement de l'Ontario a atténué ce problème en offrant aux propriétaires des prêts à faible intérêt destinés à la construction et à la rénovation des ouvrages de protection.

Les édifices commerciaux, qui n'occupent qu'un faible secteur de la ligne de rivage des Grands lacs, ont été frappés de la même façon par les inondations et l'effet des vagues qui leur ont causé des pertes de revenus. Par exemple, parmi les problèmes dans les ports de plaisance commerciaux, on peut mentionner les dommages aux quais, l'inondation des hangars d'entreposage et autres pertes du même genre.

De façon générale, les installations industrielles situées sur la ligne de rivage des Grands lacs se trouvaient mieux protégées que les autres contre les dommages possibles. La solidité des édifices, la sécurité des emplacements choisis et la suffisance des moyens de protection ont amoindri l'effet des tempêtes dans ce secteur. Du point de vue financier, l'industrie se trouve en bien meilleure position qu'un propriétaire privé pour absorber les dépenses nécessaires, qu'il s'agisse de construire des ouvrages de protection ou de prendre des mesures préventives.

Dans le cas du lac Huron, la plus grande partie des dommages a frappé la rive sud, dans les comtés de Lambton et de Huron. Dans le comté de Lambton, les dommages se sont élevés à \$20,447/km faisant de cette région une zone très endommagée autour des Grands lacs. L'érosion de la rive est depuis plusieurs années un problème considérable dans le comté. En 1974, on a déplacé de douze mètres la route de comté près de Bright's Grove à partir du bord de l'escarpement. En 1952, l'érosion de l'escarpement allait jusqu'au bord de la route à certains endroits. En mars 1973, la route s'est effondrée laissant les traces d'asphalte le long de la ligne de rivage. L'administration du canton de Sarnia a fait construire depuis une palissade de poutrelles d'acier pour essayer d'empêcher le sapement de ce secteur de la ligne de rivage.

Sur la ligne de rivage de la baie Georgienne, jusqu'à Port Severn, les constructions ont aussi subi de légers dommages. Ils s'élevaient à \$1,352/km dans le comté de Grey et à \$1,997/km, dans Simcoe. Dans certaines régions à la périphérie des deux comtés on a observé que les propriétaires construisaient de nouvelles maisons ou de cottages très près du bord de l'eau et même, dans certains cas, sur un remblai artificiel qu'on venait de faire.

Les zones de drainage du lac Sainte-Claire, dans les comtés d'Essex et de Kent, sont généralement constituées de terres très basses; ceci tend à augmenter le niveau de dommages vu les grands risques d'inondation. En 1973, les dommages aux quais et aux hangars à bateaux ont été considérables, tout ce qui était demeuré dans l'eau en hiver étant détruit par les tempêtes du printemps. Au sud du lac Sainte-Claire, trente-cinq constructions ont été détruites en tout à la suite des tempêtes et de la forte crue des eaux. Six d'entre elles étaient des habitations permanentes. Ces pertes, ajoutées au coût élevé des ouvrages de protection,

donnaient, au total, des dommages d'une valeur moyenne de \$75,488/km, pour le comté d'Essex, ce qui est nettement supérieur aux autres moyennes dans l'ensemble des Grands lacs.

La rive est du lac Sainte-Claire n'est par très développée. De longues séries de remblais s'étendent le long de la rive protégeant ainsi les vastes régions agricoles du comté de Kent. Le montant des dommages encourus à cet endroit est inclus dans le montant de 14.1 millions offert en 1974 pour le programme de reconstruction des digues selon les accords entre le Canada et l'Ontario.

Les régions les plus endommagées autour du lac Érié ont été celles à l'ouest de pointe Pelée, dans les cantons de Malden, de Colchester sud et de Gosfield sud. De Bar Point à Colchester, sur une distance de seize kilomètres en bordure des rives, on a pu observer six cents propriétés endommagées. La moyenne des dommages, pour le comté d'Essex, a été de \$23,084/km, ce qui constitue de beaucoup le plus fort montant de dégâts observés autour du lac Érié. Les constructions de l'île Pelée ont été grandement touchées, cet endroit n'étant aucunement protégé. Parmi les soixante-quatorze cottages s'élevant du côté est de l'île, vingt ont été complètement détruits au printemps 1973. A l'île Pelée et dans les cantons de Mersea, l'autres problèmes ont surgi tels l'inondation des terres agricoles et la perte des récoltes. Ces pertes ont été réduites au minimum cependant car la plupart des dommages se sont produits avant les semailles (au début du printemps 1973); au moment des semailles, on avait réparé les dommages et drainé les terres dans la plupart des régions.

La rivière Détroit a aussi subi des dommages à la ligne de rivage imputables surtout aux vagues des navires. Ce problème est dû à l'ignorance des règlements sur les limites de vitesse établis en vertu de la Loi sur la marine marchande du Canada.

En général, les dommages sont importants autour du lac Érié: il est maintenant évident que les ouvrages de protection sont une nécessité comme en font foi les récentes propositions visant à protéger les basses terres agricoles dans le cadre d'accords entre le Canada et l'Ontario.

Il y a eu des dommages considérables à l'extrémité ouest du lac Ontario. Les régions municipales de Halton et de Peel ont été les plus touchées, avec des dommages d'un montant global de \$26,313/km et de \$36,193/km, respectivement. La Région comprenant Burlington et Hamilton Beach a été grandement affectuée par l'inondation des sous-sols et des boutiques de services. La baie Frenchman, à l'est de Toronto, a subi des dommages considérables dus aux inondations; par ailleurs, entre Grimsby et Niagara-on-the-Lake, la forte érosion de la ligne de rivage a causé pour la région municipale de Niagara des dommages d'une valeur évaluée à \$13,210/km. La possibilité de dommages augmente dans ces régions sujettes à une érosion forte.

4.2.2 Perte de valeur foncière

Afin d'observer le phénomène de l'érosion des rives en termes économiques, on a élaboré une formule mesurant

la perte de valeur foncière, basée sur les taux d'érosion et la valeur foncière.

$$\text{Perte de valeur foncière (\$)} = \frac{E}{D} \times V \times L$$

où

E = le taux d'érosion annuel moyen (m³/m/m)

D = la profondeur moyenne des lots (m)

V = la valeur foncière (\$/m linéaire)

L = longueur de la ligne de rivage érosive (m)

Cette équation représente la perte de valeur foncière due à l'érosion des rives: ce chiffre est nécessaire pour comprendre l'ampleur des dommages qui se sont produits pendant la période à l'étude. Le tableau 4.2.2 indique une évaluation de la perte de valeur foncière autour des Grands lacs.

TABLEAU 4.2.2
Perte de valeur foncière autour des Grands lacs
(novembre 1972 à novembre 1973)

Lac	Longueur de la ligne de rivage érosive (km)	Taux d'érosion annuel moyen (m ³ /m/m)	Valeur foncière moyenne (\$/m linéaire)	Profondeur moyenne des lots (m)	Evaluation de la perte annuelle (\$/an)
Érié	220.72	7.396	388	243	2,606,538
Ontario	237.33	2.504	810	164	2,935,135
Sainte-Claire	34.60	4.875	1,395	85	2,768,254
Huron	143.97	1.080	665	179	577,649
Total					\$8,887,576

4.2.3 Sommaire

Au total, les dommages se sont élevés à \$28,435,034 d'après l'Étude des dommages survenus aux rives des Grands lacs. Cette somme se répartit également entre les dommages aux rives (\$7,989,125), la valeur des ouvrages de protection (\$11,558,333) et la perte de valeur foncière (\$8,887,576). Le tableau 4.2.3 indique un sommaire de la valeur totale des dommages survenus pendant la période à l'étude, entre novembre 1972 et novembre 1973.

TABLEAU 4.2.3
Valeur totale des dommages survenus de novembre 1972 à novembre 1973 (\$)

Lac	Dommages aux rives	Ouvrages de protection	Perte de valeur foncière	TOTAL
Érié	2,889,923	1,873,622	2,606,538	7,370,083
Ontario	1,488,409	1,752,542	2,935,135	6,176,086
Sainte-Claire	2,829,303	1,390,548	2,768,254	6,988,105
Huron	781,490	1,691,621	577,649	3,050,760
Accords Can/Ont. pour digues		4,850,000		4,850,000
		7,989,125	11,558,333	8,887,576
				<u>\$28,435,034</u>

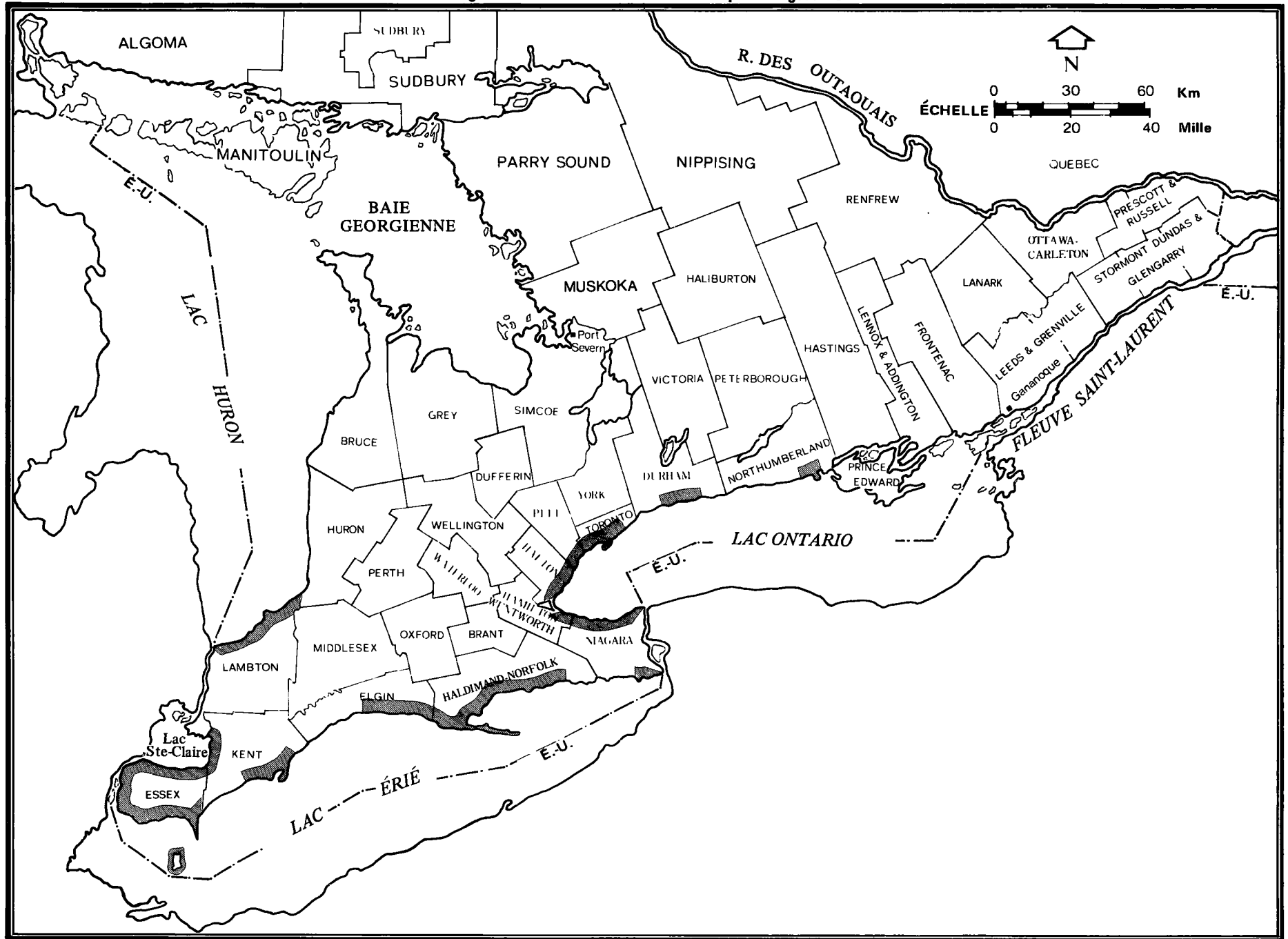
4.3 CARACTÉRISTIQUES DES SOLS DANGEREUX

Pour les fins de la présente étude, on désigne comme sols dangereux les villes ou les cantons dont le taux d'érosion annuel dépasse $2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{m}$ ou qui sont susceptibles d'être inondés. On croit que ces régions devraient être choisies en priorité lors des futures études entreprises sur des régions plus limitées. On a choisi les régions "menacées d'inondation" en raison des dommages dus à la crue des eaux observés durant la période à l'étude. Le tableau 4.3 indique les régions des Grands lacs sélectionnées pour cette catégorie. La figure 4.3 montre la répartition géographique des endroits. La liste comprend aussi les régions où les dommages aux rives ont atteint plus de \$5000/km entre novembre 1972 et novembre 1973. Bien que certaines des régions ne sont pas sujettes à l'érosion intensive ou aux inondations au sens matériel, les dommages qui s'y sont produits justifieraient des futures études en fonction de la gestion et de la planification des lignes de rivage.

TABLEAU 4.3
Sols avec des caractéristiques dangereuses

Lac	Comté ou région municipale	Ville ou canton	Taux d'érosion annuel (1973) $\text{m}^3/\text{m}/\text{m}$	Danger d'inondation	Dommages aux rives \$/km
Huron	Lambton	Bosanquet	.50		11,538
		Plympton	1.71		11,108
		Sarnia	1.94		49,311
Sainte-Claire	Kent Essex	Dover	-	Oui	2,584
		Tilbury N.	4.85	Oui	72,287
		Rochester	4.85	Oui	89,592
		Maidstone	-	Oui	108,968
		Windsor	-		71,088
Érié	Essex	Sandwich Ouest	-		10,466
		Anderdon	-	Oui	10,638
		Malden	-	Oui	33,123
		Colchester	5.62		28,369
		Gosfield S.	0.17		33,693
		Mersea	14.32	Oui	13,866
		Pelée	-	Oui	6,802
		-	-	Oui	12,357
		Harwich	2.51		1,345
		Howard	5.66		1,122
	Elgin	Yarmouth	5.66		2,452
		Malahide	13.20		970
	Haldimand-Norfolk	Bayham	23.98	Oui	3,010
		Norfolk	8.28	Oui	5,533
	Niagara	Delhi	-		9,880
		Nanticoke	0.31		6,792
		Haldimand	2.15		6,740
		Fort Érié	2.43		19,634
Ontario	Niagara	Niagara-on-the-Lake	5.00		11,424
		St. Catharines	4.70		11,960
		Lincoln	1.60		10,324
		Grimsby	1.86		12,964
		Stoney Creek	-		-
	Hamilton-Wentworth	Burlington	0.73		9,448
		Oakville	-		32,080
	Peel	Mississauga	-		36,193
		Etobicoke	-		18,661
		Toronto	-		21,050
	Durham	Whitby	0.56	Oui	994
		Cramahe	4.16		4,606
	Northumberland	-	-		-
		-	-		-

Figure 4.3 Sols avec des caractéristiques dangereuses





Érosion et inondations: allévation des dommages

5.1 MESURES POSSIBLES

Quand on considère les conséquences de l'érosion de la ligne de rivage et des inondations, on se demande quelles mesures de protection pourraient atténuer les dommages. Il faut une stratégie qui permette de gérer et de planifier efficacement les régions lacustres des Grands lacs. La protection à long terme de la côte se concrétise au moyen de la construction d'ouvrage pour venir à bout des dommages à la ligne de rivage, même si elle se justifie difficilement, des points de vue économique et écologique. Cela devient évident, lorsque l'on compare la valeur foncière à l'évaluation des coûts de réalisation d'une protection à long terme des rives, données dans l'annexe 5.1.1. Par exemple, la valeur foncière dans la région municipale de Haldimand-Norfolk était d'environ 25 millions de dollars environ et on évaluait à 64 millions de dollars le coût de la protection à long terme. Ces interventions risqueraient de nuire à l'évolution naturelle de la rive et d'avoir des conséquences ultérieures sur les régions adjacentes à la ligne de rivage protégée, créant ainsi des problèmes d'environnement. La régularisation du niveau de l'eau pour réduire les hauts niveaux lacustres constitue une autre solution technologique mais les travaux d'excavation et la construction d'ouvrages de régularisation seraient très coûteux. On peut aussi avoir recours à des méthodes de planification de la ligne de rivage comme l'achat par l'État, l'établissement d'une marge de recul et des servitudes. À cause des répercussions socio-économiques, culturelles et économiques possibles, on doit étudier avec soin toutes les possibilités avant d'envisager la mise en oeuvre d'un programme particulier.

5.1.1 Protection de la rive à court et à long termes

La protection à court terme des propriétés riveraines relève généralement des propriétaires concernés. Cependant, divers paliers de gouvernements étudient maintenant la possibilité d'un programme de protection à long terme de la rive, basé sur des critères relatifs au génie, à l'économie et au milieu.

L'aperçu suivant décrit brièvement les particularités physiques, les buts, les avantages et les faiblesses des différentes méthodes de protection de la rive. On a noté certaines régions sur la ligne de rivage des Grands lacs où des mesures de protection se sont avérées heureuses.

1) Les épis

Un épi est une clôture ou une structure ressemblant à une jetée, faite de bois, d'acier, de pierre, de béton ou de combinaisons de ces matériaux et qui s'avance dans l'eau perpendiculairement, ou à peu près, à la ligne de rivage. Il a pour but d'arrêter ou de retarder

le cheminement littoral et de modifier les courants au large et l'action des vagues. Quand on les a bien placés en batterie le long de la ligne de rivage, les épis se sont avérés le moyen le plus efficace pour stabiliser la ligne de rivage ou pour créer une plage là où le transport des sédiments le long de la ligne de rivage était suffisant. Les épis ont pour principaux avantages de ne pas nuire à l'apparence de la ligne de rivage et de n'entraîner que des dépenses relativement faibles. Parmi les désavantages, il y a le recul des plages en aval et l'inefficacité si on ne les construit pas en batterie. Dans la région de Sarnia, sur le lac Huron, on a construit avec succès des plages au moyen d'épis surtout à cause de l'abondante quantité de matériaux riverains.

2) Les jetées

Une jetée est une construction qui s'avance dans l'eau à l'embouchure d'une rivière ou à l'entrée d'une baie pour aider à approfondir et à stabiliser un chenal navigable. Elles s'opposent aux courants au large et au cheminement littoral, en emprisonnant généralement les matériaux du côté en amont, ce qui cause une détérioration de la ligne de rivage à l'abri du vent. Dans la plupart des cas, on construit des jetées pour empêcher l'envasement.

3) Les brise-lames

Un brise-lame est une solide construction, située généralement au large et parallèle à la rive, destinée à annuler l'action des vagues sur la ligne de rivage. On ne s'en sert pas seulement pour protéger la ligne de rivage en brisant les vagues, mais aussi pour créer une zone d'eau abritée destinée aux loisirs. Par exemple, il y a le vieux brise-lame "Sunnyside" sur le lac Ontario qui a maintenant plus de cinquante ans. Il a 5,6 kilomètres de longueur et protège encore efficacement secteur de la ligne de rivage du lac Ontario.

Un autre avantage des brise-lames, c'est qu'ils protègent la ligne de rivage sans empêcher la plage de servir aux loisirs. Les problèmes que l'on rencontre avec les brise-lames sont l'accès difficile pour la machinerie de construction lourde et les coûts élevés de construction.

4) Les digues

Sous sa forme la plus simple, une digue est un mur ou un remblai construit autour d'une région basse pour empêcher les inondations. Les digues de terre sont les plus fréquentes, étant souvent renforcées d'épis et de batardeaux en bois d'oeuvre. On met souvent un perré en avant des digues pour empêcher l'érosion due

aux courants et à l'action des vagues. L'installation de digues entraîne aussi l'établissement de réseaux de drainage appropriés et d'un système de pompage pour contrôler le drainage intérieur et l'infiltration.

On a dernièrement proposé la construction et le réaménagement de digues pour protéger les terres agricoles basses du sud-ouest de l'Ontario. Le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, en vertu de la Loi sur l'aménagement rural et le développement agricole de l'Ontario, a proposé des dépenses de \$16,250,000 pour le sud-ouest de l'Ontario, pour la construction et le réaménagement des digues, et l'installation de pompes pour prévenir les inondations. De plus, on a déjà dépensé une somme de \$2,700,000 pour des travaux semblables dans les cantons de Pelée, de Mersea et de Harwich.

5) Les revêtements

Un revêtement est un parement incliné, généralement fait de pierres, de blocs de béton ou de ciment, qui assure la stabilité de la levée. C'est probablement la mesure de protection de la rive dont l'usage a été le plus répandu sur la ligne de rivage érosive des Grands lacs. Elle n'exige qu'un minimum de recherches préliminaires; de plus, les revêtements sont assez faciles à construire. On devrait toutefois s'efforcer d'obtenir la collaboration des propriétaires voisins, pour mieux assurer la protection et pour éliminer le retour.

6) Les batardeaux et les murs de soutènement

Les murs de soutènement sont des ouvrages massifs construits le long de la ligne de rivage pour résister aux mers démontées et aux dommages que cause la glace. Leur coût élevé de construction en limitent l'usage aux régions très industrialisées. Les batardeaux sont des constructions plus légères et, par conséquent, moins coûteuses. Les murs de soutènement et les batardeaux sont faits d'un mélange quelconque de palplanches, de béton, piliers en bois d'oeuvre, de charpente de bois emplie de pierres, ou de pierres elles-mêmes.

La ville de Toronto a beaucoup utilisé les murs de soutènement pour la protection de sa ligne de rivage. Dans ces cas-là, il est facile d'en justifier la construction du point de vue économique. On peut citer, à titre d'exemple, le mur de soutènement de l'île de Toronto qui protège tout le côté sud de l'île.

7) L'enrichissement des plages

On considère généralement que les plages naturelles, de sable ou de gravier, sont par elles-mêmes une méthode de choix, pour la protection de la rive. Elles dispersent l'énergie des vagues et protègent ainsi l'arrière-plage. Les matériaux de plage entassés juste en amont de la zone d'érosion peuvent parfois stabiliser une plage érosive. La disponibilité de matériaux granuleux et les particularités du cheminement littoral sont d'une importance primordiale.

8) Les gabions de Maccaferri

Les gabions de Maccaferri sont des caisses en grillage de 1m x 1m x 2m remplies de petites pierres et

utilisées dans les murs de soutènement, les revêtements et les épis. On construit aussi des matelas de gabion (0.3m x 1m x 4m) pour stabiliser la pente ou comme fondation ou radier pour les murs du gabion. Ils ont l'avantage d'être perméables et de faire dévier ou de modifier le courant dans n'importe quelle direction sans que l'ouvrage lui-même se rompe, ce qui permet de les construire sur des bases d'une profondeur minimale. La région de la plage Marentette sur les bords du lac Érié est un exemple de région qui se sert présentement de gabions comme moyen de protection.

9) Les tubes de Longard

Ce sont des tubes pouvant mesurer jusqu'au cent mètres de longueur et de trente à soixante-dix centimètres de diamètre, tissés en fibres clivées de polypropylène dont la résistance à la déchirure est très élevée (35.8 kg/cm). Ils sont remplis de sable, et on peut les utiliser comme murs de soutènement, brise-lames ou épis. Comme c'est une méthode de protection plutôt nouvelle provenant du Danemark, on n'a à peu près pas utilisé ces tubes sur la partie canadienne de la ligne de rivage des Grands lacs. Cependant, les succès qu'ils ont remportés en Europe et en Scandinavie laissent croire qu'ils pourraient fournir une solide protection dans diverses situations.

10) Autres dispositifs de protection

Des mesures de protection d'urgence consistant à construire des digues avec des sacs de sable et des clôtures métalliques peuvent résoudre temporairement des problèmes d'érosion ou d'inondation, mais ce ne sont pas des solutions à long terme.

On en est venu à considérer l'aménagement paysager des berges et des pentes comme une méthode pour atténuer les effets de l'érosion. Le système des arbres et des arbustes plantés peut stabiliser les matériaux de la ligne de rivage.

L'annexe 5.1.1 donne les premières évaluations des dépenses qu'entraînerait la protection à long terme de la rive. Ces chiffres sont fondés sur le coût approximatif d'une protection en béton armé, au moment du relevé, soit \$287/m. A certains endroits, les chiffres seront trop élevés puisque l'on n'a pas considéré, dans cette première évaluation, la protection déjà existante. Des problèmes d'accès à la ligne de rivage et l'augmentation constante des coûts de construction laissent croire que ces évaluations restent en-deça de la réalité. L'annexe 5.1.1 indique aussi la valeur des terres riveraines de chaque comté ou région municipale, comme point de référence pour les analyses de rentabilité.

5.1.2 Régularisation des niveaux lacustres

L'érosion et les inondations causent les dommages les plus sérieux à la ligne de rivage quand les niveaux lacustres sont élevés. Ceux-ci varient quand le lac reçoit moins d'eau qu'il en perd. Le réseau des Grands lacs s'autorégularise à cause de leur immense capacité d'emménagement et de leur faible écoulement. Dans les Grands lacs, les variations de niveau et d'écoulement sont faibles, comparativement à celles de la plupart des grands réseaux fluviaux de l'Amé-

rique du Nord. L'amplitude maximale dans les niveaux annuels des Grands lacs est de un à deux mètres, selon le lac; c'est peu en comparaison aux variations de sept mètres dues aux marées, qui se produisent toutes les douze heures à Québec. L'écoulement maximal de chacun des Grands lacs n'est que de deux à trois fois plus grand que l'écoulement minimal. Ceci offre un contraste marqué avec le rapport de trente à un entre les écoulements maximum et minimum du Mississippi.

On peut techniquement réduire davantage les fluctuations des niveaux des Grands lacs en régularisant l'écoulement des eaux des émissaires. Les ouvrages de régularisation exigent généralement l'excavation des canaux du déversoir pour augmenter leur capacité d'écoulement quand l'approvisionnement en eau est élevé, et la construction d'ouvrages de régularisation destinés à réduire l'écoulement quand l'approvisionnement est bas.

À l'heure actuelle, on n'a régularisé que les lacs Supérieur et Ontario. La régularisation de ce dernier a sensiblement réduit les écarts de niveaux du lac. Celle du lac Supérieur a légèrement diminué les variations de son niveau et elle a augmenté, à certains endroits, les variations de niveau des lacs Huron et Érié.

La Commission mixte internationale a étudié la possibilité de régulariser davantage quelques-uns des Grands lacs, et peut-être tous. De 1964 à 1974, la Commission, par l'entremise de son Bureau international des niveaux des Grands lacs a mené une enquête complète portant sur de nombreux intérêts opposés comme ceux des propriétaires riverains, de la navigation, de la production d'électricité et de l'habitat de la faune. La diversité de ces intérêts rend la régularisation des lacs de plus en plus complexe. En effet, si un niveau bas et stable réduit les dommages causés par l'érosion et les inondations, il va à l'encontre des intérêts de la navigation et de l'électricité.

Après avoir étudié les problèmes techniques, les coûts et les avantages possibles d'une régularisation plus poussée des Grands lacs, le Bureau a conclu que l'on ne pourrait effectuer que quelques légères améliorations. Un nouveau plan de régularisation recommandé pour le lac Supérieur contribuerait à garder les lacs Supérieur et Michigan-Huron au même niveau par rapport à leur moyenne à long terme. Toutefois, ce plan réduirait légèrement les écarts de niveaux de tous les lacs.

On a aussi conclu, dans cette étude, qu'il ne faut pas songer à régulariser davantage les lacs Michigan et Huron en construisant des ouvrages dans les rivières Sainte-Claire et Détroit, en raison du coût trop élevé de ceux-ci par rapport aux avantages qu'on en retirerait.

Donc, les possibilités de modifier les niveaux des eaux des Grands lacs sont bien restreintes; en outre, même si la régularisation pouvait réduire l'érosion de la ligne de rivage et les dommages causés par les inondations en abaissant les niveaux des lacs en période de crues, on peut s'attendre, malgré cette régularisation, à de sérieux dégâts car les tempêtes auraient alors de plus grandes conséquences à court terme.

5.1.3 Gestion et planification du rivage

Puisque certaines régions et certains phénomènes naturels sont hostiles à l'homme tels que les plaines inondables et l'érosion des lignes de rivage, il paraît raisonnable de réglementer le développement de ces régions pour assurer la sécurité publique. La construction d'immeubles fait l'objet de règlements précis et rigoureux pour protéger ceux qui y vivent, mais on ne discerne dans les règlements municipaux, aucun souci de veiller à ce qu'une maison ne soit pas construite dans une plaine inondable ou trop près du bord d'un escarpement érosif. Donc, les canalisations électriques d'une maison doivent satisfaire à des normes de sécurité rigides, mais l'édifice lui-même risque d'être emporté par une tempête. En comprenant et en respectant l'évolution naturelle de la ligne de rivage, le société peut aider à minimiser les dommages futurs.

Une façon évidente de procéder à la gestion du rivage est de légiférer et de réglementer dans ce domaine, ou encore que l'Etat détienne certains droits de propriété, ce qui entraînerait des problèmes d'argent, de gestion et de surveillance. Peu importe le programme de gestion que l'on adoptera, il devra, dans la mesure du possible, comporter des dispositions positives plutôt que négatives ou limitatives. Il faut insister surtout sur la nécessité d'orienter les travaux de mise en valeur vers les régions aptes à les recevoir, plutôt qu'interdire simplement certaines activités sur la côte.

a) Plans officiels

La loi sur la planification de l'Ontario (*Ontario Planning Act*) définit un plan officiel comme un programme et une politique, en tout ou en partie, conçus pour assurer la santé, la sécurité, le confort ou le bien-être des citoyens de la région, et comportant les textes et les cartes qui décrivent le programme et la politique en question (alinéa h) de l'article 1). Un programme de gestion du rivage pourrait être intégré au plan officiel de chaque municipalité riveraine.

b) Règlements

La loi sur la planification donne aux municipalités l'autorité en matière de réglementation sur l'utilisation des terres. Conformément à l'alinéa 1 de l'article 35, les municipalités peuvent adopter des règlements restrictifs concernant certaines régions ou certains édifices:

- 1) interdiction d'utiliser les terres, pour des fins que l'on peut spécifier dans le règlement, ou sous réserve de telles fins, dans les limites de la municipalité ou de certains secteurs définis adjacents à certaines grandes routes.
- 2) interdiction d'ériger ou d'utiliser des bâtiments pour des fins que l'on peut spécifier dans le règlement, ou sous réserve de telles fins, dans les limites de la municipalité ou de certains secteurs définis adjacents à certaines grandes routes définies.
- 3) interdiction d'ériger tout genre de bâtiments sur des terres susceptibles d'être inondées ou sur des terres où certaines particularités (sols rocheux,

terres basses, marécages, instabilité), rendent prohibitif le coût de construction d'installations satisfaisantes d'égouts, de drainage ou de traitement des eaux.

4) réglementation du prix ou du genre de construction, et de la hauteur, du volume, de l'emplacement, des dimensions, de l'aire des planchers, de la distance entre deux édifices, de l'allure extérieure, du genre et de l'usage des bâtiments que l'on veut ériger dans les limites de certaines régions définies ou sur des terres adjacentes à certaines grandes routes, et réglementation de la façade minimale, de la profondeur de la parcelle de terre et de la proportion de cette parcelle que peut occuper toute construction.

4a) Les pouvoirs accordés en vertu de l'alinéa 1 du paragraphe 4 comprennent, et nonobstant toute décision judiciaire, sont censés avoir toujours compris le pouvoir d'établir la superficie minimale des parcelles de terre dont il est fait mention et de réglementer la densité de la construction dans la municipalité ou dans les régions définies dans le règlement.

Même si la loi sur la planification permet aux municipalités d'adopter des règlements sur l'utilisation des terres, elle ne les oblige pas à le faire. L'amende maximum de \$500 pour la violation d'un règlement municipal n'est pas un moyen de prévention très sérieux. Cependant, le paragraphe 15 de l'alinéa 1 de l'article 38 de la loi sur la planification énonce que les municipalités peuvent adopter des règlements autorisant à démolir ou à déplacer, aux frais du propriétaire, tout bâtiment construit, modifié, réparé ou placé contrairement au règlement.

c) Le décret ministériel

L'article 32 de la loi sur la planification stipule que le ministre de Logement peut émettre, sans l'approbation du conseil municipal, un décret comportant tous les pouvoirs délégués aux conseils en vertu de l'article 35. On déjà parler plus haut de certains de ces pouvoirs. Si le décret ministériel entre en contradiction avec un règlement en vigueur, le décret ministériel prévaudra. Cependant, même le Ministre ne peut émettre un décret qui ne soit pas conforme à un plan officiel en vigueur.

Dans la région de Haldimand-Norfolk, le ministre du Logement a émis des décrets ordonnant à toutes les villes de restreindre la mise en valeur du rivage. Le décret concernant le village de Dunnville le divise en une zone agricole et un hameau. La majeure partie du village est dans la zone agricole où tous les genres d'utilisation de la terre sont interdits, sauf l'agriculture. La grandeur minimum d'un lot est de vingt-cinq acres. On permet, sur chaque ferme, la construction des bâtiments nécessaires aux travaux agricoles et d'une maison unifamiliale. Les décrets concernant les autres villages dans la région de Haldimand-

Norfolk sont semblables; ils désignent "zone agricole" la première terre à partir de la rive.

La politique de gestion de la rive de la région métropolitaine de Toronto et l'office de conservation de la région (*Region Conservation Authority*) peuvent être donnés comme modèles d'une bonne politique de protection des bâtiments. Ici, on exige une marge de recul de cinquante mètres à tous les vingt-cinq mètres de hauteur de l'escarpement. Les renseignements concernant le taux de recul, recueillis lors de l'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs, constitueraient une bonne base de données pour établir la marge de recul nécessaire, dans un programme de gestion de la ligne de rivage des Grands lacs.

d) Achat de propriétés par l'État

L'achat par l'État de terres riveraines appartenant à des particuliers, quand les possibilités financières le permettent, peut assurer un contrôle sur l'utilisation et la mise en valeur des terres. On pourrait utiliser la banque de données sur les propriétés riveraines et l'inventaire des terres du Canada pour faire un choix des propriétés à acheter par l'État, en se basant sur les critères suivants: (i) de faible valeur; (ii) dommages importants; (iii) région sujette à l'érosion ou aux inondations; et (iv) grandes possibilités pour les loisirs.

On peut contrôler d'une autre façon l'utilisation des propriétés en acquérant des servitudes. Le prix de la servitude pourrait être égal à la baisse de la valeur totale de la propriété, qu'entraîne l'imposition de ces restrictions. Quand on ne dispose que de fonds limités, on peut envisager cette solution pour remplacer l'achat des terres. Le propriétaire obtient une compensation pour la perte d'une partie de ses droits; c'est l'avantage des servitudes, par rapport aux restrictions apportées par les lois. Le coût de la servitude peut varier d'une certaine fraction de la valeur de la propriété si certaines activités sont encore permises, à la valeur presque totale si tous les usages rentables sont interdits.

e) Location des terres de l'État

Dans le cas d'une terre de la Couronne dont des particuliers ont besoin à des fins récréatives, la location à long terme, plutôt que la vente, devient de plus en plus populaire dans beaucoup de pays. Cette politique aide à satisfaire la demande pour ce qui est des loisirs tandis que l'État demeure propriétaire et peut, dans une large mesure, contrôler l'utilisation et la mise en valeur des terres.

5.2 PROGRAMMES GOUVERNEMENTAUX ACTUELS

L'érosion et les inondations ne sont pas des problèmes nouveaux. Depuis nombre d'années, la ligne de rivage des Grands lacs et d'autres cours d'eau canadiens subit des dommages, généralement accrus aux endroits où l'homme s'établit trop près de la ligne de rivage. Les gouvernements

fédéral, provinciaux et municipaux ont réagi de diverses façons; ils ont tantôt indemnisé les pertes, d'autres fois pris des mesures pour éviter des pertes futures et parfois n'ont rien fait.

Il existe maintenant, à chaque pallier du gouvernement, un certain nombre de politiques et de programmes relatifs aux dommages à la ligne de rivage. Pour élaborer une stratégie générale efficace afin de réduire ou d'empêcher les dommages à la ligne de rivage, il faudrait étudier les possibilités et la portée de ces programmes.

5.2.1 Politiques et programmes fédéraux

D'après l'Acte de l'Amérique du Nord britannique, ce qui concerne les ressources hydrauliques et les droits de propriété tombent normalement sous la juridiction provinciale. Cependant, le gouvernement fédéral a des responsabilités en matière de navigation, de pêcheries et de gestion des eaux internationales et interprovinciales. Selon la politique fédérale sur les crues, on a limité l'aide financière par le passé au partage des dépenses occasionnées par les ouvrages de protection tels que les barrages de retenue, les digues ou les conduits de dérivation des crues. Toutefois, le gouvernement fédéral va maintenant envisager l'agrandissement, selon des plans approuvés, l'éventail des solutions. L'évaluation des stratégies doit comprendre des études de rentabilité et des analyses de structures et du milieu.

Le gouvernement fédéral accepte une part des responsabilités pour la protection contre l'érosion causée par ses propres ouvrages ou par la navigation commerciale dans les canaux où il contrôle la vitesse et le parcours des navires. Lorsqu'on attribue plus de 50% de l'érosion à ces causes, le gouvernement fédéral paie proportionnellement aux effets attribués, une partie des coûts de protection. Depuis 1947, le ministère des Travaux publics a consacré plus de 30 millions de dollars à la protection des rives des Grands lacs. Les rives des rivières Sainte-Claire et Détroit ont requis la majeure partie de cette protection. Sur les Grands lacs, on a aussi construit quelques ouvrages de protection près des ports fédéraux. En vertu de la Loi sur les ressources en eau du Canada, le gouvernement fédéral peut conclure des accords avec la province afin de construire des ouvrages de contrôle des crues et de l'érosion. De tels accords supposent le zonage, par la province, de ces terres inondables et érosives et une analyse économique démontrant que les avantages retirés des travaux proposés dépasseraient leurs coûts.

Par la Loi sur l'aménagement rural du développement agricole (ARDA), on a aussi protégé les terres agricoles. En vertu de l'ARDA, le gouvernement peut conclure des accords avec toute province pour partager les coûts des programmes de conservation concernant l'agriculture ou d'autres activités rurales. Au cours des deux dernières années, le gouvernement fédéral et le gouvernement de l'Ontario ont passé deux ententes, en vertu de cette loi, pour protéger les terres agricoles des inondations, particulièrement dans les comtés d'Essex et de Kent. Le premier accord, signé en avril 1973, concernait la reconstruction de digues dans les cantons de Harwich, de Pelée et de Mersea

sur les bords du lac Érié. On a évalué le coût de ce projet à 2.7 millions de dollars. Les gouvernements municipaux en ont payé 10% et les gouvernements fédéral et provincial ont partagé, également, les 90% restants. En 1974 on a conclu un deuxième accord; celui-ci concernait la reconstruction de digues dans les comtés d'Essex et de Kent, et dans la municipalité régionale de Niagara. On a évalué le coût de ce projet à 14.1 millions de dollars, qu'on partagera sur une base de 45:45:10. Quarante milles acres de bonnes terres agricoles sont maintenant protégées des inondations grâce à ces deux accords en vertu de l'ARDA.

Le gouvernement fédéral peut accorder, à toute province qui en fait la demande, des indemnités pour les dommages causés par des crues consécutives à un grand désastre. Dans le cadre de l'Organisation des mesures d'urgence du Canada, le gouvernement fédéral partage les coûts selon une formule nationale dont voici le principe:

- 1) Le gouvernement provincial absorbe la totalité des coûts jusqu'à concurrence d'un dollars par citoyen de la province.
- 2) Les gouvernements fédéral et provincial partagent également les coûts pour la tranche suivante de deux dollars par citoyen.
- 3) Le gouvernement fédéral paie 75% des coûts pour la tranche suivante de deux dollars par citoyen.
- 4) Le gouvernement fédéral paie 90% des coûts pour tout ce qui excède cinq dollars par citoyen.

Les dépenses provinciales, qui peuvent être partagées avec le gouvernement fédéral, selon la formule ci-dessus comprennent les coûts des digues et des installations temporaires, la restauration d'ouvrages publics comme les grandes routes, les ponts et les écoles, le remboursement des personnes qui ont perdu des biens privés, la réparation des maisons, des bâtiments de ferme et des établissements de petites entreprises endommagés. Elles comprennent également la remise en état d'exploitation des terres agricoles aux endroits où l'érosion et les inondations ont gravement nuit au fonctionnement de la ferme. En ce qui a trait aux pertes personnelles, les coûts admissibles ne comprennent pas ceux qui sont couverts par des primes d'assurance; ils ne concernent pas, non plus, les habitations saisonnières.

5.2.2 Les programmes provinciaux d'aide à la propriété riveraine

La politique de base de la province de l'Ontario est de donner au propriétaire la responsabilité de la protection des biens privés contre l'érosion de la rive ou contre les crues. Si le propriétaire ne peut faire face à la situation, il peut faire appel à la municipalité pour obtenir une aide d'urgence. Si, à son tour, la municipalité est incapable de faire face à la situation, elle peut faire appel à la province pour obtenir une aide d'urgence.

La municipalité est responsable de la protection des biens publics. On encourage les municipalités à chercher, elles-mêmes, les solutions aux problèmes concernant la rive et à ne demander de l'aide à la province que dans les cas où elles ne peuvent faire face à une situation particulière.

On a établi les programmes d'aide provinciaux de la façon suivante:

- 1) Selon le *Special Emergency Assistance Program*, la province paie 80% et les municipalités, 20% du coût des projets d'urgence approuvés et entrepris pour maintenir les services à leur niveau normal en réparant les dommages causés, en prévenant l'inondation ou l'érosion des installations dont la municipalité est directement responsable ou en fournissant d'autres moyens ou installations.
- 2) Selon le *Disaster Relief Assistance Program*, qui ne s'applique qu'aux zones désignées par le cabinet comme zones sinistrées, la province paie une somme égale à celle que les comités locaux de fonds de secours aux sinistrés recueillent pour contribuer à couvrir les pertes encourues par les dommages aux habitations permanentes et à leur ameublement et matériel, aux bâtiments de ferme et aux édifices de petites entreprises.
- 3) Selon le *Shoreline Property Assistance Act*, les propriétaires qui souhaitent installer ou réparer des moyens de protection de la rive et réparer les dommages causés à des bâtiments et à des ouvrages, par des hautes eaux ou par le choc de la glace, peuvent bénéficier, par l'entremise des municipalités, de prêts à bas intérêts consentis par la province.
- 4) Selon le programme du *Agricultural Rehabilitation and Development Act* (Loi sur l'aménagement rural et le développement agricole—ARDA), on accorde aux municipalités une aide financière pour reconstruire les digues qui protègent les basses terres agricoles le long des rives des Grands lacs, conformément à des accords spéciaux avec le gouvernement fédéral, dont le partage des coûts se répartit selon les pourcentages suivants entre les trois paliers du gouvernement: 45:45:10.
- 5) Selon un programme de service de vulgarisation technique du ministère des Ressources naturelles, les gens ont, sur demande, des ingénieurs à leur disposition pour inspecter les propriétés riveraines privées et pour suggérer, plus tard, des méthodes de protection des lignes de rivage contre l'érosion et les crues.
- 6) Dans le cadre d'*Operation Sandbag*, à la demande d'une municipalité à un coordonnateur provincial de secteur de la ligne de rivage, on peut disposer des sacs de sable pour la protection des zones sujettes à de grosses inondations. Dans le cadre d'*Operation Truck*, un coordonnateur de secteur peut, sur demande, procurer des camions et des conducteurs à une municipalité qui souhaite ériger ou réparer des ouvrages de protection dans des situations d'urgence, y compris le transport d'urgence de matériaux de remblai, de digues et de revêtement.

Chaque coordonnateur de secteur a préparé, pour son secteur, un plan envisageant toutes les éventualités; ce plan comporte des cartes qui indiquent les zones en difficulté,

des projets de solution et des procédures de mise en oeuvre. Au cas d'une urgence d'inondation sur les bords des Grands lacs, qui excède les capacités municipales et les programmes provinciaux d'aide à la propriété riveraine, le *Flood Damage Working Group* interministériel détermine quelles mesures peut encore prendre la province, tout en se gardant, en vertu de la Loi sur les mesures d'urgence, la possibilité de déclarer l'urgence naturelle.

Le Solliciteur général peut demander l'aide des forces armées, si la municipalité et la province sont incapables de faire face à une situation urgente ou si l'on a besoin de matériel spécial.

5.2.3 Recherche et cueillette des données

Il faut bien comprendre les facteurs qui causent l'érosion et les inondations, connaître l'emplacement et l'ampleur des dommages ainsi que les répercussions des lignes de conduite possibles sur la société, sur le milieu et sur l'économie, pour établir une stratégie générale de réduction des dommages à la ligne de rivage. Au Centre canadien des eaux intérieures, on a effectué, depuis 1971, des études relatives à l'érosion des rives sur les Grands lacs. Voici quelques exemples de ces études: surveillance des stations de mesure de l'érosion, inventaires de la ligne de rivage à l'aide de photographies aériennes, études de la dérive littorale, enquêtes sur les dommages et photographie à la suite des grosses tempêtes, enfin études des vagues et des courants. Ces données fondamentales font intégralement partie de l'établissement de tout programme visant la gestion de la zone côtière. Les futurs programmes de recherche et de cueillette de données auront pour but d'établir une meilleure compréhension des phénomènes de la ligne de rivage, de mettre au point des méthodes plus efficaces de protection de la rive, et d'obtenir des données particulières à chaque site pour aider à la gestion de la rive et à la planification des zones sujettes à l'érosion et aux inondations.

5.2.4 Évaluation du milieu

Quand on s'intéresse à la gestion et à la planification de la zone côtière, on doit évaluer chaque possibilité en fonction des répercussions qu'elle peut avoir à court et à long termes sur l'environnement. La justification technique et économique d'un plan à long terme de protection de la rive n'est plus le seul critère si un écosystème local est très déséquilibré. En second lieu, on doit aussi considérer les aspects sociaux et culturels.

Le gouvernement fédéral a institué dernièrement le Processus d'évaluation et de révision environnementales en vertu duquel les comités régionaux de sélection et de coordination de la Commission des évaluations environnementales doivent réviser toutes les demandes de construction sur la ligne de rivage avant d'obtenir l'autorisation du ministère des Transports conformément à la Loi sur la protection des eaux navigables. Le ministère de l'Environnement collabore également avec les ministères provinciaux de l'Environnement et du Transport pour étudier les nombreuses demandes.

Conclusions et recommandations

6.1 CONCLUSIONS

L'érosion et les inondations sont des phénomènes naturels qui se produisent, dans une mesure variable, sur la plupart des lignes de rivage. Les niveaux élevés qui se sont produits en 1972 et 1973 et les périodes de tempête qui les ont accompagnés sont aussi des phénomènes naturels. Comme il est probable que les niveaux élevés de 1973 seront un jour dépassés, il s'ensuivra inévitablement des dommages aux rives. Dans le cadre d'une stratégie globale, il faut présumer que ces conditions se produiront de nouveau, et c'est pourquoi il est nécessaire que toutes les études de gestion et de planification des lignes de rivage soient fondées sur ces prémisses.

L'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs a fourni un excellent inventaire des données et renseignements sur les caractéristiques et le développement de la ligne de rivage dans le présent rapport technique, dans l'atlas de la zone côtière et dans le programme d'emménagement des données (SAFRAS). Les données sont celles de la période de l'étude de novembre 1972 à novembre 1973 et elles proviennent de la région particulière touchée, la ligne de rivage érosive des Grands lacs, de Port Severn à Gananoque. On ne peut envisager un programme de gestion d'aménagement des lignes de rivage dans une région particulière sans ces données de base.

Voici quelques conclusions quantitatives découlant des données acquises:

- 1) Les dommages aux rives des Grands lacs dus à l'érosion et aux inondations ont coûté plus de 19 millions de dollars pendant la période de l'étude, et ces coûts, combinés à ceux de la valeur foncière perdue en raison de l'érosion, s'élèvent à plus de 28 millions de dollars. Le manque de compréhension de méthodes convenables de protection des lignes de rivage a contribué à ce coût total en faisant augmenter les coûts et en réduisant l'efficacité. Il est donc important de disposer d'un programme intégré partout où des ouvrages de protection structurale sont considérés comme réalisables.
- 2) Les dommages possibles aux rives par l'érosion et les inondations sont inévitables, comme en témoignent les coûts de plus de 19 millions de dollars occasionnés par la détérioration potentielle immédiate attribué à la nature imprévisible des phénomènes auxquels sont exposées les lignes de rivage.
- 3) L'étude a démontré la variation régionale de l'ampleur des dommages à la propriété et de l'intensité

de l'érosion littorale. Le lac Huron fournit des exemples de la variation dans les dommages: les dommages moyens dans le comté de Lambton s'élèvent à \$20,447/km et à \$327/km dans le comté de Bruce. L'érosion littorale varie de 5.62 m³/m/m/an dans le comté de Lambton à une quantité négligeable dans le comté de Bruce. Ces données sont utiles lorsqu'on détermine les régions qui ont des caractéristiques de sols dangereux. Le degré de dommages survenus aux rives et l'intensité de l'érosion littorale et des inondations ne sont pas nécessairement en rapport direct. On peut attribuer une grande partie des dommages causés aux rives aux conséquences des tempêtes et à l'action des vagues qui les suivent. La région municipale de Peel en fournit un exemple: les dommages aux rives occasionnent des coûts assez élevés de \$36,193/km, alors que la ligne de rivage n'est pas soumise à une érosion ou à des inondations plus fortes que dans d'autres régions des Grands lacs.

- 4) La valeur totale des propriétés riveraines des Grands lacs dans la région à l'étude s'élevait à 1.3 milliard de dollars, soit une valeur moyenne de \$364/m de ligne de rivage. Le coût estimatif de la protection à long terme de la totalité de la ligne de rivage s'élève à 1.02 milliard de dollars, soit à \$287/m. Ce coût estimatif couvre la protection à l'aide de béton armé de la totalité de la ligne de rivage aux prix de 1973. Amorti sur vingt ans à 7%, le rapport entre les coûts et le rendement s'élève à .669, il ne serait donc pas rentable de construire des ouvrages de protection structurale pour toute la ligne de rivage érosive. Le fait que 54% de toute la ligne de rivage considérée comme sols dangereux vaut moins que le coût de la protection à long terme fondé sur les tendances économiques actuelles vient appuyer cette assertion.
- 5) Plus de la moitié du rivage privé n'est pas aménagée (cela comprend les terres à usage agricole et récréatif) tandis que 44% a été aménagé pour un usage urbain (résidentiel, commercial ou industriel).
- 6) La propriété privée constitue 76% (2,702 kilomètres) du rivage inventorié des Grands lacs, dont 11% (376 kilomètres) appartient à des étrangers ou à des compagnies étrangères.

Dans l'élaboration de politiques concernant les dommages aux rives, il faut établir une distinction nette entre les dommages occasionnés par les inondations et ceux occasionnés par l'érosion. Il faut que les politiques et les lignes directrices concernant les dommages aux rives soient énoncées clairement et qu'on fasse une distinction entre les dommages provoqués par les inondations et ceux dus à

l'érosion, car leurs conséquences à long terme sont substantiellement différentes.

Il doit être clairement établi que l'Étude Canada-Ontario des dommages survenus aux rives des Grands lacs ne comportait pas d'étude de planification détaillée. C'est pourquoi il faut étudier à vol d'oiseau la gamme des solutions visant à atténuer les problèmes d'érosion et d'inondation, puis les évaluer dans l'optique de secteurs spécifiques de la ligne de rivage. Les choix devraient comprendre la cartographie des zones présentant des risques d'érosion et d'inondation, des modifications dans l'utilisation des terres par le zonage, par des marges de recul, par l'acquisition de terres et par des ouvrages de protection. On ne considère pas comme des solutions rentables les ouvrages de protection de toute la ligne de rivage et la régularisation plus poussée des niveaux lacustres. On pourrait utiliser des études de modèles de simulation pour identifier les paramètres en jeu dans des régions distinctives, et des études subséquentes sur certains sites bien particuliers auraient pour but d'évaluer chacune des possibilités quant à son efficacité, ses avantages, son coût et ses conséquences écologiques. Identifier la solution optimale dans chaque région particulière assurera l'utilisation la plus sage des ressources fédérales et provinciales. On devra enrichir et mettre à jour les données et les renseignements existants sur les lignes de rivage pour assurer la pertinence des études sur certains sites bien particuliers. Les rivages qui, selon l'étude, présentent des caractéristiques de sols dangereux, sont considérés comme des secteurs prioritaires pour les futures études de planification.

Pour continuer à pouvoir faire face aux problèmes d'érosion et d'inondation, une surveillance continue de l'évolution des lignes de rivage accompagnée d'un inventaire mis à jour des lignes de rivage des Grands lacs sont considérés comme faisant partie de la même opération. Afin d'assurer une vaste diffusion, il faudra mettre ces renseignements à la disposition du public.

Ainsi, grâce à l'élaboration de politiques fédérales et provinciales concernant l'érosion et les inondations, et grâce à la recherche subséquente à des sites précis pour ce qui est des possibilités en matière d'aménagement, on pense pouvoir optimiser les avantages de l'utilisation actuelle et future de la ligne de rivage des Grands lacs.

6.2 RECOMMANDATIONS

Il est recommandé:

- 1) de déterminer les sols dangereux des rives des Grands lacs, y compris toutes les régions exposées aux inondations et à l'érosion, identifiées par l'étude, et où on devrait réglementer la mise en valeur et l'utilisation des terres.
- 2) d'élaborer des politiques de gestion des régions lacustres qui comprennent:
 - a) des politiques relatives aux sols dangereux, à incorporer dans les programmes officiels de toutes les municipalités riveraines des Grands lacs;
 - b) une politique d'acquisition des terres, visant celles qui comportent des dangers; et
 - c) une politique générale de gestion des régions lacustres.
- 3) d'effectuer des études limitées à des sites particuliers de la région en question, aux caractéristiques de sols dangereux, afin de faciliter l'évaluation des solutions proposées pour la gestion des rives et fondées sur la valeur foncière, la propriété, le coût des travaux de protection, les taux d'érosion et de recul des rives, les risques d'inondation, l'évaluation des répercussions sur l'environnement et les études connexes du rapport coûts-avantages.
- 4) de créer un modèle de simulation de l'utilisation des terres et de la gestion de la ligne de rivage, afin de déterminer les stratégies optimales de gestion pour des secteurs donnés de rivage. En entrée, on trouverait des variables relatives à l'inventaire des propriétés, aux dommages, les taux d'érosion et de recul des rives, le danger d'inondation et les possibilités d'utilisation des terres. En sortie, on obtiendrait des courbes des dommages reliés aux niveaux des eaux et la combinaison optimale de stratégies de gestion pour une étendue donnée de rivage.
- 5) d'intensifier les programmes destinés à éveiller le public au problème par distribution d'informations sur les conditions météorologiques, les niveaux des eaux des lacs, les phénomènes naturels qui jouent un certain rôle dans l'érosion et les inondations et les techniques de protection des rives.
- 6) de poursuivre la surveillance des lignes de rivage de remettre à jour ce qu'on sait sur celles des Grands lacs, afin d'assurer l'actualité des données recueillies sur les caractéristiques des lignes de rivage.
- 7) d'entreprendre des travaux de recherche sur les phénomènes touchant les rives et pour l'amélioration des méthodes de protection, à long et court termes, des rives.

Annexes



ANNEXE 1.1

Méthodes de photographie et de cartographie

CONTENU DE LA CARTE N°2

BANDE 1. DOMMAGES À LA LIGNE DE RIVAGE

Dommages aux ouvrages par érosion
considérables - \$200/m et plus
moyens - de \$31/m à \$199/m
légers - \$30/m et moins

Dommages par inondations
considérables - \$200/m et plus
moyens - de \$31/m à \$199/m
légers - \$30/m et moins

BANDE 3. VALEUR DE LA LIGNE DE RIVAGE

moins de \$200/m
de \$200 à \$500/m
de \$501 à \$1,000/m
de \$1,001 à \$2,000/m
\$2,001/m et plus

BANDE 2. PROPRIÉTÉS RIVERAINES

Gouvernement fédéral
Gouvernement provincial
Administration municipale
Privées

BANDE 4. UTILISATION DES TERRES DE LA LIGNE DE RIVAGE

Habitation permanente
Habitation saisonnière
Récréation
Habitat de la faune
Agriculture
Commerce
Industrie
Forêt
Terres non aménagées
Autres

BANDE 5a. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DE LA LIGNE DE RIVAGE

PLAGE

Barres et flèches
Ensemble de plage et de dunes
Marais littoraux

ESCARPEMENT

>3m
Dépôts glaciaires nombreux >10m
Roche de fond élevée >10m
Dépôts glaciaires peu nombreux
Roche de fond faible
Remblai artificiel faible

PLAINE BASSE

Dépôts glaciaires
Roche de fond
Remblai artificiel

BANDE 5b. OUVRAGES DE PROTECTION ACTUELS DANS LES SECTEURS SINISTRÉS

Digue, batardeau, gabion, mur de soutènement
Épi, jetée
Brise-lames (au large)
Revêtement, stabilisation des rives
Réapprovisionnement des plages
Levé

ANNEXE 1.4

Relevé des dommages reliés aux niveaux d'eau

Liste des coûts

Ouvrages de protection

Mur de palplanches d'acier	\$ 5.00/pi ² (épaulement inclus)
Mur de 5 pieds de hauteur, fait de poutres en I et de dalles de béton	\$ 37.00/pi
Mur de gabion	\$ 30.00/pi (la mise en place et l'épaulement inclus)
Mur de pierres cimentées	\$ 2.00/pi ³
Sacs de sable	\$.25/sac
Mur de blocs de béton	\$ 1.00/bloc
Briques	\$300.00/1,000 briques
Béton armé	\$150.00/v ³ (comprend le coffrage)
Mur de béton	\$ 80.00/v ³ (comprend le coffrage)
Blindage en pierres	\$ 16.00/v ³
Moellons bruts ou pierraille	\$ 10.00/v ³
Remblai de terre ou de sable	\$ 1.50/v ³
Gravier	\$ 2.00/v ³
Mur de bois (madriers d'épinette de 2po x 8 po, poteaux de 6po de diamètre, profondeur de 6 pi)	\$ 7.00/pi

Madriers de bois

<u>TAILLE</u>	<u>ÉPINETTE</u>	<u>PIN</u>	<u>CÈDRE</u>	<u>CHÊNE</u>
1po x 4po	10.5c/pi	20	15	44
2po x 4po	17.0c/pi	34.5	21	88
2po x 8po	38.0c/pi	65	57	176
2po x 10po	48.0c/pi	83	-	-

Poutres

4po x 4po	cèdre	=	\$0.48/pi lin.
6po x 6po	sapin	=	\$1.15/pi lin.
10po x 10po	sapin	=	\$1.15/pi lin.

Contre-plaqué (un côté fini)

1/2 po	\$11.25	le panneau de 4 pi x 8 pi
3/4 po	\$14.50	le panneau de 4 pi x 8 pi
Poteaux:	épinette	= poteau de bois de 8po = \$2.00
	cèdre	= poteau de bois de 8po = \$3.00
	poteaux de téléphone	= \$50/poteau

Acier

Cornières	1po		\$0.50/pi lin.
	2po		\$0.702/pi lin.
	3po	,	\$0.902/pi lin.
	4po		\$1.875/pi lin.
Profils canelés	4po	=	\$1.188/pi lin.
	6po	=	\$2.05/pi lin.
	8po	=	\$2.875/pi lin.

Acier (suite)

Tuyaux	1po	=	\$0.50/pi lin.
	2po	=	\$0.71/pi lin.
	3po	=	\$1.51/pi lin.
	4po	=	\$2.49/pi lin.
	6po	=	\$4.13/pi lin.
Poutres en I	4po	=	\$2.376/pi lin. (deux profils canellés dos à dos)
	6po	=	\$4.10/pi lin.
	8po	=	\$5.75/pi lin.

Construction sur le chantier (y compris l'aménagement paysager)

1.	Pavage en béton de 4po d'épaisseur (y compris une base granulaire de 4po à 6po)	\$0.75/pi ²
2.	Pavage en béton de 6po d'épaisseur (y compris une base granulaire de 4po à 6po)	\$0.80/pi ²
3.	Fourniture et installation de dalles de 2pi x 2-1/2pi, type patio (y compris une base en sable de 2po)	\$0.50/pi ²
4.	Terrassement en engazonnement	\$0.10/pi ²
5.	Nouvelle clôture de bois	\$5.00/pi lin.
	Nouvelle clôture à mailles de chaîne	\$2.50/pi lin.
	Clôture pare-neige	\$0.75/pi lin.
6.	Marches préfabriquées en béton de 4pi de largeur, formant plate-forme de 42po, avec trois contremarches	\$140
7.	Construction des fondations et du sous-sol en béton, y compris la base, le parquet et toutes les tuiles	\$2,000 à \$3,000
8.	Arbres	\$50/arbre
	Arbustes	\$ 5/pi lin.
9.	Travaux au bulldozer	\$20/heure
	Main-d'oeuvre non qualifiée	\$ 5/heure
10.	Série de marches de bois (3pi de largeur)	\$10/contremarche
11.	Pierre du type barbecue	\$100 à \$150

Bâtiments

Menuiserie

1.	Porte combinée en aluminium (posée)	\$ 75
2.	Porte à noyau d'acier (posée)	\$100
3.	Cloisons hautes de 8pi à 9pi	\$ 10/pi lin.
4.	<u>Fenêtres:</u> (main-d'oeuvre non comprise)	
	verre thermopane, 1/2po d'épaisseur	\$3.60/pi ²
	plexiglass, 1/8po d'épaisseur	\$1.80/pi ²
	verre	\$0.75/pi ²
	grillages	\$0.10/pi ²
5.	<u>Parements:</u> (main-d'oeuvre comprise)	
	cèdre	\$0.70/pi ²
	amiante	\$0.44/pi ²
	aluminium	\$1.00/pi ²
6.	Marches de bois de 3pi de largeur	\$10/contremarche
7.	Panneaux de bois en contre-plaqué pré-fini	\$1.00/pi ²
8.	Enduit au plâtre de 3/4po (sur des lattes au plâtre)	\$2.50/v ²

Fosses septiques

coût moyen de l'installation de nouvelles fosses: \$1,150 à \$1,250

Peinture

1. Peinture intérieure (y compris les petites réparations préliminaires)

maison de deux chambres	\$250
maison de trois chambres	\$300
maison de quatre chambres	\$350

2. Peinture extérieure

- | | |
|--|-------|
| a. Maison à deux étages, y compris les parements en bois, les bardeaux, les fenêtres et les portes. | \$450 |
| b. Il en coûtera à peu près la même chose pour effectuer des travaux de peinture identiques à l'extérieur d'un bungalow. | |
| c. Petit cottage (du type de ceux qu'on construisait pendant la guerre) avec parements en bois. | \$300 |

Parquets

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Rénovation des parquets (carreaux en vinyle) | \$0.50/pi ² |
| 2. Rénovation des parquets selon la méthode précédente, en posant une sous-finition en contre-plaqué de 1/4po sous les carreaux. | \$0.80/pi ² |
| Parquets en bois dur (posés et finis) | \$0.90/pi ² |
| 3. Parquets en linoléum | \$0.20/pi ² |

Édification des maisons

<u>Fondations solides</u>		600pi ²	1000pi ²	1500pi ²
Un étage	deux blocs	\$1,500	\$3,200	\$4,000
	trois blocs	\$2,400	\$4,000	\$5,000

Ajouter 20% pour les édifices à deux étages et pour les constructions en briques.
Ajouter \$800 pour chaque bloc supplémentaire bâti.

<u>Fondations en chicane</u>		500pi ²	1000pi ²
	un bloc	\$475	\$650
	deux blocs	\$525	\$750
	trois blocs	\$650	\$850

Au-delà de 1000pi², bâtir des fondations solides.

Hangars à bateaux et garages

- | | |
|---|-------|
| 1. Garage de qualité inférieure pouvant loger une seule voiture, avec murs en bois aggloméré, plancher en gravier et porte satisfaisant aux normes les moins rigides. | |
| I. petit (8pi x 10 pi) | \$300 |
| II. moyen (10pi x 15pi) | \$400 |
| III. gros (12pi x 22pi) | \$550 |
| 2. Garage pouvant loger une seule voiture, avec murs extérieurs finis en panneaux de parement ou en stuc, plancher de gravier et porte basculante en acier. | |
| I. petit (8pi x 10pi) | \$500 |
| II. moyen (10pi x 15pi) | \$600 |
| III. gros (12pi x 22pi) | \$750 |

- | | |
|--|-------|
| 3. Modèle conforme au précédent, avec plancher en béton. | |
| I. petit (8pi x 10pi) | \$600 |
| II. moyen (10pi x 15pi) | \$750 |
| III. gros (12pi x 22pi) | \$950 |

Les garages et les hangars à bateaux de qualité supérieure peuvent coûter jusqu'à \$1,200 s'ils sont bien conçus et bien construits et s'ils sont plus grands que la moyenne.

Remises en aluminium

77po x 58po, \$59; 113po x 76po, \$105; 113po x 112po, \$144; 113po x 130po, \$188.

Contenu des bâtiments

1. Tapis de qualité supérieure \$12/v²
2. Chaudières \$800/unité en moyenne
3. Pompe (1/2 H.P.) \$30
Pompe très robuste \$80
4. Autres (valeur à préciser)
 - réfrigérateurs, machines à laver, sècheuses, tondeuses, pompes à essence, aliments emmagasinés, vêtements, outils, meubles.
5. Bateaux - selon leurs dimensions et les matériaux qui les composent.
6. Monts-charges des bateaux - ordinaires \$250
- hydrauliques \$750 à \$1,000
7. Frais de subsistance de \$20 par jour pour la perte d'usage des maisons.

ANNEXE 2.1.3

Propriétés d'érosion des matériaux de la ligne de rivage des Grands lacs

MATÉRIAUX	DESCRIPTION	RÉSISTANCE, CONSISTANCE ET DENSITÉ RELATIVE	VALEURS TYPES		PROPRIÉTÉS D'ÉROSION
			Qu (kg/cm ²)*	Valeur nette**	
Roche de fond	Roche cristalline, carbonates, grès.	Texture: ferme Masse: stratifiée et polyédrique	350 à 1,400		Très résistantes sous toutes les conditions énergétiques
	Schistes argileux	Texture: molle Masse: fissile, parfois brisée	350		Altérées dans une certaine mesure par la dessiccation due au gel et par l'action des vagues
Dépôts glaciaires (1)	Argileux	Tenaces ou très tenaces lorsque trop consolidés (faible teneur en eau)	1.0 à 4.0		Susceptibles de s'altérer lorsque humidifiés par le ruissellement de surface (ravinement, écoulement visqueux) ou sapés par l'action des vagues (glissement par gravité)
		Tendres à solides lorsque normalement consolidés (forte teneur en eau)	0.25 à 1.0		
	Limoneux Sablonneux	Denses ou très denses		>30	Susceptibles de s'altérer sous l'effet du vent, de la pluie, du ruissellement de surface, des eaux souterraines et de l'action des vagues
	Stratifiés Sablonneux et Argileux	Propriétés anisotropiques dépendantes de la composition et de la stratification	0.25 4.0	>30	Principalement susceptibles de s'altérer par infiltration des eaux souterraines suivie d'un glissement par gravité
Dépôts récents	Plage Dunes	Meubles à compactes		4 à 30	Erosifs aux talus d'équilibre et aux endroits où il y a eu compaction, principalement par la force exercée par les vagues au cours des tempêtes et par les mauvaises conditions de la nappe phréatique.
	Couche arable	Très tendre à très solide selon la composition naturelle de l'eau	0.1 à 4.0		S'érode de la même manière que les dépôts glaciaires. Les basses pentes et la végétation accroissent la résistance à l'érosion

(1) Moraine de fond et dépôts glaciolacustres.

* Force de compression illimitée.

** Test de pénétrabilité normalisé.

ANNEXE 2.2.1a

Hydrologie des Grands lacs

Élévations (en mètres) de 1860 à 1973, selon le Niveau de référence international des Grands lacs (1955)

	Lac Supérieur	Lac Michigan	Lac Huron	Lac Sainte-Claire	Lac Érié	Lac Ontario
Niveau de référence	182.88	175.81	175.81	174.26	173.31	74.01
Niveau d'eau mensuel moyen	183.00	176.39	176.39	174.68	173.86	74.61
Niveau d'eau mensuel maximum	183.51	177.38	177.38	175.64	174.81 *	75.61
Niveau d'eau mensuel minimum	182.34	175.37	175.37	173.70	172.97	73.59
Débit de sortie mensuel moyen m ³ /s	Ste-Marie 2,135	Détroit de Mackinac 1,473	Sainte-Claire 5,321	Détroit 5,349	Niagara 5,729	Saint-Laurent 6,788
Bassins hydrographiques						
Superficie des terres en km ²	130,300	118,100	134,600	14,700	62,200	74,300
Superficie de l'eau en km ²	82,300	57,800	59,600	1,200	25,700	20,100
Profondeur maximale (en mètres)	406	281	229	6	64	244
Profondeur moyenne (en mètres)	148	84	59	3	18	80

*Niveau maximum atteint in 1973

ANNEXE 2.2.1b

Répartition des types de lignes de rivage des Grands lacs.*

Classification	Total		Baie Georgienne		Lac Huron		Lac Sainte-Claire		Lac Érié		Lac Ontario	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Plage												
Barres et flèches	77.5	3.4	0	0	0.3	0.1	9.7	9.4	59.5	10.9	8	1.2
Ensemble de plage et de dunes	423.2	18.8	120.7	25.9	83.7	18.8	3.2	3.1	144.8	26.6	70.8	10.3
>10m												
Dépôts glaciaires nombreux	349.1	15.5	12.9	2.8	96.5	21.7	0	0	183.4	33.7	56.3	8.2
Escar-pa-ment												
Roche de fond élevée	156.7	7.0	156.1	33.4	0	0	0	0	0	0	0.6	0.1
>3m												
Dépôts glaciaires peu nombreux	292.8	13.0	8.0	1.7	22.5	5.0	0	0	62.8	11.5	199.5	29.0
Roche de fond faible	122.3	5.4	45.1	9.7	20.9	4.7	0	0	1.6	0.3	54.7	7.9
Plaine basse												
Dépôts glaciaires	215.8	9.7	9.7	2.1	9.7	2.2	9.7	9.4	11.3	2.1	175.4	25.5
Roche de fond	199.5	8.9	51.5	11.0	130.3	29.3	0	0	3.2	0.6	14.5	2.1
Marais littoraux	315.4	14.0	48.3	10.3	80.4	18.0	59.5	57.8	64.4	11.8	62.8	9.1
>3m												
Remblai artificiel	46.6	2.1	0	0	1.6	0.4	0	0	4.8	0.9	40.2	5.8
Régions urbaines	49.8	2.2	14.5	3.1	0	0	20.9	20.3	8.0	1.5	6.4	0.9
TOTAL	2248.7	100.0	466.6		445.7		103		543.8		688.7	

*Ligne de rivage érosive des Grands Lacs, de Port Severn (baie Georgienne) à Gananoque (lac Ontario), ne couvre que la terre ferme

ANNEXE 2.2.1c

Dimensions moyennes des particules (lignes de rivage des Grands lacs)

	Baie Georgienne		Lac Huron		Lac Sainte-Claire		Lac Érié		Lac Ontario	
	Escarpement	Plage	Escarpement	Plage	Escarpement	Plage	Escarpement	Plage	Escarpement	Plage
Échantillons prélevés (km)	-	53.6	122.9	76.9	-	30.4	188.4	139.7	91.1	43.1
de la ligne de rivage										
% de gravier	-	6.74	9.42	10.17	-	19.33	3.32	13.15	10.94	19.03
% de sable	-	91.34	36.90	86.89	-	79.62	25.75	84.32	34.36	79.52
% de limon	-	1.92	24.58	2.17	-	1.05	30.18	1.55	27.19	1.44
% d'argile	-	0.00	29.10	0.77	-	0.00	40.74	0.97	27.50	0.00
Moyenne (unités phi)*	-	1.36	5.12	1.48	-	0.55	6.73	1.13	5.05	0.81
Médiane (unités phi)	-	1.31	5.15	1.54	-	0.57	6.74	1.13	4.87	0.80
Écart type (unités phi)	-	0.84	2.80	0.94	-	1.07	2.69	0.88	3.13	0.99

*Unités phi = - log₂ (diamètre en mm)

ANNEXE 3.3

TAUX D'ÉROSION ET D'ACCUMULATION DANS LES GRANDS LACS

STATION LACUSTRE	Érosion Annuelle m ³ /m/m	Accumulation Annuelle m ³ /m/m	Érosion Annuelle nette m ³ /m/m	Accumulation Annuelle nette m ³ /m/m
LAC HURON				
H-8-110	.48	3.29		2.81
H-8-120	.66	.80		.14
H-8-145	2.87	1.53	1.34	
H-8-160	.51	.50	.01	
H-8-170	3.45	1.86	1.59	
H-9-10	.89	.42	.47	
H-9-15	1.93	.03	1.90	
H-9-30	2.16	.45	1.71	
H-9-40	.99	.49	.50	
H-10-15	.91	.52	.39	
H-10-30	.47	.23	.24	
H-10-35	1.42	0.00	1.42	
H-10-38	.85	.07	.78	
H-10-45	2.00	0.00	2.00	
H-10-55	1.71	0.00	1.71	
H-10-75	5.62	1.58	4.04	
H-10-85	3.02	-	3.02	
H-10-95	1.37	.75	0.62	
H-10-105	1.18	-	1.18	
H-10-115	1.45	.40	1.05	
LAC SAINTE-CLAIRE				
C-3-10	5.11	0.26	4.85	
C-3-20	0.00	2.49		2.49

à suivre

STATION LACUSTRE	Érosion Annuelle m ³ /m/m	Accumulation Annuelle m ³ /m/m	Érosion Annuelle nette m ³ /m/m	Accumulation Annuelle nette m ³ /m/m
LAC ÉRIE				
E-1-10	5.62	0.00	5.62	
E-1-20	.58	.41	.17	
E-1-25	0.00	2.27		2.27
E-1-27	2.12	0.00	2.12	
E-1-28	2.37	0.00	2.37	
E-1-30	26.76	0.50	26.26	
E-2-10	2.03	0.41	1.62	
E-2-20	2.51	0.00	2.51	
E-3-10	0.44	0.00	0.44	
E-3-20	5.66	0.00	5.66	
E-3-30	6.83	15.94		9.11
E-3-40	13.20	0.00	13.20	
E-4-10	35.59	0.82	34.77	
E-4-20	2.48	6.45		3.97
E-4-30	8.28	0.00	8.28	
E-5-10	0.93	0.62	0.31	
E-6-10	5.12	2.97	2.15	
LAC ONTARIO				
0-1-10	2.90	0.48	2.42	
0-1-20	2.87	2.56	0.31	
0-1-30	4.57	0.00	4.57	
0-1-40	3.83	0.08	3.75	
0-1-50				
0-1-60	5.41	0.06	5.35	
0-1-70	24.00	3.42	20.58	
0-1-80	4.65	0.00	4.65	
0-1-90	2.09	0.01	2.08	
0-1-110	7.33	0.00	7.33	
0-1-120	1.34	8.08		6.74
0-1-130	0.84	0.00	0.84	
0-1-150	0.58	0.01	0.57	
0-1-160	1.39	0.00	1.39	
0-1-170	3.67	0.09	3.58	
0-2-20	0.33	0.68		0.35
0-2-30	4.07	0.00	4.07	
0-2-40	0.04	3.35		3.31
0-2-50	0.00	1.80		1.80
0-2-60	0.52	1.89		1.37
0-3-04	1.31	0.25	1.06	
0-3-10	0.51	0.10	0.41	
0-4-20	2.28	2.97		0.69
0-6-15	0.56	0.00	0.56	
0-6-20	0.30	1.72		1.42
0-6-30	1.03	0.17	0.86	
0-6-35	0.33	0.50		0.17
0-7-10	1.81	0.38	1.43	
0-7-15	1.23	0.44	0.79	
0-7-18	0.50	0.25	0.25	
0-7-22	5.32	0.00	5.32	
0-7-25	0.65	0.00	0.65	
0-7-30	0.16	0.16	0	0
0-7-35	0.39	0.14	0.25	
0-7-40	1.07	0.68	0.39	
0-7-45	0.86	0.05	0.81	
0-8-10	2.10	5.09		2.99
0-8-20	1.92	0.00	1.92	
0-8-25	0.24	1.38		1.14
0-8-30	14.74	18.46		3.72
0-8-42	9.79	12.98		3.19
0-9-30	2.23	2.84		0.61

ANNEXE 3.4.1
SOMMAIRE DES TAUX DE REcul
LAC HURON

* L'intervalle de comparaison est toujours de 1955 à 1973,
sauf indication contraire: a = 1953 à 1973, b = 1954 à 1973.
** Dans l'atlas, on calcule les taux de recul à partir du bord de
l'eau (BE).

Mr = municipalité régionale

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Simcoe	Tay		H-1	BE			0.00 ^a	
			H-2	BE			0.30 ^a	
			H-3	BE			0.00 ^a	
		Ta-16		LHE	1858 à 1963	-0.32		
			H-4	BE			-0.05 ^a	
		Ta-15	H-4	LHE**	1858 à 1968	-0.08		
		Ta-14		LHE	1858 à 1962	0.02		
		Ta-12		LHE	1958 à 1957	-0.014		
			H-5	BE			-0.23 ^a	
		Ta-9		LHE	13 à 46	-0.50		
		Ta-8		LHE	46 à 68	-0.08		
		Ta-6		LHE	1858 à 1946	-0.11		
		Ta-4		LHE	1858 à 1969	-0.40		
		Ta-3		LHE	1858 à 1959	-0.12		
			H-6	BE			-0.24 ^a	
		Ta-2	H-6	LHE**	1858 à 1972	0.06		
		Ta-1		LHE	1858 à 1965	0.02		
	Tiny	Ti-58		LHE	51 à 72	0.07		
			H-7	BE			0.00 ^a	
		Ti-56		LHE	47 à 71	-0.07		
		Ti-52a		LHE	47 à 73	0.55		
			H-8	BE			0.15 ^a	
		Ti-51	H-8	LHE**	23 à 47	-0.24		
		Ti-50		LHE	23 à 46	0.46		
		Ti-48		LHE	46 à 61	0.00		
			H-9	BE			-0.15 ^a	
			H-10	BDE			0.00 ^a	
		Ti-42		LHE	38 à 68	-0.05		
		Ti-40		LHE	38 à 55	-0.39		
		Ti-39		LHE	38 à 70	0.08		
		Ti-38		LHE	38 à 63	0.01		
			H-11	BE			0.00 ^a	
		Ti-37	H-11	LHE**	36 à 61	-0.10		
			H-12	BE			-0.15 ^a	
			H-13	BE			-0.10 ^a	
			H-14	BE			-0.05 ^a	
			H-15	BE			0.40 ^a	
			H-16	BE			0.15 ^a	
			H-17	BE			-0.05 ^a	
		Ti-33c		LHE	38 à 63	-1.52		
		Ti-33b		LHE	38 à 63	-0.45		
		Ti-33a		LHE	38 à 63	-0.91		
			H-18	BE			0.00 ^a	
		Ti-30	H-18	LHE**	38 à 56	0.42		
		Ti-29		LHE	38 à 67	-0.30		
			H-19	BE			-0.18 ^a	
		Ti-28	H-19	LHE**	14 à 48	0.03		
		Ti-27		LHE	38 à 70	0.29		

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Simcoe	Tiny	Ti-26	H-20	LHE	23 à 71	0.00		
				BE			-0.18a	
		Ti-23	H-21	LHE	23 à 38	-0.35		
				BE			0.05a	
		Ti-22	H-21	LHE**	22 à 38	0.11		
		Ti-21b		LHE	24 à 60	0.13		
		Ti-21a		LHE	24 à 60	-0.02		
		Ti-20		LHE	22 à 73	0.05		
			H-22	BE			-0.24a	
		Ti-19	H-22	LHE**	22 à 62	-0.38		
		Ti-16	H-23	LHE**	31 à 48	0.00		
			H-23	BE			0.00a	
			H-24	BE			-0.10a	
		Ti-12	H-24	LHE**	28 à 63	0.00		
		Ti-10		LHE	38 à 69	-0.07		
		Ti-10a		LHE	46 à 69	0.16		
		H-6-80	H-25	BE			-0.40a	1.04
		Ti-6		LHE	34 à 61	-0.25		
			H-26	BE			0.64a	
		Ti-3	H-26	LHE**	21 à 38	-0.27		
		Ti-2		BE	23 à 38	-0.18		
	Flos	Ti-1		BE	38 à 70	0.15		
		F-13		LHE	21 à 38	-2.07		
		F-12	HWM	LHE	21 à 38	-0.88		
		F-11		LHE	25 à 73	0.72		
			H-27	BE			-0.15a	
		F-10	H-27	LHE**	25 à 73	0.50		
		F-9		LHE	25 à 40	0.00		
		F-8		LHE	40 à 69	0.27		
		F-7		LHE	40 à 61	0.56		
		F-6		LHE	23 à 41	0.00		
	Sunnidale	H-6-100	H-28	BE			-0.63b	2.96
		F-2		LHE**	09 à 62	-1.30		
		F-1		LHE	09 à 38	-0.43		
		Su-15		LHE	1883 à 1938	-0.19		
		Su-14		LHE	08 à 38	0.51		
		Su-13		LHE	08 à 38	0.47		
		Su-12		LHE	22 à 38	-0.16		
		Su-11		LHE	13 à 38	-0.22		
			H-29	BE			-0.05b	
		Su-8		LHE	22 à 38	-0.32		
	Nottawasaga	Su-6		LHE	23 à 38	0.12		
		Su-5		LHE	23 à 38	0.00		
			H-30	BE			0.00b	
		Su-1		BE	25 à 60	0.51		
			H-31	BE			-0.05b	
				BE			-0.16b	
		N-2	H-32	BE	48 à 73	0.48		
		N-3		BE	48 à 73	0.35		
		N-4		BE	48 à 73	0.36		
		N-5		BE	48 à 73	0.10		
			H-33	BE			0.11b	
		N-8		LHE	38 à 73	0.12		
		N-9		LHE	38 à 73	0.15		

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Simcoe	Nottawasaga	N-10	H-34	LHE	38 à 72	0.20	-0.05b	
		N-12		BE				
		N-13		LHE	53 à 69	0.21		
		N-16		LHE	53 à 69	-0.34		
		N-17		LHE	39 à 70	-1.43		
		N-18		LHE	39 à 70	-0.86		
Grey	Collingwood		H-35	LHE	39 à 70	-1.15	-0.16	
				BE				
		C-40		LHE	40 à 56	0.04	-0.05b	
		C-36		LHE	40 à 64	0.43		
			H-36	BE			0.29b	
		C-24		BE	37 à 70	0.46		
			H-37	BE			0.45b	
		C-22	H-37	LHE**	48 à 70	-0.91		
		C-20		LHE	48 à 70	-0.53	0.32b	
		C-18		LHE	48 à 65	0.27		
		C-8		LHE	38 à 68	0.57	0.26b	
		C-7		LHE	38 à 68	0.44		
	St. Vincent		H-38	BDE			-0.09b	
		C-3		LHE	54 à 73	-0.48		
			H-39	BE			0.00b	
			H-40	BDE				
			H-41	BE			-0.11b	
		VM-10	H-41	LHE**	33 à 69	-0.12		
		VM-9		LHE	33 à 66	0.10	-0.11b	
		VM-8		LHE	33 à 66	-0.02		
		VM-6		LHE	33 à 59	2.68	-0.15b	
		VM-5		LHE	33 à 59	0.50		
		VM-4		LHE	33 à 54	-0.28	0.00b	
		VM-3		LHE	33 à 54	0.13		
		VM-2		LHE	33 à 69	-0.18	1.53b	
			H-42	BE				
		V-8		LHE	42 à 60	0.05	0.00b	
		V-7		LHE	42 à 60	-0.04		
	Sydenham			LHE	42 à 60	0.05	0.00b	
				LHE	41 à 59	-0.06		
				LHE	42 à 73	0.03	0.00b	
				LHE	42 à 73	0.05		
				LHE	42 à 63	0.28	-0.11b	
			H-43	BDE				
			H-44	BDE			-0.11b	
			H-45	BDE				
		Sy-24		LHE	57 à 71	-0.04	-0.11b	
		Sy-17		LHE	54 à 69	0.03		
			H-46	BE			-0.11b	
		Sy-7	H-46	LHE**	40 à 71	0.26		
		Sy-3		LHE	21 à 64	0.10	-0.15b	
			H-47	BE				
Bruce	Amabel		H-48	BE			0.00b	4.54
		H-8-100	H-49	BE				
	Saugeen		H-50	BE			0.00b	
			H-51	BE				
		H-8-110	H-52	BE			-	0.31
			H-53	—				
		H-8-120	H-54	BE			-0.05b	-0.06
			H-55	BE				
		H-8-130	H-56	BE			-0.06	-0.61
			H-57	—				

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Bruce	Bruce Kincardine	H-8-145	H-58	BE			-0.11	-1.10
		H-8-150	H-59	BE			-0.49	-1.16
			H-60	BDE			0.00	
			H-61	BE			-0.43	
			H-62	BE			0.28	
	Huron	77		LHE	34 à 67	0.00		
		76		LHE	57 à 73	0.86		
			H-63	BE			-0.10	
		73	H-63	LHE**	34 à 73	-0.22		
		H-8-160	H-64	BE			0.00	-1.37
Huron	Ashfield		H-65	—			-	
			H-66	BE			-0.20	
			H-67	BE			0.22	
		H-8-170	H-68	BE			-0.94	1.71
			H-69	BE			-0.64	
		65	H-69	LHE**	34 à 62	-0.43		
		64		LHE	49 à 69	-0.30		
			H-70	—			-	
			H-71	—			-	
			H-72	BDE			0.00	
		63		LHE	34 à 64	0.00		
		H-9-10						
		62	H-73	BDE	34 à 70	0.49	0.22	0.05
		61		LHE	34 à 67	0.15		
			H-74	BDE			0.54	
	Colborne	60		LHE	29 à 70	0.00		
		59		LHE	34 à 73	0.14		
		58		LHE	36 à 61	0.11		
			H-75	BDE			1.47	
			H-76	BDE			0.32	
			H-77	—			-	
		53		BDE	34 à 65	0.00		
		52		BDE	53 à 73	0.00		
			H-78	BDE			0.72	
		50		LHE	35 à 58	-0.57		
			H-79	BE			-0.11	
		49	H-79	LHE**	34 à 66	-0.52		
			H-80	BE			-0.22	
		47	H-80	LHE**	34 à 55	0.00		
		46		LHE	34 à 73	0.00		
Goderich	Goderich		H-81	BDE			0.28	
		45		LHE	35 à 72	0.00		
		44	H-82	BDE	53 à 72	0.00	0.00	
		43c		LHE	55 à 70	0.00		
		42		LHE	57 à 72	0.00		
		41	H-83	BDE	35 à 73	0.00	0.00	
		40	H-84	BDE	35 à 53	0.00	0.00	
		H-9-15						
		39b	H-85	BDE	31 à 73	0.00	0.27	0.00
		39a		LHE	31 à 73	-0.15		
		38	H-86	LHE**	35 à 73	0.45		
		37		LHE	35 à 58	-0.38		
			H-87	BDE			0.75	
			H-88	—			-	
			H-89	BDE			0.00	
			H-90	BDE			0.91	
			H-91	BE			0.77	

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent				
Huron	Goderich	35	H-91	LHE**	35 à 68	-0.26	0.44	-				
		34b		LHE	49 à 73	0.06						
		34a		LHE	49 à 73	0.15						
			H-92	BDE								
		33		LHE	35 à 56	0.00						
		32		LHE	50 à 72	0.97						
		H-9-20					0.22					
		31	H-93	BDE	35 à 62	0.10						
		30		LHE	57 à 72	0.43						
			H-94	—			-					
		29b	H-94	LHE**	32 à 74	0.00	-					
		29a		LHE	32 à 74	0.00						
		28		BDE	35 à 67	0.13						
			H-95	—			-					
			H-96	—			-					
			H-97	BDE			0.00					
		26		LHE	54 à 69	0.64	0.44					
		25		BDE	35 à 69	0.00						
			H-98	BE			-1.00					
			H-99	BE								
		Huron	Stanley	24	H-99	LHE**	35 à 54		0.06	0.06	5.79	
				H-9-30	H-100	BE				1.72		
					H-101	BDE						
				22		LHE	49 à 72		0.15	-		
					H-102	—						
				21	H-102	LHE**	35 à 72		0.39			
				20	H-103	BDE	35 à 67		0.07	0.00		
					H-104	BDE				0.06		
				19		LHE	35 à 65		0.07	1.97		
					H-105	BDE						
				18		LHE	35 à 58		-0.51			
					H-106	BDE				0.89		
					H-107	—				-		
Stanley-Hay Hay	16			H-108	LHE**	35 à 57	-0.54	-				
	15			H-109	BDE	35 à 57	0.00					
				H-110	—			-				
	14			H-110	LHE**	35 à 64	-0.76	0.33				
				H-111	BDE							
	13				LHE	35 à 63	0.37	-				
	12				BDE	1900 à 1965	0.15					
	11				BDE	51 à 73	0.32					
	10				BDE	51 à 73	0.32					
				H-112	BDE			-				
				H-113	BDE			0.17				
				H-114	BE			0.55				
Stephen	8				LHE	35 à 70	0.45	1.63	0.00			
	H-9-40											
				7	H-115	BDE	35 à 70	1.05		-1.58		
				H-116	BE			0.17				
	5			H-117	BDE	35 à 66		-0.38				
				H-118	BE							
	4			H-118	LHE**	35 à 64	-2.77	0.17				
	3			H-119	BDE	31 à 70	0.00					
	2		LHE	22 à 48	-0.29							
		H-120	BE			-0.86						

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récant
Lambton	Bosanquet	1	H-120	LHE**	22 à 74	-0.70		
			H-121	BE			0.22	
		B-13		BDE	50 à 70	0.76		
			H-122	BE			-0.11	
		B-12	H-122	LHE**	37 à 69	0.13		
		B-11		LHE	37 à 63	-0.13		
		H-10-10	H-123	BE			-0.17	0.00
		H-10-15	H-124	BE			-0.17	0.00
			H-125	BE			0.00	
		Zone B		BE	51 à 69	0.42		
			H-126	BE			0.28	
		B-10	H-127	BE	53 à 72	0.18	0.67	
		H-10-18						
		B-9	H-128	BE	56 à 72	1.06	0.22	1.62
		Zone A		BE	56 à 73	1.41		
		B-7		BE	55 à 74	-0.51		
		B-6		BE	55 à 74	-0.06		
		H-10-22	H-129	BE			0.05	13.14
		H-10-25	H-130	BE			-	12.65
		H-10-30						
		B-5	H-131	BDE	30 à 74	0.00	0.00	-
		B-4	H-132	BDE	30 à 74	0.00	0.67	
		B-2	H-133	BDE	48 à 74	0.06	0.22	
			H-134	-			-	
		B-3		BDE	48 à 74	0.00		
			H-135	BDE			0.28	
	Plympton	P-11	H-136	BDE	47 à 71	0.10	0.44	
		P-10	H-137	BDE	58 à 74	0.00	0.00	
		H-10-35						
		P-9	H-138	BDE	34 à 74	0.23	0.11	0.09
		P-8	H-139	BDE	58 à 73	0.58	-	
		H-10-38	H-140	BDE			0.28	0.00
		P-7	H-141	BDE	46 à 74	0.00	0.11	
		P-6	H-142	BDE	49 à 74	0.08	0.39	
		P-5	H-143	BDE	37 à 74	0.34	0.28	
		P-4	H-144	BDE	57 à 74	0.00	0.35	
		P-3		BDE	50 à 74	0.00		
		H-10-45						
		BINGL-9	H-145	BDE	35 à 70	0.21	-	3.28
			H-146	BDE			0.05	
		P-2		BDE	20 à 74	0.00		
	Sarnia	P-1	H-147	BDE	21 à 69	0.08	-	
			H-148	BDE			0.06	
		H-10-55						
		BINGL-8	H-149	BDE	35 à 69	0.21	0.76	3.22
		S-11		BDE	47 à 74	0.46		
		H-10-65						
		BINGL-7	H-150	BDE	35 à 69	0.18	0.22	0.00
		H-10-75						
		BINGL-6	H-151	BDE	35 à 69	0.18	-	1.58
		S-10		BDE	29 à 74	0.34		
		H-10-85						
		BINGL-5	H-152	BDE	59 à 73	0.65	-	0.78
		H-10-95						
		BINGL-4	H-153	BDE	35 à 69	0.09	-	1.11
		S-9		BDE	29 à 74	0.37		

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Lambton	Sarnia	S-3		BDE	51 à 74	-0.06		
		H-10-105						
		BINGL-3	H-154	BDE	51 à 69	0.18	-	0.89
		S-4		BDE	52 à 74	0.56		
		H-10-115	H-155	BDE			0.39	0.99
		S-2	H-156	BDE	51 à 71	0.00	-	
		H-10-125						
		S-1	H-157	BDE	51 à 74	0.51	0.87	0.20

ANNEXE 3.4.2 SOMMAIRE DES TAUX DE REcul LAC SAINTE-CLAIRE

* L'intervalle de comparaison est toujours de 1955 à 1973.

** Dans l'atlas, on calcule les taux de recul à partir du bord de l'eau (BE).

Mr = municipalité régionale.

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Kent	Dover		C-1	BE			-6.83	
		9-D	C-1	LHE**	39 à 66	4.66		
		8-D		LHE	39 à 66	5.46		
			C-2	BE			-0.67	
		7-D	C-2	LHE**	39 à 66	6.04		
		6-D		LHE	39 à 66	3.96		
			C-3	BE			-0.22	
		5-D	C-3	LHE**	39 à 66	1.49		
		4-D		LHE	39 à 66	1.83		
			C-4	BE			0.00	
		3-D	C-4	LHE	39 à 66	3.00		
		2-D		LHE	39 à 66	-1.02		
			C-5	BE			0.00	
		1-D	C-5	LHE**	39 à 66	-0.89		
Essex	Tilbury North	C-3-10						
		3-Til	C-6	BE	48 à 69	-0.06	0.43	2.16
		2-Til	C-7	BE	48 à 70	0.67	0.39	
		1-Til	C-8	BE1	38 à 59	0.46	-0.06	
	Rochester	7-Ro		BDE	46 à 67	0.20		
			C-9	BE			-0.05	
		6-Ro		BE	36 à 56	0.03		
		2-Ro	C-10	BE	21 à 38	0.50	-0.22	
	Maidstone	1-Ro	C-11	BE	21 à 38	-0.09	-0.17	
		b-Ma	C-12	BE	19 à 40	0.35	-0.43	
		5-Ma	C-13	BE	27 à 59	0.40	0.31	
		3-Ma	C-14	BE	36 à 59	-0.27	-0.17	
		2-Ma	C-15	BE	18 à 69	0.15	-0.39	
		C-3-20						
		1-Ma	C-16	BE	18 à 67	-0.92	-0.20	-0.73

ANNEXE 3.4.3
SOMMAIRE DES TAUX DE REcul
LAC ÉRIÉ

* L'intervalle de comparaison est toujours de 1955 à 1973.

** Dans l'atlas, on calcule les taux de recul à partir du bord de l'eau (BE).

Mr = municipalité régionale.

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Essex	Malden	1A-M	E-1	BE	16 à 72	-0.08	-2.16	
		1B-M		BDE	16 à 36	0.54		
		E-1-4	E-2	BE			-3.27	-7.22
		5-M		BDE	24 à 71	0.46		
			E-3	BE			-0.94	
		E-1-6						
		8-M	E-4	BE	21 à 36	0.63	-0.50	1.07
		9A-M		BE	21 à 72	-0.05		
		11-M	E-5	BE	21 à 72	0.61	-0.97	
	Malden - Colchester S.	12-M		LHE**	36 à 71	0.00		
	Colchester S.	12-M	E-6	BE			-0.05	
		1B-C		BE	47 à 71	0.59		
		1C-C		BE	47 à 67	0.53		
			E-7	BE			-1.42	
		5A-C		BE	25 à 60	0.003		
		5B-C	E-8	BE	25 à 68	-0.16	-0.32	
		E-1-09	E-9	BE			-0.18	-1.19
		7B-C		BDE	46 à 69	0.20		
		7C-C		BDE	46 à 64	-0.03		
		8A-C		BDE	14 à 55	0.68		
		8B-C	E-10	BDE	14 à 65	0.21	0.63	
		E-1-10	E-11	BDE			0.16	3.98
			E-12	BE			0.06	
		12-C		BDE	25 à 72	0.34		
			E-13	BE			-0.50	
		14-C		BDE	45 à 71	0.26		
		E-1-13	E-14	BE	36 à 68	0.55	-0.44	5.76
	Gosfield S.	BINGL-115						
		15-C	E-14	BE	36 à 71	0.22		
		1A-G		LHE	22 à 73	0.17		
		1D-G		BE	36 à 71	0.92		
		2B-G		LHE	21 à 69	0.08		
		2A-G	E-15	BE	21 à 73	0.02	0.11	
			E-16	BE			0.99	
		3B-G		BE	36 à 60	-0.54		
		3A-G		BE	36 à 66	0.43		
		4-G		LHE	20 à 71	0.19		
		5C-G		BE	37 à 69	1.13		
		5B-G	E-17	BE	37 à 72	0.10	-1.70	
		5A-G		BE	37 à 73	0.07		
		6C-G		BE	36 à 73	-0.42		
		6B-G		BE	36 à 70	-0.70		
		9A-G		LHE	36 à 66	-0.36		
		9B-G		LHE	36 à 73	-0.15		
		E-1-14	E-18	BDE	36 à 66	0.26		1.22

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar. *	Récant
Essex	Gosfield S.	BINGL-114						
		9C-G	E-19	BE	20 à 36	-1.63	-5.80	
		7B-G		BDE	28 à 72	0.17		
		E-1-19	E-20	BDE	28 à 73	0.44	0.00	0.00
		7A-G						
		8B-G		BDE	34 à 68	0.38		
		E-1-20	E-21	BDE			0.00	0.11
		E-1-21	E-22	BDE	36 à 68	0.52	0.96	0.00
		BINGL-112						
	Gosfield S.- Mersea Mersea	12-G	E-23	BE	36 à 71	0.27	-0.31	
		E-1-23	E-24	BE			0.71	6.23
		1B-W-M		LHE	36 à 71	0.00		
		1C-W-M		BE	24 à 72	-0.33		
			E-25	BE			0.00	
		3C-W-M		BDE	38 à 70	0.59		
		3B-W-M		BDE	38 à 72	0.34		
		3A-W-M		LHE**	38 à 73	0.58		
		3A-W-M	E-26	BE			0.00	
		4E-W-M	E-27	BE	24 à 66	0.74	-0.44	
		4D-W-M		BE	14 à 59	0.26		
		4C-W-M		BE	14 à 72	0.06		
		4B-W-M		BE	14 à 72	0.03		
		4A-W-M	E-28	BE	14 à 69	-0.01	-0.42	
		5B-W-M		LHE	36 à 69	0.36		
		5A-W-M		BE	30 à 73	-0.56		
		E-1-25	E-29	BE	26 à 65	-0.13	0.00	-1.18
		6A-W-M						
		E-1-26	E-30	BE			-0.17	
			E-31	BE			-0.17	
		E-1-26D	E-32	BE			0.22	
		E-1-27	E-33	BE			0.27	4.24
		E-1-27A	E-34	BE			1.06	
		E-1-27B	E-35W	BE			0.00	
		E-1-27C	E-35E	BE			-1.39	
		E-1-27D	E-36	BE			-1.11	
		E-1-28	E-37	BE			0.58	-7.50
		E-1-28D	E-38	BE			-0.28	
		E-1-28H	E-39	BE			0.33	
		E-1-30	E-40	BE			0.61	6.00
			E-41	BE			-0.22	
			E-42	BE			0.04	
			E-43	BE			-0.17	
			E-44	BE			-0.14	
			E-45	BE			-0.17	
			E-46	BE			-0.17	
			E-47	BE			-0.41	
			E-48	BE			-0.97	
		E-1-17	E-49	BE				0.70
			E-50					
			E-51	BE			0.11	
		OB-E-M	E-52	BE	24 à 69	0.45	-0.28	
		OA-E-M		BDE	36 à 72	0.07		
		2C-E-M		BE	36 à 71	1.74		
		2A-E-M		BE	36 à 66	1.33		

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Essex	Mersea	3E-M	E-53	BE	21 à 36	0.82	0.05	
		3A-E-M		BE	21 à 71	0.43		
		4E-M		BE	21 à 36	0.40		
Essex-Kent	Mersea-Romney	5E-M		LHE	36 à 71	0.30		
Kent	Romney		E-54	BE			-0.11	
		1A-R		BDE	25 à 72	0.98		
		1B-R		BDE	25 à 73	0.61		
		1C-R		BDE	25 à 69	0.23		
		E-2-02	E-55	BE	36 à 64	0.57	0.00	-0.29
		1-R						
		2C-R		BDE	47 à 69	0.76		
		2B-R		BDE	47 à 69	0.81		
		2A-R		BDE	47 à 73	1.20		
		2-R	E-56	BDE	27 à 47	-0.03	1.11	
		3-R		BDE	27 à 64	0.35		
			E-57					
		BINGL-109	E-58	BDE	36 à 68	0.13	0.55	
		3A-R		BDE	25 à 71	0.25		
			E-59	BDE			0.05	
		5-R		LHE	36 à 54	0.44		
		BINGL-108	E-60	BDE	36 à 68	0.91		
		6-R		BDE	36 à 56	1.17		
		BINGL-107	E-61	BDE	36 à 70	0.04	0.27	
			E-62	BE			0.22	
		7-R		BE	36 à 71	-0.21		
	Romney - Tilbury E.	E-2-10	E-63	BDE	37 à 70	0.48	0.00	0.00
		BINGL-105						
	Tilbury E.	BINGL-104	E-64	BDE	36 à 68	0.39	0.00	
	Tilbury E.-Raleigh	BINGL-103	E-65	BDE	36 à 68	0.10		
	Raleigh	BINGL-102	E-66	BDE	36 à 68	0.14	0.38	
		BINGL-101	E-67	BDE	36 à 68	0.10	-0.38	
			E-68	BDE			0.00	
		E-2-13	E-69	BDE			0.80	
			E-70	BDE			0.43	
			E-71	BDE			0.00	
	Raleigh-Harwich	BINGL-100	E-72	BDE	36 à 68	0.36		
	Harwich	BINGL-99	E-73	BE	37 à 70	0.05	0.00	
			E-74	BE			0.10	
		E-2-16	E-75	BE				1.49
			E-76	BE			-1.22	
		E-2-18	E-77	BE			-0.47	2.23
			E-78	BE			-0.47	
	Howard	E-2-19	E-79	BE			0.06	
		E-2-20	E-80	BDE	36 à 68	0.10	0.00	
		BINGL-97						
			E-81	BE			-0.65	
			E-82					
		E-2-24	E-83	BDE			0.00	
	Howard-Orford	BINGL-96	E-84	BDE	36 à 68	0.39	0.11	

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Elgin	Orford		E-85	BE			0.00	
			E-86	BDE			0.00	
			E-87	BDE			0.00	
			E-88	BDE			0.00	
			E-89	BDE			0.39	
	Aldborough		E-90	BDE			0.00	
			E-91	BDE			0.00	
		E-3-2	E-92	BDE			0.00	
		BINGL-91	E-93	BDE	36 à 68	-0.90	0.00	
		BINGL-90	E-94	BDE	36 à 68	0.11	1.67	
	Aldborough-Dunwich	BINGL-89	E-95	BDE	36 à 68	0.26	0.00	
	Dunwich	BINGL-88	E-96	BDE	36 à 70	0.60	0.00	
			E-97	BDE				
		BINGL-86	E-98	BDE	36 à 70	2.26	0.00	
		E-3-7						
		BINGL-85	E-99	BDE	36 à 70	1.37	-0.28	0.00
			E-100	BDE			0.00	
			E-101	BDE			0.00	
		BINGL-82	E-102	BDE	37 à 70	4.67	0.00	
			E-103	BDE			1.00	
			E-104	BDE			0.00	
		E-3-10	E-105	BDE			0.00	-0.16
		Dunwich-Southwold						
	BINGL-78		E-106	BDE	37 à 68	1.02	0.00	
			E-107	BDE			2.14	
			E-108	BDE			0.55	
			E-109	BDE			0.56	
			E-110	BDE			0.00	
		Yarmouth	E-3-15	E-111	BDE		0.00	
			E-112	BDE			1.67	
			E-113	BDE			0.00	
	E-3-17		E-114	BDE		1.44	0.76	
	E-115		BDE		2.89			
		E-116	BDE		2.50			
		E-117	BDE		1.67			
	E-3-20	E-118	BDE		2.22	3.10		
	Yarmouth-Malahide	BINGL-69	E-119	BDE	36 à 70	1.61	1.67	
Malahide		E-3-23	E-120	BE	37 à 68	-1.83	-0.26	-0.61
		BINGL-68						
			E-121	BDE		0.66		
			E-122	BDE		2.78		
	E-3-25	E-123	BDE	36 à 70	2.91	2.22	0.00	
	BINGL-65							
	BINGL-64	E-124	BDE	37 à 70	2.62	1.65		
	Malahide-Bayham	BINGL-63	E-125	BDE	37 à 67	1.48	2.43	
	Bayham		E-126	BDE		0.31		
		E-3-30	E-127	BE		-1.49	7.83	
	E-3-31	E-128	BDE	37 à 70	1.93	3.29	0.64	
		BINGL-62						
		BINGL-61	E-129	BDE	37 à 70	5.61	3.97	
			E-130	BDE		3.40		

Mr ou comté	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Ville, village ou canton	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Elgin-Haldimand-Norfolk Haldimand-Norfolk	Bayham-Norfolk	E-3-40 BINGL-59	E-131	BDE	36 à 70	5.30	4.79	10.52
	Norfolk	BINGL-56	E-132	BDE	37 à 70	0.11	2.59	
			E-133	BDE			3.78	
			E-134	BDE			0.57	
			E-135	BDE			2.39	
		BINGL-54	E-136	BDE	37 à 70	2.82	3.23	
		BINGL-53	E-137	BDE	37 à 70	1.04	0.83	
			E-138	BE			-0.66	
			E-139	BE			0.00	
		E-4-10	E-140	BE			-0.44	-1.68
		E-4-21	E-141N	BE			4.83	14.87
		E-4-20	E-141S	BE			1.00	3.31
		E-4-26	E-142	BDE			0.51	
			E-143	BDE			0.06	
			E-144	BE			0.00	
			E-145	BE			0.28	
			E-146	BDE			-0.38	
			E-147	BDE			0.50	
	Nanticoke	E-4-30 BINGL-41	E-148	BDE	37 à 70	2.31	0.28	8.31
			E-149	BE			0.89	
			E-150	BDE			0.55	
			E-151	BDE				
			E-152	BDE			0.65	
			E-153	BE			0.46	-1.34
		E-4-32	E-154	BE	37 à 68	0.08	0.00	
			E-155	BDE			0.56	
			E-156	BDE			0.24	
			E-157	BDE			0.00	
			E-158	BDE			0.00	
		E-4-40	E-159	BDE			0.54	0.31
			E-160	BDE	37 à 68	0.44	0.00	
			E-161	BDE			1.01	
			E-162	BDE			0.00	
			E-163	BDE			0.00	
			E-164	BDE			0.00	
	Nanticoke-Haldimand Haldimand	BINGL-24	E-165	BDE	37 à 68	0.56	0.17	1.19
			E-166	BE			-0.21	
			E-167	BE			0.00	
			E-168	BDE			-0.17	
			E-169	BE			0.44	
			E-170	BE			0.26	
		BINGL-23	E-171	BE	37 à 68	0.56	0.61	
			E-172	BE			0.22	
			E-173	BE			0.11	
			E-174	BE			0.00	
			E-175	BE			0.10	
			E-176	BE			0.00	
	Haldimand-Dunnville	BINGL-20	E-177	BE	38 à 68	-0.06	-0.06	
			E-178	BE			0.22	
			E-179	BE			0.00	
			E-180	BDE			0.00	
			E-181	BDE			0.00	
		BINGL-18	E-182	BE	38 à 68	0.20	0.11	

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Haldimand-Norfolk	Dunnville	BINGL-15	E-183	BE	37 à 70	1.41	0.22	
			E-184	BE			0.27	
			E-185	BE			0.06	
			E-186	BE			0.00	
			E-187	BDE			0.00	
		E-5-8 BINGL-11 E-5-9	E-188	BE	37 à 70	0.38	0.28	-5.53
			E-189	BE			0.24	-0.18
			E-190	BE			0.33	
			E-191	BDE			0.42	
		E-5-10 BINGL-7	E-192	BE	37 à 68	0.38	0.00	0.12
			E-193	BE			0.00	
			E-194	BDE			0.22	
		BINGL-4	E-195	BE	37 à 70	-0.14	0.11	
			E-196	BE			0.11	
Haldimand-Norfolk-Niagara Niagara	Wainfleet	1GLLB-3 E-6-4	E-197	BE	37 à 70	-0.05	-0.24	-2.53
			E-198	BE			-0.05	
			E-199	BE			0.16	
			E-200	BE			-0.06	
	Wainfleet-Port Colborne Port Colborne	BINGL-1	E-201	BE	37 à 68	-0.13	0.16	
			E-202	BE			0.36	
			E-203	BE			-0.23	
			E-204	BE			0.39	
			E-205	BE			0.66	
	Fort Erie	E-6-10	E-206	BE			0.22	2.44
			E-207	BE			0.11	
			E-208	BE			-0.17	
			E-209	BE			0.11	
		E-6-15	E-210	BE			0.39	
			E-211	BE			0.39	

ANNEXE 3.4.4.
SOMMAIRE DES TAUX DE REcul
LAC ONTARIO

* L'intervalle de comparaison est toujours de 1954 à 1973,
sauf indication contraire: a = 1965 à 1973, b = 1953 à 1973.
Mr = municipalité régionale

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Niagara	Niagara-on-the-Lake	0-1-10	0-1	BDE			-	9.72
			0-2	BDE			1.67	
		L-1		BDE	50 à 66	0.61		
		L-2		BDE	18 à 60	0.85		
			0-3	BE			0.52	
		0-1-20	0-4	BDE			0.17	4.04
		L-3		BDE	38 à 60	3.56		
		L-4	0-5	BDE	15 à 66	1.26	0.17	
		L-5	0-6	BDE	32 à 66	1.53	0.80	2.74
		0-1-30						
			0-7	—			-	
		L-7	0-8	BDE	13 à 66	2.07	0.15	
		0-1-40	0-9	BDE			2.76	1.10
		0-1-50	0-10	BE			-3.02	1.52
			0-11	—			-	
			0-12	—			-	
		0-1-60B						
		L-9	0-13	BDE	19 à 66	2.22	0.78	3.92
		0-1-60A	0-14	BDE			1.23	4.64
			0-15	BDE			0.40	
		0-1-70	0-16	BE			0.63	10.65
	St. Catharines		0-17	BDE			0.43	
		L-10	0-18	BDE	35 à 66	0.64	0.47	
		L-12		BDE	28 à 66	0.56		
		0-1-80						
		L-13	0-19	BDE	28 à 66	0.25	0.32	1.10
		0-1-90						
		L-14	0-20	BDE	40 à 66	0.74	0.34	0.43
			0-21	BE			-0.59	
	Lincoln		0-22	BDE			0.00	
		0-1-100	0-23	BDE			1.63	0.75
		L-17	0-24	BDE	38 à 66	0.06	0.22	
		L-18		BDE	48 à 66	0.37		
			0-25	BE			0.00	
	Grimsby		0-26	BDE			0.42	
		L-19		BDE	31 à 66	1.10		
		0-1-110	0-27	BDE			0.78	4.42
		L-21		BDE	20 à 66	0.73		
		L-23	0-28	BDE	48 à 66	0.58	0.71	
		0-1-120	0-29	BE			-0.36	4.53
		L-25		BDE	50 à 66	0.19		
		0-1-130	0-30	BDE				0.00

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récant
Niagara	Grimsby	0-1-140	0-31	BDE			-	0.00
		L-28						
		0-1-150	0-32	BDE	40 à 66	0.47	-	1.61
		0-1-160						
		L-29	0-33	BDE	20 à 66	1.03	-	3.20
Hamilton-Wentworth	Stoney Creek	0-1-170	0-34	BDE			1.50	0.75
			0-35	BDE			1.99	
			0-36	BE			-0.29	
		W-1		BDE	28 à 66	0.04		
		W-2		BDE	28 à 66	0.03		
		W-3	0-37	BDE	20 à 66	0.85	0.32	
		0-2-30	0-38	BDE			-	0.49
		W-4		BDE	22 à 66	0.93		
		0-2-40	0-39	BE			0.24	-0.34
		W-5		BDE	31 à 66	0.11		
Halton	Hamilton		0-40	BE			-1.42	
		0-2-50	0-41	BE			-	-0.18
		0-2-60	0-42	BE			0.20	0.55
		0-2-70	0-43	BE			0.34	-0.58
	Burlington	0-3-2	0-44	BE			-0.07	-10.21
		0-3-4	0-45	BE			-0.07	-
		H-2	0-46	BDE	28 à 66	0.23	0.21	
			0-47	BE			0.12	
		H-4		BDE	28 à 66	0.31		
	Oakville		0-48				-	
		H-7		BDE	21 à 66	0.22		
		H-9						
		0-3-10	0-49	BDE	26 à 66	0.19	0.38	0.46
			0-50	BDE			0.17	
		H-12	0-51	BDE	22 à 66	0.40	0.00	
		0-3-20	0-52	BDE			0.05	-
			0-53	BDE			0.42	
		H-15		BDE	41 à 66	-0.64		
			0-54	-			-	
Peel	Mississauga		0-55	BDE			0.00	
			0-56	-			-	
		H-22	0-57	BDE	10 à 36	-0.12	0.02	
		H-23	0-58	BDE	17 à 66	0.47	0.60	
		P-3		BDE	22 à 66	0.04		
			0-59	-			-	
		0-4-20	0-60	BE			0.72	-7.01
		P-7		BDE	52 à 66	-0.61		
			0-61	-			-	
		P-14		BDE	1872 à 1966	0.02		
Toronto Métropolitain	Toronto		0-62	-			-	
			0-63	BE			-1.97	
			0-64	BE			0.03	
			0-65	-			-	
			0-66	-			-	
	Scarborough		0-67	BDE			0.90	
			0-68	BDE			0.36	
			0-69	BDE			1.44	
			0-70	BDE			2.04	
			0-71	BDE			0.64	
			0-72	BDE			0.00	
			0-73	BDE			0.28	
		0-6-10						

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Durham	Pickering	0-5	0-74	BDE	41 à 66	0.22	0.26	-
			0-75	—			-	
		0-6-14	0-76	BE			0.08	0.43
		0-6-15	0-77	BE			-	1.46
		0-8		BDE	14 à 66	0.21		
			0-78	BDE			0.23	
		0-6-20	0-79	BDE			0.21	0.88
			0-80	—			-	
		0-10		BDE	30 à 66	0.00		
		0-6-25	0-81	BDE			0.13	0.21
	Whitby		0-82	BE			-0.27	
			0-83	BDE			0.35	
		0-11		BDE	1899 à 1966	0.66		
		0-12		BDE	40 à 66	0.53		
		0-13	0-84	BDE	24 à 66	0.00	0.29	
		0-6-29	0-85	BDE			-	0.88
		0-6-30	0-86	BDE			-	0.00
		0-16		BDE	34 à 66	0.42		
		0-6-33						
		0-17	0-87	BDE	21 à 66	0.15	0.52	2.68
	Darlington	0-18	0-88	BDE	23 à 66	0.35	-	
		0-6-35	0-89	BE			-	0.34
			0-90	BDE			1.37	
		0-7-10						
		Du-1	0-91	BDE	15 à 68	0.73	0.41	0.61
		Du-3	0-92	BDE	30 à 66	0.34	0.00	
		0-7-15	0-93	BE			-0.79	-1.40
		Du-6		BDE	49 à 66	1.16		
		Du-9		BDE	49 à 66	0.00		
		0-7-18	0-94	BDE			0.41	0.67
	Clarke		0-95				0.41	
		0-7-22						
		Du-11	0-96	BDE	29 à 66	0.06	1.34	2.35
			0-97	—			-	
		0-7-25	0-98	BDE			0.45	0.00
			0-99	BDE			0.53	
		0-7-30	0-100	BDE			0.10	0.00
			0-101	BDE			0.24	
			0-102	BE			1.03	
		Du-19		BDE	1859 à 1966	0.00		
Northumberland	Hope	0-7-35	0-103	BDE			0.25	0.24
			0-104	BE			0.21	
		Du-21	0-105	BDE	1854 à 1967	0.29	0.05	
		Du-23		BDE	1854 à 1967	0.59		
		Du-24	0-106	BDE	1854 à 1967	0.42	0.40	
		Du-25		BDE	1854 à 1967	0.24		
		Du-26		BDE	1854 à 1967	0.00		
		Du-27		BDE	38 à 66	0.00		
		0-7-40	0-107	BDE			0.46	-
		0-7-42	0-108	BE			-0.99	-2.65
	Hamilton	0-7-45	0-109	BDE			0.11	0.03
			0-110	BE			0.11	
			0-111	BE			0.46	
		0-8-10	0-112	BE			-	-1.68
		0-8-15	0-113	BE			-	4.27
			0-114	BE			0.05	
			0-115	BDE			0.89	

Mr ou comté	Ville, village ou canton	Station de mesure de l'érosion, no de réf.	Atlas no de réf.	Réf.	Période de temps	Hist.	Taux de recul (m/an) compar.*	Récent
Northumberland	Hamilton-Haldimand	No-9		BDE	1865 à 1967	0.98		
		0-8-20	0-116	BDE			0.34	0.40
	Haldimand	0-8-25	0-117	BE			-0.28	2.33
		No-14	0-118	BDE	1874 à 1967	0.15	0.00 ^b	
			0-119	BE			0.40 ^b	
	Haldimand-Cramahe	0-8-30	0-120	BE			0.50 ^b	-3.31
		No-15		BDE	1852 à 1967	0.27		
			0-121	BE			0.00 ^b	
		No-20		BDE	28 à 67	1.16		
	Cramahe-Brighton Brighton		0-122	BDE			1.15 ^b	
			0-123	BE			0.78 ^b	
		0-8-35	0-124	BDE			-	0.76
		0-8-40	0-125	BE			0.54 ^b	0.72
			0-126	—			-	
		0-8-42	0-127	BE			0.15 ^b	19.87
		0-8-45	0-128	BE			0.16	0.46
Prince Edward	Hillier		0-129	BE			0.00 ^a	
		PE-19		BDE	51 à 67	0.15		
		PE-15		BDE	28 à 67	0.06		
	Hallowell	0-9-30	0-130	BE			0.06 ^a	-1.43
		0-9-40	0-131	BE			0.44 ^a	-
	Athol S. Marys-burgh	PE-7		BDE	52 à 67	0.00		
		PE-6		BDE	52 à 67	0.00		
Lennox et Addington	S. Fredericks-burgh	PE-5	EOB	BDE	52 à 67	0.20		
		LA-1		BDE	36 à 67	0.07		
		LA-2		BDE	36 à 67	0.12		
		LA-3		BDE	36 à 67	0.00		
		LA-4		BDE	36 à 67	0.00		
		LA-5		BDE	36 à 67	0.24		
	Île Amherst	LA-6	EOB	BDE	36 à 67	0.04		
			0-132	BE			1.04 ^b	
Frontenac	Île Simcoe Île Wolfe		0-133	BE			-0.05 ^b	
		Fr-1		BDE	48 à 67	0.76		
			0-134	BE			0.45 ^b	
			0-135	BE			0.21	
			0-136	BDE			0.00 ^b	
			0-137	BE			0.41 ^b	
			0-138	BDE			1.03 ^b	

ANNEXE 4.1.1a

Codes d'évaluation de l'utilisation des terres

Habitations - permanentes

COND	-	unité de copropriété
RBSM	-	résidentielles - plusieurs unités d'habitation
RBSU	-	résidentielle - une seule unité d'habitation
RE	-	immeuble résidentiel à la campagne (autre qu'une ferme)

Habitations - saisonnières

WFSU	-	unité de protection contre le bord de l'eau
------	---	---

Récréation (propriétés privées)

GC	-	terrain de golf - sans but lucratif
GCP	-	terrain de golf - à but lucratif
LRU	-	terrain privé de loisirs
RIRP	-	loisirs organisés par une institution religieuse
SR	-	station de villégiature

Agriculture

F	-	ferme
FBSU	-	bâtiment de ferme
FI	-	ferme - avec culture intensive
FIR	-	ferme - avec culture intensive et bâtiment

Commerce

FN	-	finances
C	-	commerce
CBSU	-	entrepôt commercial
DS	-	grand magasin
N	-	journaux
P	-	professionnel
RC	-	chaîne de commerce de détail
RCD	-	concessionnaire d'un commerce de détail
RTL	-	commerce de détail
VC	-	terrain commercial inoccupé
WSL	-	commerce de gros

Industrie

B	-	brasserie
DIA	-	distillateur - alcool industriel
DIS	-	distillateur
I	-	industriel
M	-	sol minier
SMLR	-	fonderie/usine de concentration
VI	-	terrain industriel inoccupé

Terres non aménagées

WL	-	terrain boisé
UQ	-	sol agricole - non exploité depuis deux ans
UR	-	sol agricole sous-développé
W	-	terrain détérioré
WF	-	bord de l'eau
R	-	terrain résidentiel (sans construction)

Autres

CAAT	-	collège communautaire
CH	-	organisation de charité et de philanthropie
EDN	-	écoles primaires et secondaires
DOM	-	téléphone/télégraphe
RTV	-	radio/TV
PRHP	-	hôpital - privé
PS	-	école privée
REL	-	biens religieux
RNH	-	maison de santé appartenant à des religieux
UN	-	université/collège
LCA	-	loges/clubs/associations
CP	-	terrains de stationnement
DL	-	pipelines de répartition
EP	-	stationnement du personnel
RR	-	chemin de fer
SP	-	stationnement en commun
TC	-	transport/communication

ANNEXE 4.1.1b
UTILISATION DES TERRES
(en kilomètres de ligne de rivage)

COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	HAB. PERM.	HAB. SAIS.	RÉCR.	AGRIC.	COMM.	IND.	NON- AMÉNAGÉES	AUTRES	TOTAL
SIMCOE	100.79	0.08	0	7.20	4.63	1.31	38.14	10.74	162.89
GREY	14.05	36.08	0	3.93	1.11	2.01	27.21	3.48	87.87
BRUCE	7.37	110.68	0	9.12	.95	0.13	248.53	7.60	384.38
HURON	.86	38.97	0	15.43	.26	0	17.21	2.80	75.53
LAMBTON	18.86	21.26	.68	9.11	3.94	2.11	17.56	17.14	90.66
KENT (Lac Sainte-Claire)	2.76	1.31	23.15	22.59	.05	0	2.22	0	52.08
ESSEX	91.37	.27	.40	26.04	7.24	1.01	27.64	7.76	161.73
KENT (Lac Érié)	17.96	30.87	.10	24.72	2.23	.62	26.44	5.10	108.04
ELGIN	9.11	12.56	0	52.41	1.18	0	8.46	1.55	85.27
HALDIMAND-NORFOLK	10.44	94.53	0	47.10	1.74	.02	20.54	19.36	193.73
NIAGARA	25.40	30.02	0	13.79	7.15	.70	19.19	4.66	100.91
HAMILTON-WENTWORTH	3.70	2.83	0	.66	1.49	4.12	1.52	1.67	15.99
HALTON	18.27	.48	.61	.07	1.63	1.71	2.72	1.29	26.78
PEEL	2.39	0	0	0	.09	4.49	.17	.35	7.49
TORONTO MÉTRO.	11.90	.10	.58	0	0.96	1.46	1.17	1.43	17.60
DURHAM	5.24	2.83	0	23.23	.46	.67	4.69	4.12	41.24
NORTHUMBERLAND	15.00	23.98	0	44.33	.26	.43	11.22	3.82	99.04
HASTINGS	8.54	2.70	0	8.24	2.56	5.46	3.19	2.84	33.53
PRINCE EDWARD	38.78	48.09	0	170.95	2.72	2.53	52.18	8.78	324.03
LENNOX ET ADDINGTON	23.54	38.72	.67	86.90	1.56	.69	21.20	.59	173.87
FRONTENAC	20.32	36.95	0	142.80	3.02	.09	20.14	2.50	225.82
LEEDS	20.36	71.35	0	28.78	3.92	.30	26.28	2.93	153.92
GRENVILLE	8.00	6.03	0	4.30	.95	3.36	2.75	1.16	26.55
DUNDAS	.84	0	0	0	0	5.83	.35	2.94	9.96
STORMONT	1.02	0	0	.46	.27	.37	.58	1.47	4.17
GLENGARRY	7.74	9.60	.26	12.09	2.61	0	3.72	2.60	38.62
TOTAL	484.61	620.29	26.45	754.25	52.98	39.42	605.02	118.68	2701.70

ANNEXE 4.1.1c
RÉPARTITION DE L'UTILISATION DES TERRES

COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	HAB. PERM. %	HAB. SAIS. %	RÉCR. %	AGRIC. %	COMM. %	IND. %	NON- AMÉNAGÉES %	AUTRES %	TOTAL %
SIMCOE	21	-	-	1	9	3	6	9	6
GREY	3	6	-	1	2	5	5	3	3
BRUCE	1	18	-	1	2	-	41	7	14
HURON	-	6	-	2	-	-	3	2	3
LAMBTON	4	3	3	1	7	5	3	15	3
KENT (Lac Sainte-Claire)	1	-	88	3	-	-	-	-	2
ESSEX	19	-	2	3	14	3	5	7	6
KENT (Lac Érié)	4	5	-	3	4	2	4	4	4
ELGIN	2	2	-	7	2	-	1	1	3
HALDIMAND-NORFOLK	2	15	-	6	3	-	3	16	7
NIAGARA	5	5	-	2	14	2	3	4	4
HAMILTON-WENTWORTH	1	-	-	-	3	10	-	2	1
HALTON	4	-	2	-	3	4	-	1	1
PEEL	-	-	-	-	-	11	-	-	-
TORONTO MÉTRO	2	-	2	-	2	4	-	1	1
DURHAM	1	1	-	3	1	2	1	4	2
NORTHUMBERLAND	3	4	-	6	-	1	2	3	4
HASTINGS	2	-	-	1	5	14	1	2	1
PRINCE EDWARD	8	8	-	23	5	6	9	7	12
LENNOX ET ADDINGTON	5	6	2	12	3	2	4	1	6
FRONTENAC	4	6	-	19	6	-	3	2	8
LEEDS	4	12	-	4	7	1	4	3	6
GRENVILLE	2	1	-	-	2	9	1	1	1
DUNDAS	-	-	-	-	-	15	-	2	-
STORMONT	-	-	-	-	1	1	-	1	-
GLENGARRY	2	2	1	2	5	-	1	2	2
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ANNEXE 4.1.2a
Droits de propriété
(en kilomètres de ligne de rivage)

COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	FÉD- ÉRAL	PROV- INCIAL	MUNI- CIPAL	TOTAL PUBLIC	TOTAL PRIVÉ	ÉTRANGER	TOTAL LIGNE DE RIVAGE
SIMCOE	0.84	9.13	27.24	37.21	162.89	2.49	200.10
GREY	18.90	1.96	15.72	36.58	87.87	4.34	124.45
BRUCE	13.40	47.26	45.53	106.19	384.38	98.61	490.57
HURON	0.21	3.39	3.79	7.39	75.53	15.65	82.92
LAMBTON	6.97	18.29	22.95	48.21	90.66	12.23	138.87
KENT (Lac Sainte-Claire)	0	0	2.32	2.32	52.08	21.71	54.40
ESSEX	22.17	8.47	7.94	38.58	161.73	66.09	200.31
KENT (Lac Érié)	0.51	1.48	6.53	8.52	108.04	25.28	116.56
ELGIN	0.04	3.50	1.41	4.95	85.27	2.65	90.22
HALDIMAND-NORFOLK	9.78	7.91	11.98	29.67	193.73	8.14	223.40
NIAGARA	3.15	40.28	16.78	60.21	100.91	28.59	161.12
HAMILTON-WENTWORTH	4.37	1.42	5.14	10.93	15.99	.03	26.92
HALTON	2.14	.94	6.49	9.57	26.78	.06	36.35
PEEL	2.11	3.01	2.11	7.23	7.49	0	14.72
TORONTO MÉTRO	.74	5.83	22.65	29.22	17.60	0	46.82
DURHAM	1.47	14.26	7.95	23.68	41.24	0.06	64.92
NORTHUMBERLAND	.92	6.21	7.86	14.99	99.04	1.24	114.03
HASTINGS	26.12	0.30	8.17	34.59	33.53	.02	68.12
PRINCE EDWARD	6.78	12.44	6.76	25.98	324.03	13.98	350.01
LENNOX ET ADDINGTON	.03	3.26	24.65	27.94	173.87	4.34	201.81
FRONTENAC	6.78	6.71	8.93	22.42	225.82	19.53	248.24
LEEDS	11.63	14.28	3.35	29.26	153.92	48.79	183.18
GRENVILLE	4.94	19.66	1.57	26.17	26.55	.76	52.72
DUNDAS	15.79	37.02	6.22	59.03	9.96	.03	68.99
STORMONT	53.17	111.10	1.92	166.19	4.17	0	170.36
GLENGARRY	.07	.02	.95	1.04	38.62	.99	39.66
TOTAL	213.03	378.13	276.91	868.07	2701.70	375.61	3569.77

ANNEXE 4.1.2b
Répartition des droits de propriété
(Secteurs étudiés)

COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	FÉD %	PROV %	MUN %	PUBLIC %	PRIVÉ %	ÉTRANGER %	TOTAL DE LA LIGNE DE RIVAGE %
SIMCOE	-	2	10	4	6	1	6
GREY	9	1	6	4	3	1	3
BRUCE	6	12	17	12	14	26	14
HURON	-	1	1	1	3	4	2
LAMBTON	3	5	8	6	3	3	4
KENT (Lac Sainte-Claire)	-	-	1	-	2	6	2
ESSEX	11	2	3	4	6	18	6
KENT (Lac Érié)	-	-	2	1	4	7	3
ELGIN	-	1	1	1	3	1	3
HALDIMAND-NORFOLK	5	2	4	4	7	2	6
NIAGARA	2	11	6	7	4	8	5
HAMILTON-WENTWORTH	2	-	2	1	1	-	1
HALTON	1	-	2	1	1	-	1
PEEL	1	1	1	1	-	-	-
TORONTO MÉTRO	-	2	8	3	1	-	1
DURHAM	1	4	3	3	2	-	2
NORTHUMBERLAND	-	2	3	2	4	-	3
HASTINGS	12	-	3	4	1	-	2
PRINCE EDWARD	3	3	2	3	12	4	10
LENNOX ET ADDINGTON	-	1	9	3	6	1	6
FRONTENAC	3	2	3	3	8	5	7
LEEDS	6	4	1	3	6	13	5
GRENVILLE	2	5	1	3	1	-	1
DUNDAS	8	10	2	7	-	-	2
STORMONT	25	29	1	19	-	-	4
GLENGARRY	-	-	-	-	2	-	1
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

ANNEXE 4.1.2c
Propriétés publiques

<u>COMTÉ OU RÉGION</u>	<u>PUBLIQUES</u>	<u>PRIVÉES</u>	<u>COMTÉ OU RÉGION</u>	<u>PUBLIQUES</u>	<u>PRIVÉES</u>
SIMCOE	19	81	PEEL	49	51
GREY	29	71	TORONTO MÉTROPOLITAIN	62	38
BRUCE	22	78	DURHAM	30	70
HURON	8	92	NORTHUMBERLAND	7	93
LAMBTON	34	64	HASTINGS	50	50
KENT (Lac Sainte-Claire)	5	95	PRINCE EDWARD	7	93
ESSEX	18	82	LENNOX ET ADDINGTON	15	85
KENT (Lac Érié)	6	94	FRONTENAC	9	91
ELGIN	6	94	LEEDS	15	85
HALDIMAND-NORFOLK	14	86	GRENVILLE	49	51
NIAGARA	37	63	DUNDAS	85	15
HAMILTON-WENTWORTH	41	59	STORMONT	97	3
HALTON	26	74	GLENGARRY	2	98

ANNEXE 4.1.3
Valeur des propriétés riveraines

<u>COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE</u>	<u>VALEUR TOTALE (\$)</u>	<u>BORDURE TOTALE (km)</u>	<u>VALEUR MOYENNE (\$/km)</u>	<u>VALEUR CÔTISÉE OU MARCHANDE</u>
SIMCOE	36,623,464	200.10	183,026	C
GREY	42,995,399	124.45	345,483	M
BRUCE	48,234,087	490.57	98,322	M
HURON	36,941,011	82.92	445,501	M
LAMBTON	112,624,550	138.87	811,007	M
KENT (Lac Sainte-Claire)	8,632,703	54.40	158,689	M
ESSEX	180,047,409	200.31	898,843	M
KENT (Lac Érié)	35,648,633	116.56	305,839	M
ELGIN	9,541,305	90.22	105,755	M
HALDIMAND-NORFOLK	25,338,815	223.40	113,423	C
NIAGARA	73,358,127	161.12	455,301	M
HAMILTON-WENTWORTH	182,180,090	26.92	6,767,462	M
HALTON	81,653,429	36.35	2,246,311	M
PEEL	48,887,293	14.72	3,321,147	C
TORONTO MÉTROPOLITAIN	198,102,443	46.82	4,231,150	C & M
DURHAM	23,536,703	64.92	362,549	C & M
NORTHUMBERLAND	16,465,501	114.03	144,396	C & M
HASTINGS	10,824,561	68.12	158,904	C & M
PRINCE EDWARD	30,723,097	350.01	87,777	C & M
LENNOX ET ADDINGTON	9,627,240	201.81	47,704	C
FRONTENAC	62,561,409	248.24	252,020	M
LEEDS	6,218,710	183.18	33,948	C
GRENVILLE	5,304,920	52.72	100,624	C
DUNDAS	540,033	68.99	7,828	C
STORMONT	3,086,371	170.36	18,117	C
GLENGARRY	1,858,648	39.66	46,864	C
TOTAL	1,291,555,951	3,569.77	361,804	

ANNEXE 4.2.1a
SOMMAIRE DES DOMMAGES AUX RIVES

LAC HURON						
COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	CANTON, VILLE OU VILLAGE	LONGUEUR DE LA LIGNE DE RIVAGE (km)	VALEUR TOTALE DES DOMMAGES AUX RIVES (\$)	DOMMAGES AUX RIVES (\$/km)	DOMMAGES IMMÉDIATS POSSIBLES (\$)	DOMMAGES IMMÉDIATS POSSIBLES (\$/km)
SIMCOE	Tay	73.84	184,264	2,495	5,650	77
	Tiny	88.94	77,580	872	13,200	148
	Flos	4.84	23,185	4,790	3,000	620
	Sunnidale	7.34	27,639	3,766	42,650	5,811
	Nottawasaga	25.14	86,953	3,459	18,000	716
GREY	Collingwood	21.47	20,260	944	1,800	84
	St. Vincent	31.17	14,760	474	19,400	622
	Sydenham	19.87	61,205	3,080	47,933	2,412
	Sarawak	20.37	52,809	2,592	22,200	1,090
	Keppel	31.57	19,235	609	5,650	179
BRUCE	Albemarle	87.33	2,130	24	-	-
	Eastnor	77.13	500	6	-	-
	Lindsay	68.93	-	-	-	-
	St. Edmunds	131.73	-	-	-	-
	Amabel	31.93	26,417	827	7,000	219
HURON	Saugeen	38.23	45,247	1,184	600	16
	Bruce	24.93	16,792	674	5,500	221
	Kincardine	15.43	37,601	2,437	52,021	3,371
	Huron	14.93	31,961	2,141	10,250	687
	Ashfield	22.80	109,793	4,815	41,495	1,820
	Colborne	11.12	21,477	1,931	4,400	396
	Goderich	20.00	25,361	1,268	-	-
	Stanley	13.10	37,035	2,827	21,675	1,655
	Hay	13.00	91,683	7,053	15,400	1,185
	Stephen	2.90	923	318	-	-
LAMBTON	Bosanquet	38.62	445,614	11,538	161,600	4,184
	Plympton	15.70	174,394	11,108	20,200	1,287
	Sarnia	17.00	838,293	49,311	9,000	529
TOTAL		969.36	2,473,111	2,511	528,624	545

LAC SAINT-CLAIRE

KENT ESSEX	Dover	45.60	117,816	2,584	28,088	616
	Tilbury N.	12.59	910,105	72,287	230,656	18,321
	Rochester	9.99	895,023	89,592	443,693	44,414
	Maidstone	13.87	1,511,389	108,968	1,244,153	89,701
	Windsor	11.05	785,518	71,088	500,689	45,311
TOTAL		93.10	4,219,851	45,326	2,447,279	26,287

ANNEXE 4.2.1a (suite)
SOMMAIRE DES DOMMAGES AUX RIVES
LAC ÉRIÉ

COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	CANTON, VILLE OU VILLAGE	LONGUEUR DE LA LIGNE DE RIVAGE (km)	VALEUR TOTALE DES DOMMAGES AUX RIVES (\$)	DOMMAGES AUX RIVES (\$/km)	DOMMAGES IMMÉDIATS POSSIBLES (\$)	DOMMAGES IMMÉDIATS POSSIBLES (\$/km)
ESSEX	Windsor et Sandwich Ouest	14.91	156,050	10,466	68,240	4,577
	Anderdon	9.71	103,299	10,638	27,640	2,847
	Malden	17.21	570,063	33,123	167,501	9,733
	Colchester S.	16.31	462,705	28,369	124,848	7,655
	Gosfield S.	16.41	552,904	33,693	165,975	10,114
	Mersea	38.21	529,803	13,866	178,002	4,659
KENT	Pelee	33.60	228,563	6,802	13,680	407
	Romney	23.16	148,724	6,422	-	-
	Tilbury E.	5.74	18,927	3,297	-	-
	Raleigh	16.44	-	-	-	-
	Harwich	49.24	608,451	12,357	262,118	5,323
	Howard	11.64	15,654	1,345	-	-
	Orford	10.34	-	-	-	-
	Aldborough	18.17	-	-	-	-
	Dunwich	18.17	-	-	-	-
	Southwold	10.27	21,119	2,056	2,000	195
	Yarmouth	15.57	17,474	1,122	-	-
	Malahide	14.97	36,704	2,452	-	-
	Bayham	13.07	12,680	970	10,908	835
HALDIMAND- NORFOLK	Norfolk	113.24	340,820	3,010	96,909	856
	Delhi	20.12	111,327	5,533	29,743	1,478
	Nanticoke	36.14	357,051	9,880	147,954	4,094
	Haldimand	23.44	159,209	6,792	11,829	505
	Dunnville	30.46	68,126	2,237	15,104	496
NIAGARA	Wainfleet	16.54	63,485	3,838	1,750	106
	Port Colborne	17.24	16,348	948	-	-
	Fort Érié (à Pembouchure)	24.34	164,059	6,740	-	-
TOTAL		634.66	4,763,545	7,506	1,324,201	2,086

ANNEXE 4.2.1a (suite)
SOMMAIRE DES DOMMAGES AUX RIVES
LAC ONTARIO

COMTÉ OU MUNICIPALITÉ RÉGIONALE	CANTON, VILLE OU VILLAGE	LONGUEUR DE LA LIGNE DE RIVAGE (km)	VALEUR TOTALE DES DOMMAGES AUX RIVES (\$)	DOMMAGES AUX RIVES (\$/km)	DOMMAGES IMMÉDIATS POSSIBLES (\$)	DOMMAGES IMMÉDIATS POSSIBLES (\$/km)
NIAGARA	Niagara-on-the-Lake	10.87	213,417	19,634	56,475	5,195
	St. Catharines	13.46	153,767	11,424	69,720	5,180
	Lincoln	15.68	187,531	11,960	29,331	1,871
	Grimsby	9.08	93,742	10,324	64,066	7,056
HAMILTON- WENTWORTH HALTON	Stoney Creek	10.06	130,418	12,964	81,132	8,065
	Hamilton	16.86	47,123	2,795	-	-
	Burlington	20.25	191,323	9,448	61,306	3,027
	Oakville	16.10	516,488	32,080	62,830	3,902
PEEL TORONTO MÉTROPOLITAIN	Mississauga	14.72	532,757	36,193	43,397	2,948
	Etobicoke	8.86	165,333	18,661	25,693	2,900
	Toronto	19.98	420,570	21,050	13,160	659
	Scarborough	17.98	-	-	-	-
DURHAM	Pickering	17.30	84,963	4,911	13,535	782
	Whitby	16.70	16,600	994	6,400	383
	Darlington	15.60	7,078	454	-	-
	Clarke	15.32	100	7	5,000	326
NORTHUMBERLAND	Hope	16.00	6,499	406	5,780	361
	Hamilton	15.90	54,986	3,458	-	-
	Haldimand	17.00	7,035	414	-	-
	Cramahe	11.50	52,964	4,606	15,582	1,355
	Brighton	36.83	43,347	1,177	14,220	386
	Murray	16.80	24,255	1,444	7,610	453
	Sidney	19.34	2,048	106	-	-
HASTINGS	Thurlow	22.54	3,548	157	-	-
	Tyendinaga	26.24	20,430	779	-	-
	Ameliasburgh	52.52	2,400	46	2,330	40
	Hillier	43.36	3,875	89	4,700	-
	Hallowell	24.20	-	-	-	-
	Athol	43.97	2,686	61	-	-
	Marysburgh S.	63.52	2,523	40	-	-
PRINCE EDWARD	Marysburgh N.	54.22	54,206	1,000	6,960	128
	Sophiasburgh	68.22	61,629	903	900	13
	Richmond	12.39	-	-	2,400	194
	Fredericksburgh N.	-	-	-	-	-
	North	33.59	253	8	-	-
	Adolphustown	49.29	4,752	96	3,294	67
	Fredericksburgh S.	-	-	-	-	-
LENNOX ET ADDINGTON	South	40.39	1,876	46	850	21
	Ernestown	20.93	38,680	1,848	24,685	1,179
	Île Amherst	45.22	-	-	-	-
	Kingston	22.73	77,002	3,388	100	4
	Île Howe	47.08	4,740	101	-	-
	Île Wolfe	143.11	10,007	70	-	-
	-	-	-	-	-	-
TOTAL		1,061.96	3,240,951	3,052	621,456	585

ANNEXE 4.2.1b
RÉPARTITION PAR LAC DES DOMMAGES AUX RIVES
(de novembre 1972 à novembre 1973)

	Lac Ontario	Lac Érié	Lac Sainte-Claire	Lac Huron	Total
DOMMAGES AUX:					
Anciens ouvrages de protection (construits avant novembre 1972 et non réparés)	\$ 199,048	\$ 404,094	\$ 778,231	\$ 263,059	\$ 1,644,432
Ouvrages de protection nouveaux (construits après novembre 1972 et non réparés)	86,908	51,947	55,043	3,180	197,078
Ouvrages maritimes	520,267	139,838	279,076	142,855	1,082,036
Bâtiments	391,762	1,659,924	1,147,325	192,039	3,391,050
Contenus	77,292	131,221	283,767	97,046	589,326
Régions paysagées	<u>213,132</u>	<u>502,899</u>	<u>285,861</u>	<u>83,311</u>	<u>1,085,203</u>
VALEUR TOTALE DES DOMMAGES À LA PROPRIÉTÉ	1,488,409	2,889,923	2,829,303	781,490	7,989,125
Coût des ouvrages de protection construits entre novembre 1972 et novembre 1973	<u>1,752,542</u>	<u>1,873,622</u>	<u>1,390,548</u>	<u>1,691,621</u>	<u>6,708,333</u>
COÛT TOTAL des dommages aux rives	\$3,240,951	\$4,763,545	\$4,219,851	\$2,473,111	\$14,697,458

ANNEXE 5.1.1
ÉVALUATION DES COÛTS DE RÉALISATION D'UNE PROTECTION À LONG TERME DES RIVES

Comté ou municipalité régionale	Bordure totale (km)	Valeur foncière totale (\$)	Évaluation du coût de la protection à long terme (\$)
Simcoe	200.10	36,623,464	57,428,700
Grey	124.45	42,995,399	35,717,150
Bruce	490.57	48,234,087	140,793,590
Huron	82.92	36,941,011	23,798,040
Lambton	138.87	112,624,550	39,855,690
Kent (Sainte-Claire)	54.40	8,632,703	15,612,800
Essex	200.31	180,047,409	57,488,970
Kent (Iac Érié)	116.56	35,648,633	33,452,720
Elgin	90.22	9,541,305	25,893,140
Haldimand-Norfolk	223.40	25,338,815	64,115,800
Niagara	161.12	73,358,127	46,241,440
Hamilton-Wentworth	26.92	182,180,090	7,726,040
Halton	36.35	81,653,429	10,432,450
Peel	14.72	48,887,293	4,224,640
Toronto Métropolitain	46.82	198,102,443	13,437,340
Durham	64.92	23,536,703	18,632,040
Northumberland	114.03	16,465,501	32,726,610
Hastings	68.12	10,824,561	19,550,440
Prince Edward	350.01	30,723,097	100,452,870
Lennox et Addington	201.81	9,627,240	57,919,470
Frontenac	248.24	62,561,409	71,244,880
Leeds	183.18	6,218,710	52,572,660
Grenville	52.72	5,304,920	15,130,640
Dundas	68.99	540,033	19,800,130
Stormont	170.36	3,086,371	48,893,320
Glengarry	39.66	1,858,648	11,382,420
TOTAL	<u>3,569.77</u>	<u>1,291,555,951</u>	<u>1,024,523,990</u>

Bibliographie

- Caldwell, J.M.; 1966, *Coastal Processes and Beach Erosion*, Jour. ASCE vol. 55, no 2, pp. 142 à 157.
- Coakley, J.P. et Cho, H.K.; 1972, *Shore Erosion in Western Lake Erie, Proc. 15th Conference on Great Lakes Research*, pp. 344 à 360.
- Duane, D.B.; 1972, *Shelf Sediment Transport: Process and Pattern*, présenté à l'assemblée annuelle du *Geological Society of America*.
- Freeman, N.G. et Haras, W.S.; 1972, *Ce que vous avez toujours voulu savoir au sujet du niveau de l'eau des Grands lacs*, brochure du ministère fédéral de l'Environnement.
- Commission mixte internationale; 1973, *Régularisation des eaux des Grands lacs*, soumis par le Bureau international du niveau des Grands lacs.
- Langford, G.B.; 1952, *Report on Lakeshore Erosion, Department of Planning and Development*, Toronto.
- MTRCA; 1972, *Erosion Abatement Study, Crescentwood Section, Scarborough Bluffs*, Rapport SM 72-1.
- Ontario Planning Act*; Revised Statutes of Ontario, 1970, maintenant administrée par le ministère du Trésor, de l'Économie et des Affaires intergouvernementales.
- Quigley, R.M. et Dreimanis, A.; 1972, *Weathered Interstitial Green Clay at Port Talbot, Ontario*, Canadian Journal of Earth Sciences, août 1972.
- Quigley, R.M. et Tutt, D.B.; 1968, *Stability of Lake Erie North Shore Bluffs, Proc. 11th Conference on Great Lakes Research*, pp. 230 à 238.
- SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment); 1975, *Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures*.
- U.S. Army Corps of Engineers; 1973, *Shore Protection Manual*, U.S. Army Coastal Engineering Research Centre.

