# ES 003

ETUDE DES PHENOMENES D'EROSION ET DEPOTS DE SURFACE DANS LA REGION DE BAIE SAINT-PAUL, SAINT-URBAIN, COMTE DE CHARLEVOIX

Documents complémentaires

*Additional Files*





Licence



*License*

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources naturelles
Québec

MINISTÈRE DES RICHESSES-NATURELLES DU QUÉBEC

L'honorable Paul-E. Allard, ministre

DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES

ÉTUDE SPÉCIALE 3

Étude des phénomènes d'érosion
et des dépôts de surface
dans la

# RÉGION DE BAIE-SAINT-PAUL - SAINT-URBAIN

Comté de Charlevoix

par

Jean-Yves Chagnon

SERVICE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE

QUÉBEC
1969

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DU QUÉBEC

L'honorable Paul-E. Allard, ministre

DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES

ÉTUDE SPÉCIALE 3

Étude des phénomènes d'érosion
et des dépôts de surface
dans la

# RÉGION DE BAIE-SAINT-PAUL - SAINT-URBAIN

Comté de Charlevoix

par

Jean-Yves Chagnon

SERVICE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE

QUÉBEC
1969

# Préface

La géologie des dépôts de surface dans la région de Baie St-Paul - St-Urbain, comté de Charlevoix, est présentée dans ce rapport, avec une étude complémentaire des phénomènes d'érosion sur le parcours de la rivière du Gouffre.

Les effets de l'érosion sont très prononcés dans la vallée de la rivière du Gouffre. Les glissements de terrain, phénomènes de solifluxion, de reptation et d'érosion des berges, sont communs et la rivière cause des dommages considérables aux fermes riveraines. Des méthodes correctives applicables à ces phénomènes sont proposées et expliquées.

P.-E. Grenier,

directeur des Services géologiques.

TABLE DES MATIERES


| | Page |
|---|---|
| Préface | I |
| Introduction | 1 |
| Topographie | 2 |
| Drainage | 2 |
| Formations rocheuses | 4 |
| Dépôts de surface | 4 |
| Tableau des formations | 5 |
| Description des dépôts | 5 |
| Dépôts glaciaires | 5 |
| Dépôts de la mer Champlain | 6 |
| Argile | 6 |
| Sable-gravier | 8 |
| Fossiles | 10 |
| Lac allongés, crêtes de sable | 10 |
| Dépôts de plaine alluviale | 10 |
| Terrasses | 11 |
| Terrassettes | 14 |
| Erosion et glissements de terrain | 14 |
| 1- Phénomènes causés par la rivière | 16 |
| 2- Phénomènes attribuables à l'eau de ruissellement | 16 |
| Distribution | 20 |
| Travaux correctifs | 26 |
| Suggestions | 27 |
| Travaux remédiateurs | 28 |
| Conclusions | 29 |
| Bibliographie | 30 |
| Index alphabétique | 31 |


Figures


| | |
|---|---|
| 2 - Zone de glissements | 21 |
| 3 - " " | 22 |
| 4 - " " | 23 |
| 5 - " " | 24 |
| 6 - " " | 25 |

## Cartes

Carte No 1620 - Région de Baie Saint-Paul - Saint-Urbain (en pochette)

Figure 1 (B-872) - Coupes verticales de la vallée de la rivière du Gouffre (en pochette)

## Planches

| | | Page |
|---|---|---|
| I - A) | Terrasses, côté est de la vallée de la rivière du Gouffre | 3 |
| B) | Terrasse inclinée, rive est de la rivière du Gouffre | |
| II - A) | Déformation intraformationnelle. Matériel glaciaire | |
| B) | Accumulation deltaïque, rive ouest de la rivière du Gouffre | 7 |
| III - A) | Couches de sable et d'argile | |
| B) | Lentilles d'argile et de silt entre les couches de sable | 9 |
| IV - | Région de Baie-Saint-Paul (vue aérienne) | 12 |
| V - | Région au sud de Saint-Urbain (vue aérienne) | 13 |
| VI - A) | Zone de glissement sur la rive est de la rivière du Gouffre | 15 |
| B) | Même endroit, vue de plus près | |
| VII - A) | Affaissement, rive sud de la rivière de la Mare | 18 |
| B) | Glissement très récent au même endroit | |
| VIII - A) | Zone de glissement au nord de Saint-Urbain | |
| B) | Même endroit, vue de plus près | 19 |

# Etude des phénomènes d'érosion et des dépôts de surface

# dans la

# Région de Baie-Saint-Paul - Saint-Urbain

# Comté de Charlevoix

par

Jean-Yves Chagnon

## INTRODUCTION

La région de Baie-Saint-Paul - Saint-Urbain, cartographiée durant l'été de l'an 1965, est limitée par les latitudes 47°25' et 47°37' et par les longitudes 70°25' et 70°35'. L'effort principal du travail a toutefois été concentré dans la région de la vallée de la rivière du Gouffre, le reste de la carte n'étant examiné que sommairement. Le centre de la région est situé à environ 65 milles de Québec. Les routes principales Nos 15A et 56, auxquelles se rattachent de nombreuses voies secondaires, donnent accès à la majeure partie de la région. Le but immédiat de l'étude était la mise en carte des dépôts de surface afin de faciliter les études subséquentes des phénomènes d'érosion et des travaux remédiateurs sur le parcours de la rivière du Gouffre. Cette rivière cause des dommages considérables aux terrains et est une source d'ennuis constants pour les cultivateurs.

Au cours de cette étude, nous avons examiné les berges de la rivière et des ruisseaux, les sablières et gravières, les fossés, les tranchées d'aqueduc et les coupes de chemins. De plus, nous avons creusé quelques trous à une profondeur de 3 pieds à l'aide d'une tarière de 6 pouces de diamètre.

En général, les dépôts tels que représentés sur la carte sont ceux qu'on trouve à 3 pieds de la surface. Toutefois, ne connaissant pas l'épaisseur des couches, nous ne pouvons prétendre qu'ils sont représentés partout avec exactitude. A quelques endroits, les coupes de terrain sont très considérables et nous pouvons alors y voir l'épaisseur exacte des couches.

Il est très difficile d'établir une carte précise des dépôts meubles car ceux-ci sont souvent remaniés. Ainsi, on trouve un peu partout des couches de sable dont l'épaisseur varie de 1 pied à 5 pieds. Ces couches ne sont pas continues à cause de l'irrégularité de la surface actuelle du terrain et de la surface sur laquelle elles reposent. De plus, les formations sont fréquemment déplacées par des glissements de terrain et les matériaux sont redistribués par les cours d'eau. Il est donc difficile de cartographier exactement les dépôts de surface. De ceci, il découle que les lignes de contact, telles que présentées sur la carte, délimitent plus une distribution des dépôts qu'une détermination exacte de leur nature. Ainsi, là où le sable est indiqué, on peut également trouver de l'argile, mais c'est le sable qui prédomine.

Nous avons indiqué ici et là sur la carte des affleurements rocheux. Nous n'avons pas distingué les divers types de roche et n'avons pas indiqué tous les affleurements. Seuls les endroits où ils ont été observés et où ils peuvent être décelés sur les photographies aériennes sont marqués.

## TOPOGRAPHIE

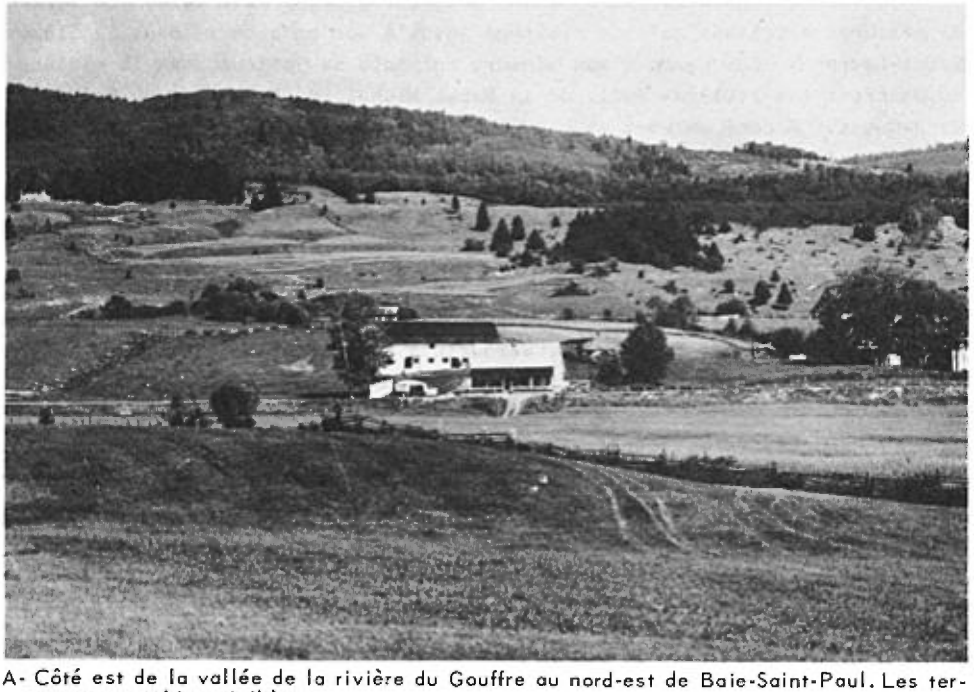
La région de Baie-Saint-Paul - Saint-Urbain est située en partie dans les Basses-Terres du Saint-Laurent et en partie dans la région du Plateau laurentien. Près du fleuve et à certains endroits dans la vallée de la rivière du Gouffre, on observe des affleurements de roches sédimentaires paléozoïques légèrement plissées. En général, les assises rocheuses sont constituées de formations appartenant au Précambrien. Les eaux de la mer Champlain ont recouvert la région, pendant et après le retrait de la calotte glaciaire, tard au cours du Pléistocène. Les sédiments déposés par cette inondation forment une partie importante du sujet de cette étude. Ils ne sont pas répandus uniformément dans la région, mais sont distribués le long de la vallée de la rivière du Gouffre entre le niveau de la rivière et la cote de 560 pieds.

La région est très accidentée et le relief maximum est de 1,950 pieds, le relief général étant d'environ 1,100 pieds. Dans la vallée de la rivière, le relief est moins accentué et la surface est légèrement mamelonnée. La vallée est large de 3.8 milles à l'embouchure et de 0.5 mille à l'extrémité nord de la région. Longue de 14 milles dans la région sous étude, elle accuse une pente moyenne de 40 pieds au mille. A diverses altitudes, on y trouve des terrasses marines et fluviales.

## DRAINAGE

Le cours d'eau le plus important de la région est la rivière du Gouffre qui draine la vallée du même nom. A l'extrémité nord de la carte, la rivière est parsemée de nombreux rapides et son lit est bordé de

PLANCHE I



A- Côté est de la vallée de la rivière du Gouffre au nord-est de Baie-Saint-Paul. Les terrasses sont bien visibles.



B- Terrasse inclinée, rive est de la rivière du Gouffre, à l'est de Baie-Saint-Paul.

cailloux. A quelques milles en amont de Saint-Urbain, elle forme une série de méandres encaissés qu'elle prolonge jusqu'à son embouchure dans le fleuve Saint-Laurent. Les cours d'eau mineurs suivants se jettent dans la rivière du Gouffre: les rivières Rémi, de la Mare, Michel, du Moulin et du Gouffre-Nord-Ouest. A ceci on peut ajouter les ruisseaux du Milieu, Gros-Bras, des Cygnes et à la Chaloupe.

## FORMATIONS ROCHEUSES

J.B. Mawdsley a écrit en 1927 une étude géologique de la région. J. Rondot (1966), du ministère des Richesses naturelles, a cartographié la partie est en 1965. R. Sabourin a cartographié la partie située à l'ouest de la rivière du Gouffre pour le compte du Séminaire de Québec.

Les formations de la région sont en grande partie des roches d'âge précambrien. On y distingue des anorthosites, au nord, et divers types de la série charnockitique, au sud. Les formations calcareuses légèrement plissées de l'Ordovicien affleurent à quelques endroits en bordure du fleuve et le long de la vallée de la rivière.

## DEPOTS DE SURFACE

Les sédiments du Pléistocène sont séparés dans la région en deux groupes majeurs:

a) dépôts glaciaires: moraine d'ablation, till, sable et gravier;

b) dépôts de la mer Champlain: argile brune ou gris-bleu, souvent fossilifère, sable et gravier (de plages, deltaïques ou parfois fluvioglaciaires).

Ces sédiments ont été dérangés et remaniés par les cours d'eau actuels, et ont donné naissance à une classe distincte: celle des dépôts de plaine alluviale. Ces matériaux ont non seulement été redistribués par la rivière, mais ils ont aussi été dérangés par de nombreux glissements de terrain. Il est alors difficile d'établir une échelle stratigraphique exacte pour les dépôts situés à la partie inférieure de la vallée. A cause de cette complexité stratigraphique, il est impossible d'établir une carte précise, car les dépôts n'ont pas de continuité latérale et verticale. Ajoutons à ceci que les travaux humains ont souvent pour résultat de semer la confusion. En effet, nous avons remarqué à plusieurs endroits une couche d'argile de 1 à 2 pieds d'épaisseur étendue au tracteur par les cultivateurs sur des terrains sablonneux. Ceci est apparemment accompli dans le but d'augmenter la productivité du sol.

TABLEAU DES FORMATIONS

| | | |
|---|---|---|
| Quaternaire Pléistocène | Récent | sable - gravier - blocs (dépôts de plaine alluviale - till remanié - dépôts résiduels) |
| | Mer Champlain | sable - gravier (fossilifère) (dépôts deltaïques, de plages et fluvioglaciaires) argile brune et gris-bleu (fossilifère) |
| | Dépôts glaciaires | till - sable gravier (moraine d'ablation) |

DESCRIPTION DES DEPOTS

Dépôts glaciaires

Ces dépôts sont situés dans les régions où l'élévation est supérieure à 560 pieds au-dessus du niveau de la mer. Ils sont d'épaisseurs variables mais relativement faibles et couvrent la plus grande partie de la surface de la région. Ils sont de divers types, à savoir: till, sable et gravier, le till étant le plus abondant. Toutefois, sur la carte, nous n'avons pas fait de distinction entre ces catégories, car la cartographie de la région adjacente à la vallée de la rivière du Gouffre est peu détaillée.

Le till est un matériel hétérogène gris ou gris brunâtre constitué d'abondants blocs subanguleux ou arrondis de roches ignées et métamorphiques du Précambrien. Ces blocs sont noyés dans une matrice sablonneuse dont les grains sont de grosseur irrégulière. Le till repose sur la roche en place. Sur les pentes de la vallée du Gouffre, le till est constitué de blocs dans un matériel argileux et est quelque peu remanié. Les blocs sont en majorité d'un diamètre inférieur à deux pieds.

Les dépôts glaciaires sont constitués, ici et là, de sables et graviers plus ou moins blocailleux. A un endroit, à l'est de la rivière du Gouffre, la stratification est déformée et l'on observe des structures fortement plissées ressemblant aux structures en coussins ("ball-and-pillow"), (Pl.II-A). Ces dépôts sont généralement à stratification entrecroisée et granoclassés.

Dépôts de la mer Champlain

Les dépôts de la mer Champlain recouvrent la partie de la vallée de la rivière du Gouffre dont l'altitude est inférieure à 555 ± 5 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Ces dépôts sont constitués d'argile, de sable et de gravier. L'argile est le matériel le plus abondant et le plus répandu. Elle est à la base des dépôts marins et est couverte inégalement de sable et de gravier. L'épaisseur du sable et du gravier est faible comparativement à celle de l'argile. Des trous de forage à l'embouchure de la rivière indiquent une épaisseur d'environ 300 pieds pour l'argile, alors que le couvert de sable dépasse rarement 15 à 20 pieds.

Argile

L'argile marine est de couleur brune en surface et gris-bleu en profondeur. La couleur brune reflète vraisemblablement l'état d'oxydation de certains constituants. Presque partout où nous pouvons observer l'argile en profondeur et où la teneur en eau est élevée, elle est de couleur gris-bleu. La réaction de l'argile à l'application de HCl dilué (10 p. 100 est variable: à certains endroits elle est positive et indique la présence de carbonate de calcium, tandis qu'ailleurs elle est négative. La distribution du $CaCO_3$ dans l'argile est erratique. L'argile contient souvent des fossiles ou des fragments de fossiles et ceci peut expliquer les réactions positives à certains endroits. Nous n'avons pas de données précises sur la composition minéralogique de l'argile. Elle semble être constituée de farine de roche et ne contient vraisemblablement pas de grandes quantités de minéraux argileux, tout comme la plupart des argiles marines.

Les couches d'argile alternent parfois avec des couches de sable ou de silt dont l'épaisseur varie de 1/4 à 1/2 pouce, les couches d'argile ayant de 1 à 2 pouces d'épaisseur. La stratification est généralement irrégulière et l'épaisseur des couches est variable. A maints endroits, l'argile et le sable sont dérangés et les couches sont fort contournées. Ici et là, on trouve des masses lenticulaires d'argile dans du sable et, sauf pour les lentilles d'argile dans les dépôts deltaïques, elles sont peut-être le résultat de bouleversements de terrain.

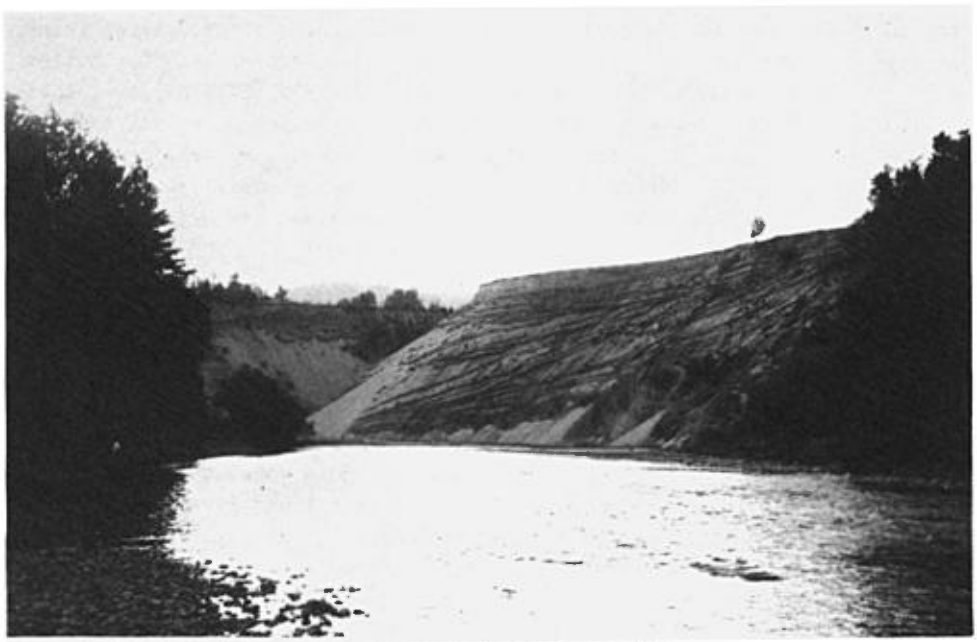
L'argile forme des dépôts plats découpés par de profonds ravins à parois verticales ou presque. A quelques endroits, elle forme des buttes quasi circulaires et de faible hauteur (20 pieds).

Nous n'avons pas observé le contact entre l'argile et le till, mais à deux endroits (élévation, 546 pieds) le till est à une distance verticale de 15 pieds au-dessus de l'argile.

PLANCHE II



A- Déformation intraformationnelle. Matériel glaciaire.



B- Accumulation deltaïque, rive ouest de la rivière du Gouffre.

Sable - Gravier

Les dépôts de sable et de gravier de la mer Champlain sont constitués de sédiments déposés en eau peu profonde; dépôts de plages deltaïques ou fluvioglaciaires dans lesquels on trouve de nombreux fossiles.

Les dépôts de plages situés sur les terrasses sont généralement à grain fin, bien classés et sans stratification. Ils ont fort probablement été remaniés par le vent. Les dépôts deltaïques et fluvioglaciaires sont de sable fin, moyen ou grossier, bien ou mal assortis (selon le lieu) et fortement stratifiés, (Pl. II-B, III-A, III-B). La stratification entrecroisée et le granoclassement y sont communs. Des couches de sable fin alternent avec des couches de gravier grossier dont les cailloux ont un diamètre d'un pouce. Ces dépôts contiennent de nombreux fragments de fossiles ou des fossiles intacts et parfois des mollusques dont les deux valves ne sont pas séparées. C'est là qu'on observe le plus grand nombre de variétés et d'espèces marines.

La direction des strates est généralement nord-sud avec un pendage léger vers l'ouest ou l'est selon leur position à l'est ou à l'ouest de la vallée. Toutefois, cette direction varie considérablement d'un endroit à l'autre et elle est même est-ouest à certains endroits. Les couches souvent contournées indiquent des mouvements post-dépositionnels. Des traces de glissement, de creusement et remblaiement et de rigoles sont visibles ici et là.

Le sable forme de nombreuses buttes arrondies et peu élevées, distribuées ici et là sur une base d'argile. Ces buttes représentent peut-être les restes du lessivage des dépôts de surface, restes ayant résisté à l'érosion à cause de structures internes favorables. Ces buttes sont nombreuses juste au sud de Saint-Urbain, (Pl. V). En général, l'épaisseur des couches de sable est faible et dépasse rarement 20 pieds, sauf là où sont les buttes et les dépôts deltaïques. L'épaisseur varie considérablement et de grandes étendues, dont l'embouchure de la rivière, sont couvertes par une couche n'ayant guère plus de 5 pieds d'épaisseur.

L'angle de repos du sable lorsqu'il forme des pentes élevées varie de 33° à 36° selon que le sable est grossier ou fin.

La transition entre la plaine alluviale et le sable de la mer Champlain est difficilement discernable. Il n'est pas aisé en effet de distinguer clairement entre les dépôts de la mer Champlain remaniés par la rivière et ceux de la plaine alluviale. Nous appelons dépôts de la mer Champlain tous les dépôts de sable qui sont à une élévation plus haute que celle des dépôts de la plaine alluviale actuelle. Bien entendu, ces dépôts représentent peut-être les dépôts alluviaux de la rivière alors qu'elle était à une altitude plus élevée.

PLANCHE III



A- Couches de sable et d'argile (détail de la Pl. II-B). La hauteur de la section est de 80 pieds environ.



B- Lentilles d'argile et de silt entre les couches de sable (détail de la Pl. II-B).

Fossiles

Des fossiles sont présents presque partout dans l'argile et à quelques endroits dans les sables et graviers. Nous avons indiqué sur la carte les localités où ils sont nombreux. Ils sont en général peu abondants dans l'argile, mais très abondants dans les sables et graviers. Toutefois, dans ces derniers, ils sont parfois incomplets, mais c'est là qu'on observe le plus grand nombre de spécimens de divers types et qu'on trouve les meilleurs exemples.

Parmi les fossiles contenus dans les sédiments de la mer Champlain nous avons distingué les suivants:

| | |
|---|---|
| Pélécypodes | Macoma balthica |
| | Macoma calcarea |
| | Mya arenaria |
| | Mya truncata |
| | Mytilus edulis |
| | Hiatella arctica |
| | Quelques espèces de la famille des cardiidés |
| Arthropodes | Famille des Balanidés - Balane |
| Gastéropodes | Famille des Buccinidés |
| | Famille des Turritellidés |

Lacs allongés, crêtes de sable

Une grande étendue de terrain, à environ 3 milles au sud de Saint-Urbain, est recouverte de buttes de sable et de lacs allongés, (Pl. V). Les lacs sont situés dans les parties basses entre les amas de sable et sont de direction approximative nord-sud, d'ailleurs non constante et quelque peu variable. En quelques localités, nous avons observé la présence d'argile aux endroits bas.

Mawdsley (1927, p. 42) énonce l'opinion que les amas de sable sont des dunes et que les lacs se déversent dans la rivière du Gouffre par infiltration à travers le sable. Nous croyons que ces crêtes sont des rides de glissement de terrain et que le sable provient des terrasses du côté ouest de la vallée. L'action du vent n'est pas rejetée totalement, mais elle ne semble pas dominante.

Récent: sable, gravier, blocs (dépôts de plaine alluviale)

Dans la partie inférieure de la vallée, le long de la rivière du Gouffre, on observe des dépôts alluvionnaires constitués principalement de sable fin bien assorti et de silt contenant de nombreuses paillettes de mica et de la matière organique disséminée. Ce matériel est généralement stratifié et on y distingue parfois une stratification

entrecroisée et un granoclassement prononcé. A quelques endroits sur la rive convexe à l'intérieur des méandres, on observe des plages de cailloux arrondis dont la grosseur varie de 1 à 5 pouces. Ici et là, des zones enrichies de magnétite et d'ilménite apparaissent près des rives.

Presque partout dans la région, mais surtout dans les endroits à haute altitude près du till glaciaire, on trouve une couche dont l'épaisseur est d'environ 3 pieds et qui est constituée de plus de 40 p. 100 de cailloux subanguleux et arrondis. Ces cailloux sont d'assez grosses dimensions, pouvant atteindre jusqu'à 2 pieds de diamètre, et sont mal assortis. Ce matériel hétérogène qui ressemble à du till représente une accumulation de blocs provenant de régions plus élevées, ou de blocs déposés dans le sable, le gravier ou l'argile. Cette accumulation résulte en partie du lessivage des particules fines entre les blocs et de l'affaissement subséquent de ces derniers. Le mouvement vertical des blocs est en général très faible. Près du contact till-argile, cette couche est omniprésente et il est de ce fait difficile de délimiter exactement le contact.

Terrasses

Les terrasses marines et alluviales sont nombreuses dans la région, (Pl. I, IV). Nous les avons indiquées sur la carte et l'on peut constater qu'elles ont une distribution uniforme.

En général, le sommet des terrasses est recouvert d'accumulations de sable fin, bien assorti. Cependant, à quelques endroits, nous avons vu de l'argile ou du gravier.

Les terrasses sont souvent inclinées vers le bas de la pente du terrain, fait qui est vraisemblablement dû à l'érosion des pentes et au délavage des eaux de ruissellement. A un endroit situé au nord-est de Baie-Saint-Paul, nous avons observé une terrasse inclinée longitudinalement, la partie la plus élevée étant vers le sud de la vallée (Pl. I-B). L'origine de cette pente s'expliquerait par l'action du vent (Auguste Mailloux, communication personnelle). Le vent de direction dominante nord-sud a attaqué la partie nord de la terrasse et a accumulé le sable à l'extrémité sud. Des roches polies et à facettes ont été observées à l'extrémité sud (Auguste Mailloux, communication personnelle).

L'origine des terrasses n'est pas partout bien définie. Quelques terrasses élevées correspondent peut-être à des plages marines, alors que les terrasses inférieures sont alluviales. Sur un plan séparé, nous avons préparé six coupes verticales de la vallée qui illustrent bien les relations spatiales des terrasses (Fig. 1). Les terrasses y apparaissent à des niveaux différents d'un bord à l'autre de la vallée, et par conséquent ne sont pas parallèles. C'est là l'indice d'une série de terrasses alluviales. Toutefois, l'histoire des terrasses est longue




PLANCHE IV- Région de Baie-Saint-Paul. On distingue clairement les rides de glissement, les trajets autrefois empruntés par la rivière, et les terrasses.




PLANCHE V – Rides longitudinales au sud de Saint-Urbain. Des petites masses circulaires constituées surtout de sable apparaissent nombreuses au sud-est de Saint-Urbain.

et plusieurs d'entre elles ont pu être détruites par l'érosion ou par des glissements et l'élargissement subséquent de la vallée. Il est donc presque impossible de déterminer ainsi parmi ces vestiges l'origine des terrasses, sauf dans le cas de celles qui sont à la partie inférieure de la vallée. Et là encore il est quelquefois difficile de distinguer les terrasses polygéniques des terrasses alluviales. La nature des matériaux des terrasses pourrait parfois indiquer leur origine, mais dans bien des cas cette nature est obscurcie par le remaniement et l'addition de matériel.

Terrassettes

On observe dans les pentes les plus prononcées de la vallée de nombreux petits gradins de quelques pouces de haut séparés par des replats de largeur identique à la hauteur. Ces terrassettes semblent correspondre à des plans d'affaissement.

Semblables à ces phénomènes, mais quelque peu différents, sont les "pieds de vache" qui suivent approximativement les lignes de contour et qui sont attribuables aux animaux. Les "pieds de vache" provoquent la rupture du tapis végétal et contribuent ainsi à accélérer l'érosion.

## EROSION ET GLISSEMENTS DE TERRAIN

De nombreux glissements de terrain ou des traces d'anciens glissements sont visibles tout le long de la vallée de la rivière du Gouffre. Ils sont quelquefois peu apparents sur le terrain, mais toujours très évidents sur les photographies aériennes. Les berges de la rivière sont fortement érodées et à plusieurs points on constate la présence de glissements mineurs.

La propension des terrains au glissement est reconnue de longue date et dès 1864 Logan (1864, pp. 979-980) mentionne la multiplicité de ces derniers ainsi que leurs causes probables: "Les nombreux éboulements qui sont là si communs, et ailleurs dans tous les dépôts d'argile, semblent être causés à la présence de lits arénacés près de la base, qui permettent l'infiltration de l'eau, tandis qu'il se produit des mouvements dans les falaises presque verticales non supportées, produisant des fissures dans lesquelles coulent les eaux de la surface jusqu'à ce qu'elles atteignent le lit sablonneux; elles minent ainsi la masse... Les terrains bas à la baie Saint-Paul et à la baie Murray sont parsemés en plusieurs endroits de masses d'argile éboulées des hauteurs environnantes. Elles ont été arrondies, soit par l'action des eaux en se retirant, soit par l'influence atmosphérique, et elles présentent maintenant des monts arrondis et coniques, souvent d'une régularité remarquable".

PLANCHE VI



A- Zone de glissement sur la rive est de la rivière du Gouffre, au nord-est de Baie-Saint-Paul (Fig. 2). Les tranches affaissées sont distinctes.



B- Même endroit. A remarquer le redressement de la végétation sur le côté droit de l'illustration.

L'érosion des berges et les glissements de terrain causent des dommages élevés aux fermes riveraines. En effet, les pertes de terrain attribuables directement aux effondrements et au déplacement latéral de la rivière sont grandes. Les divers phénomènes qui caractérisent l'érosion dans la région peuvent être subdivisés comme suit:

1- Phénomènes causés par la rivière:
   a) Erosion des berges par la rivière - abrasion.
   b) Glissements de terrain consécutifs à l'abrasion; i.e. la partie inférieure des sections est sapée par la rivière.

2- Phénomènes attribuables à l'eau de ruissellement:
   a) Glissements de terrain non rattachés directement à l'abrasion; anciennes coulées d'argile - effondrements.
   b) Formation de ravins par les eaux de pluie: ravinement.
   c) Erosion des berges par les eaux de pluie.
   d) Déplacement en masse de matériel sous l'action du gel et du dégel - non rattaché au cours d'eau: solifluxion.
   e) Mouvement des particules entraînées par les eaux de surface: reptation.

1- a) Erosion des berges par la rivière

Sur presque toute sa longueur, la rivière forme une série de méandres encaissés dont les courbes sont continuellement en évolution. Les rives concaves des méandres sont sapées par l'eau alors que les rives convexes sont des zones de déposition. Le travail de sape arrache et transporte de grandes quantités de matériel.

b) Glissements de terrain

Les sections des berges où l'action de sape est accentuée et où les parois sont quasi verticales sont sujettes aux glissements de terrain. Ces glissements sont directement attribuables au travail érosif de la rivière et sont de faible étendue. Ce sont des affaissements où des tranches de quelques pieds de largeur s'effondrent avec rotation de quelques degrés, (Pl. VI, VII). Les surfaces de rupture sont généralement des courbes. La gravité est le moteur principal de ces glissements, mais l'action de l'eau de ruissellement n'est pas négligeable. En effet, on peut observer une série de crevasses concentriques parallèles au sommet des berges. Ces crevasses sont des canaux où l'eau de ruissellement s'infiltre, diminuant ainsi la résistance au cisaillement de l'argile et augmentant la pesanteur de la masse.

2- a) Glissements de terrain

Certains glissements de terrain ne peuvent être rattachés directement à l'érosion de la rivière. Ainsi, juste au nord de Saint-Urbain sur la rive ouest de la rivière, une zone importante de glissements n'est pas affectée directement par le cours d'eau (Fig. 6 - Pl. VIII). A cet endroit, les glissements initiaux ont été causés par la rivière, mais maintenant, la paroi abrupte de la zone est située à environ 200 pieds de la rivière et ne peut être attaquée par celle-ci qu'en période de crue. Des glissements mineurs s'y produisent régulièrement et la paroi recule lentement vers l'ouest, détruisant ainsi des terres arables. L'eau de ruissellement est le facteur principal ici: elle affaiblit l'argile et la rend sensible, elle augmente la pesanteur de la masse et en plus elle cause des fractures. En effet, l'eau se concentre et s'écoule latéralement le long de couches silteuses perméables, emportant des particules fines et provoquant ainsi le crevassement des couches supérieures. L'action de la gravité est aussi importante ici, mais elle est moins efficace que dans les cas décrits antérieurement car la berge n'est pas sapée à la base. Les falaises sont hautes de 80 à 100 pieds et cette hauteur est un facteur à considérer dans l'analyse de la stabilité du terrain (Pl. VIII-B). Ne connaissant pas les propriétés mécaniques de l'argile, telles que l'angle de résistance au cisaillement et la cohésion, il est impossible d'estimer la hauteur minimum des coupes à laquelle des glissements peuvent avoir lieu.

D'autres glissements du type coulée d'argile, dont on ne voit que les cicatrices, ne semblent pas être dus directement à la rivière. Ces coulées sont en général peu abondantes et très anciennes. Toutefois, on en observe de nombreuses de faibles dimensions près de la rivière.

Dans tous les cas, l'eau de ruissellement joue un rôle dominant. Elle s'infiltre dans l'argile fissurée, amène une détérioration progressive et un affaiblissement général et, éventuellement, la résistance au cisaillement de l'argile est tellement réduite qu'un glissement rotatif se produit.

b) Ravinement

A plusieurs endroits, dont un au nord de Baie Saint-Paul et un autre au nord de Saint-Urbain, l'eau de ruissellement est responsable de la formation de ravins. Ceux-ci deviennent de plus en plus profonds et ont une expansion rapide. Ils rendent incultes des terrains autrefois productifs et sont des problèmes majeurs pour les cultivateurs.

c) Erosion des berges par les eaux de pluie

Là où les berges sont dénudées par des glissements et là où elles sont constituées principalement de sable, l'action de la pluie

PLANCHE VII

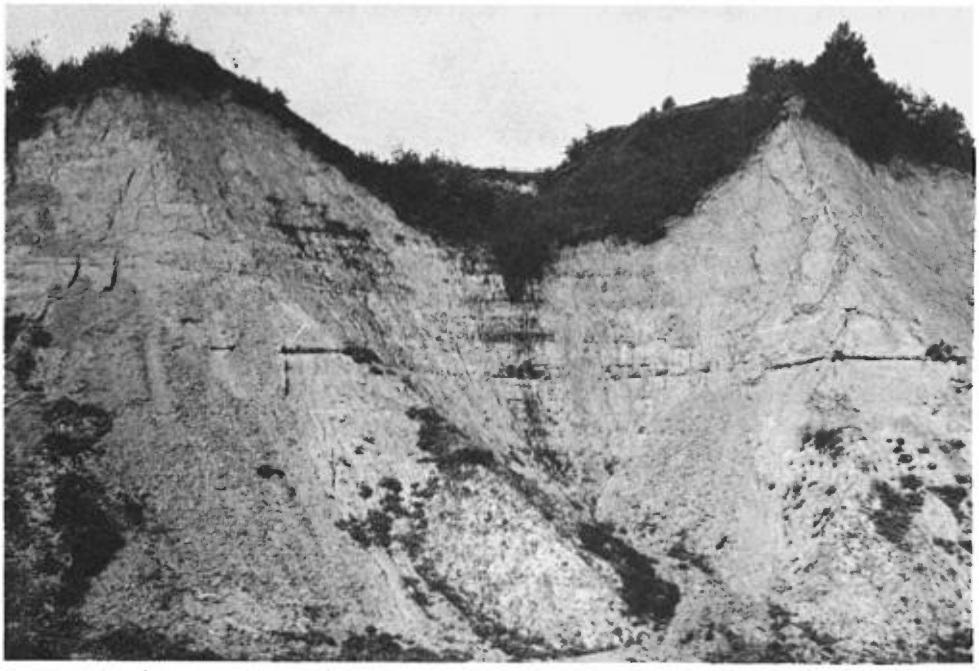


A- Affaissement. Rive sud de la rivière de la Mare (Fig. 3). Les tranches ont glissé avec un mouvement de rotation. Le matériel est de l'argile à la base, recouverte de sable et de blocs.



B- Même endroit. Glissement très récent.

PLANCHE VIII



A- Zone de glissement au nord de Saint-Urbain (Fig. 6). L'argile s'effondre par tranches.



B- Même endroit. La hauteur de la falaise est d'environ 100 pieds.

est importante. Des particules de sol sont dégagées et entraînées par l'eau et les berges sont de ce fait constamment en régression.

d) Solifluxion

A plusieurs endroits à l'est et au nord-est de Baie-Saint-Paul, nous avons observé des indices de déplacement en masse de matériel le long de pentes fortement inclinées. Des sols bien développés où l'on distingue les horizons caractéristiques sont recouverts d'une couche de sable ou d'argile de quelques pieds d'épaisseur, couche qui est elle-même coiffée par un sol développé ou en voie de développement. Les couches sont quelquefois de forme lenticulaire,circulaire ou presque, et une niche d'arrachement est visible à un niveau supérieur. Ces couches semblent alors provenir de niveaux plus élevés et avoir glissé à leur position actuelle sous l'action combinée de la gravité, du gel et du dégel, et du ruissellement.

e) Reptation

Partout où il y a des pentes et où le couvert végétal est enlevé, le ruissellement entraîne les particules de sol et contribue ainsi à la dégradation du terrain.

Le résultat de ces phénomènes d'érosion et, en particulier, de l'érosion des berges par la rivière, c'est le déplacement latéral de celle-ci. Un effet important de ce déplacement est le changement de la forme et de la position des méandres, changement qui peut causer de graves problèmes. Ainsi, au nord du village de Baie-Saint-Paul, un méandre accentue ses courbes et se recoupera éventuellement. La rivière suivra alors un trajet plus court et devra dissiper autrement l'énergie maintenant consommée sur une grande distance, probablement en affouillant son lit en amont du point de recoupement.

Distribution

Les glissements de terrain et autres phénomènes d'érosion sont distribués surtout le long de la rivière du Gouffre. On en trouve aussi à quelques endroits le long de la vallée. Nous avons indiqué sur la carte plusieurs endroits où il y eut des glissements. De plus, nous présentons cinq cartes séparées (Figs 2, 3, 4, 5 et 6), à l'échelle de 400 pieds au pouce, où nous indiquons les zones de glissement les plus remarquables. Les glissements indiqués sont les plus récents; pour illustrer complètement la distribution des glissements, il faudrait en indiquer sur presque tout le parcours de la rivière.

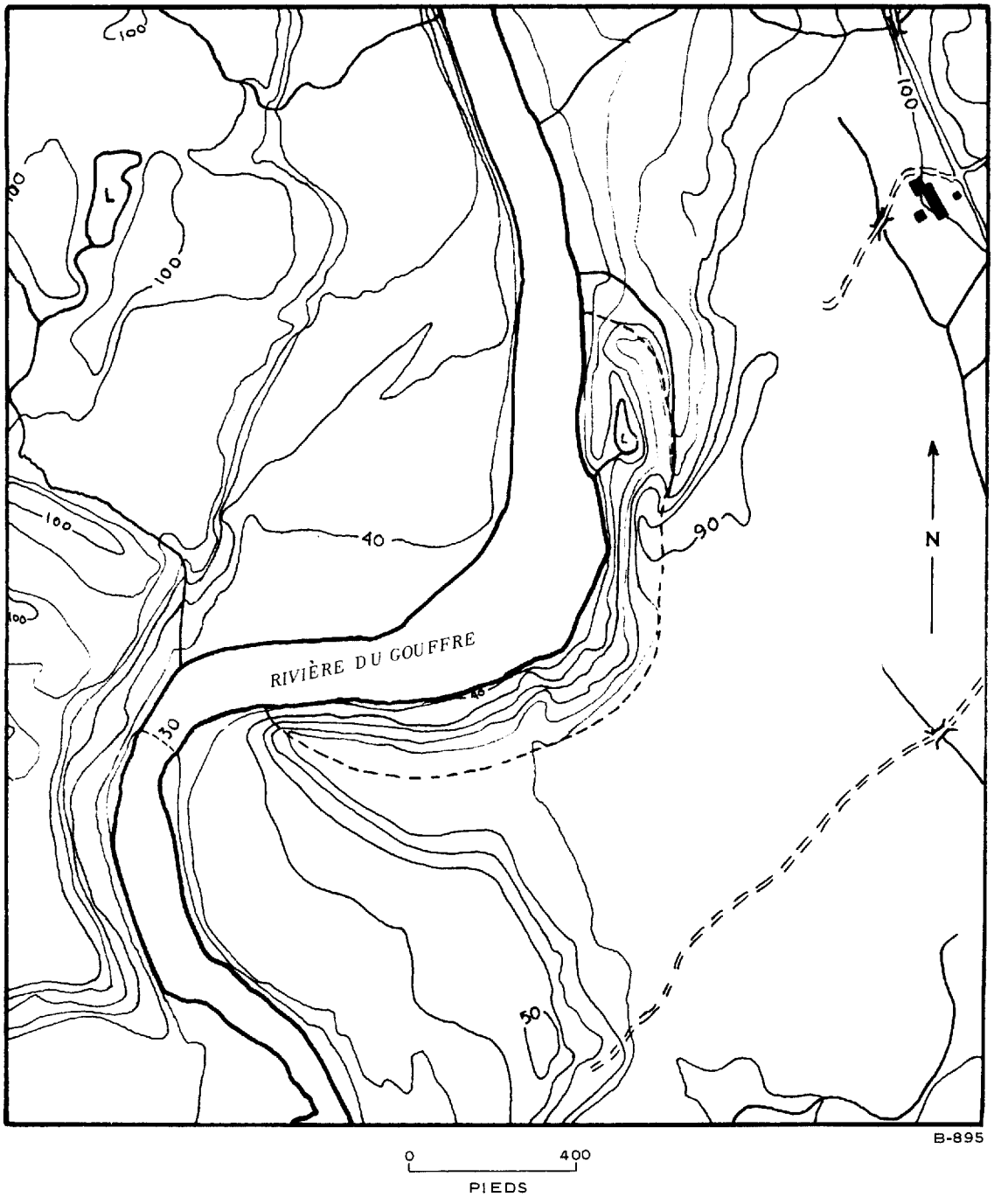



FIGURE 2 – ZONE DE GLISSEMENTS
(Plan préparé par la compagnie Photo-Air Laurentides – 1957)

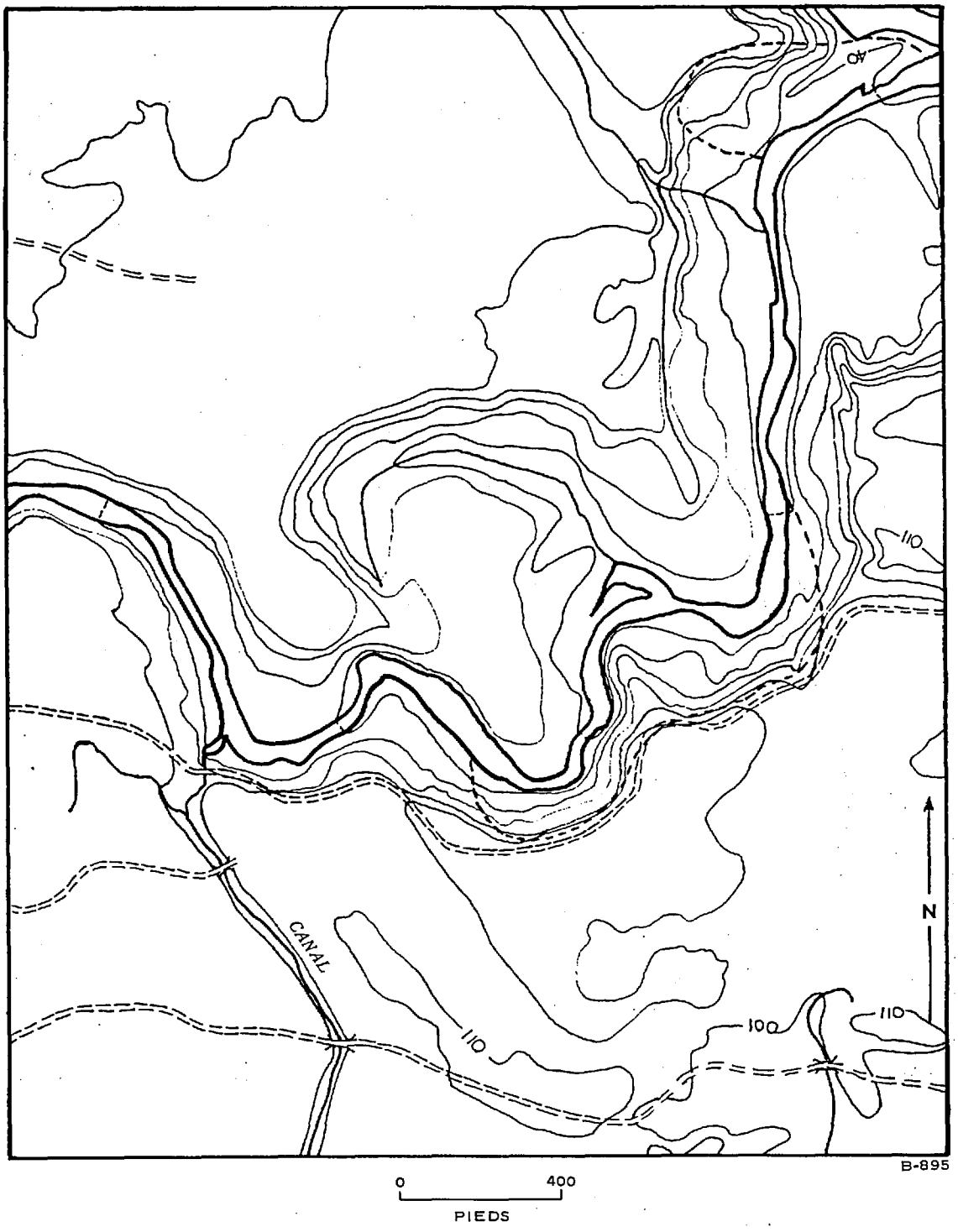



FIGURE 3 – ZONE DE GLISSEMENTS – RIVIÈRE DE LA MARE
(Plan préparé par la compagnie Photo-Air Laurentides – 1957)

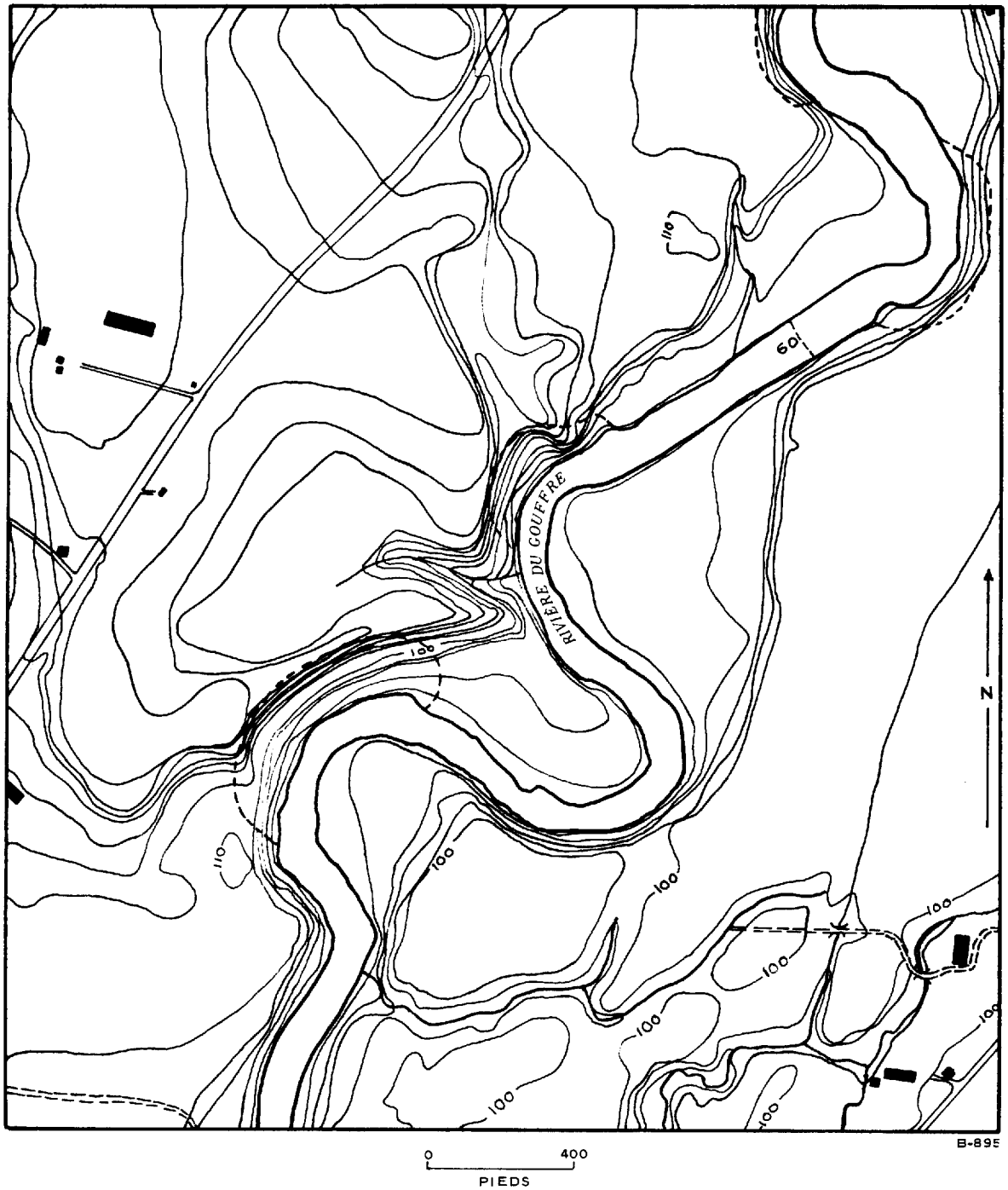



FIGURE 4 – ZONE DE GLISSEMENTS
(Plan préparé par la compagnie Photo-Air Laurentides – 1957)

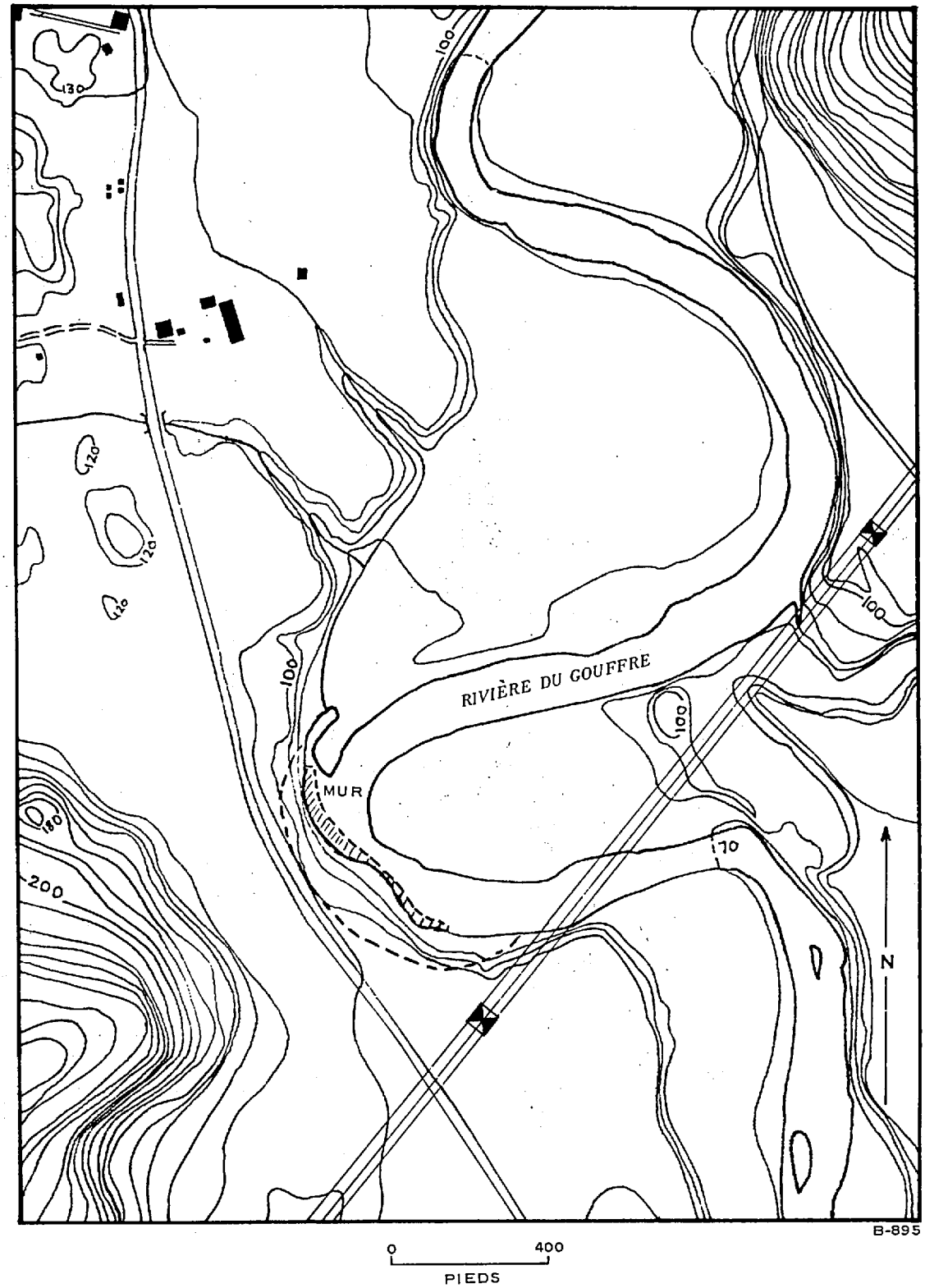



FIGURE 5 – ZONE DE GLISSEMENTS
(Plan préparé par la compagnie Photo-Air Laurentides – 1957)

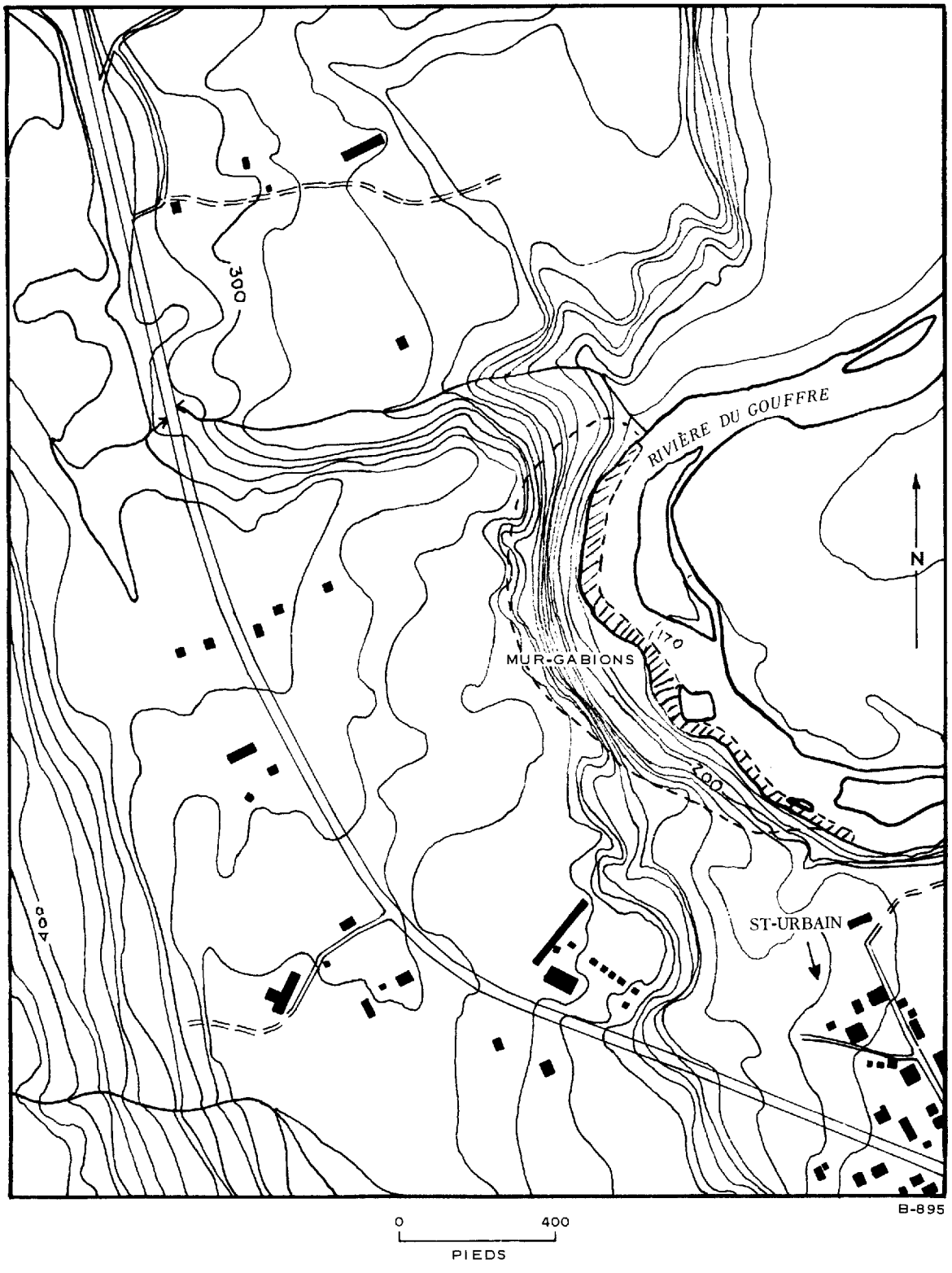



FIGURE 6 – ZONE DE GLISSEMENTS
(Plan préparé par la compagnie Photo-Air Laurentides – 1957)

Travaux correctifs

Pour ralentir ou arrêter l'action érosive de la rivière,il est nécessaire d'exécuter certains travaux. Il est impossible d'arrêter totalement l'érosion des rives et le déplacement de la rivière, à moins de la canaliser sur tout son parcours. Un tel projet serait certes intéressant, mais d'un coût si élevé qu'il serait probablement plus économique de déplacer la population dans d'autres régions. Certains travaux peu dispendieux et de réalisation facile peuvent toutefois ralentir considérablement la détérioration des terres. Dans ces cas, il n'est pas nécessaire de procéder à des analyses de coûts et de rentabilité car les résultats obtenus démontreraient probablement que le coût des travaux est plus élevé que le coût des terrains à protéger. Toutefois, dans la solution de problèmes de ce genre, il est impossible d'évaluer ou de traduire sous forme de chiffres les facteurs humains qui y sont impliqués.

D'ailleurs, des travaux de divers types ont déjà été exécutés par plusieurs organismes, dont quelques ministères du gouvernement provincial de Québec et le gouvernement fédéral. La Commission des Eaux Courantes, connue subséquemment sous le nom de ministère des Ressources hydrauliques et faisant maintenant partie du ministère des Richesses naturelles a, à elle seule, accompli depuis 1927 des travaux dont la valeur totale est approximativement de $500,000. Il est à noter que les ouvrages accomplis sont presque tous restreints au village de Baie-Saint-Paul. Si l'on ajoute au coût de ces travaux le coût des travaux de protection subventionnés par le gouvernement fédéral, de ceux exécutés par le ministère des Travaux publics et de la Voirie et des études du ministère de l'Agriculture, on obtient un total de l'ordre d'au moins $1,000.000.

Les ouvrages exécutés sont divers; ils consistent en excavation, nettoyage du lit de la rivière, mise en place de perrés, pose de gabions, murs de maçonnerie et de béton, encoffrements et autres ouvrages en bois, pilotis et études des divers phénomènes d'érosion. Les berges d'une grande partie de la rivière du Gouffre et de la rivière du Gouffre-Nord-Ouest, dans le village de Baie-Saint-Paul, sont soutenues par des murs de béton, de pierre ou d'encoffrements. Juste au nord de Saint-Urbain, des structures de gabions et des perrés protègent la rive ouest de la rivière du Gouffre. Les rives de la rivière Gros-Bras au nord de Saint-Urbain sont protégées à un endroit par un mur de pierres cimentées, mur qui est maintenant fortement lézardé et fracturé. Des structures de gabions protègent les rives à deux autres endroits au sud de Saint-Urbain. Tous ces ouvrages sont indiqués sur la carte.

Ces travaux ont été accomplis afin d'empêcher la rivière d'endommager les rives et de déborder lors des crues printanières. Ce but est partiellement atteint à la plupart des endroits. Le village de

Baie-Saint-Paul est bien protégé et les murs de rétention érigés semblent être des plus efficaces. Les travaux exécutés au nord de Baie-Saint-Paul et de Saint-Urbain sont moins efficaces que ceux de Baie-Saint-Paul en ceci que, s'ils empêchent la rivière d'endommager les rives en été, ils ne les protègent pas quand les eaux sont élevées. A ces endroits, les travaux consistent surtout en murs de gabions, murs qui sont noyés le printemps. De plus, ces travaux n'arrêtent pas l'érosion des berges par l'eau de ruissellement, de sorte que les berges reculent graduellement et forment des falaises abruptes éloignées de la rivière. Les travaux de protection sont dans ces cas inadéquats parce qu'il n'y a aucune mesure de prise pour empêcher l'érosion due à l'eau de ruissellement. Cet état résulte du fait que les travaux ont été accomplis uniquement en vue de protéger les berges et non les terres contiguës à celles-ci.

Suggestions

Une liste des travaux à faire pour chaque cas particulier serait intéressante, mais elle est impossible à établir présentement à cause du peu de données recueillies. Nous nous arrêterons plutôt à l'examen de quelques méthodes d'utilisation générale. Mentionnons toutefois que chaque endroit où des glissements sont indiqués sur la carte pourrait bénéficier de l'application de méthodes correctives, en particulier les endroits indiqués sur les cinq figures préparées à l'échelle de 400 pieds au pouce.

Le tableau suivant présente les méthodes correctives applicables aux phénomènes d'érosion discutés antérieurement. Quelques notes explicatives suivent ce tableau.

Travaux remédiateurs

| 1- Phénomènes causés par la rivière | Travaux |
|---|---|
| a) abrasion | Canalisation de la rivière<br>Redressement du cours<br>Régularisation - Barrages<br>Murs de protection<br>Reboisement des berges<br>Stabilisation chimique des berges<br>Trappes à sédiments<br>Dissipateurs d'énergie |
| b) glissements de terrain (action de sape) | Murs de soutènement<br>Reboisement<br>Drainage de surface et souterrain<br>Abaissement des berges<br>Stabilisation chimique des berges |
| 2- Phénomènes causés par l'eau de ruissellement | |
| a) glissement de terrain | Abaissement des pentes<br>Drainage de surface et souterrain<br>Murs<br>Reboisement<br>Stabilisation chimique |
| b) ravinement | Drainage de surface - canaux - dalots<br>Reboisement |
| c) érosion des berges | Reboisement<br>Drainage de surface<br>Stabilisation chimique |
| d) solifluxion | Reboisement<br>Drainage de surface<br>Abaissement des pentes |
| e) reptation | Reboisement<br>Drainage de surface |

Comme l'indique le tableau, les travaux exécutés antérieurement, tels que murs de protection en béton, bois, maçonnerie ou gabions et nettoyage et creusage de la rivière, sont utiles. A ces derniers toutefois, il faudrait ajouter dans plusieurs cas des travaux dont le but serait de capter et de contrôler le drainage de surface. Plusieurs méthodes permettent d'atteindre ce but. Un système de drainage de surface consistant en fossés et rigoles existe actuellement mais, dans bien des cas, ces fossés se creusent et forment des ravins. Là où l'on entrevoit la possibilité de ravinement, il faudrait acheminer l'eau de ruissellement dans des dalots ou dans des canaux. Une méthode simple, mais pas toujours efficace, de retarder le ravinement est le reboisement ou l'implantation d'un couvert végétal sur les pentes dénudées.

Là où les pentes sont abruptes, des études de stabilité peuvent démontrer qu'il y a danger d'effondrement. Dans bien des cas ces études sont superflues, car on peut constater "de visu" l'instabilité des pentes. La stabilité peut être rétablie par un contrôle du drainage de surface et du drainage souterrain. Le drainage souterrain peut être horizontal, à l'aide de tuyaux perforés installés dans les couches les plus perméables, ou vertical grâce à la construction de drains de sable. Le reboisement est aussi efficace dans de tels cas car il régularise le drainage de surface. Si l'instabilité est due à l'action de la rivière, la construction de murs s'impose. On peut aussi abaisser les pentes en redistribuant le matériel. Enfin, disons qu'à titre expérimental on pourrait stabiliser le sol à l'aide de produits chimiques. Toutefois, il faudrait connaître la composition chimique et minéralogique de l'argile à stabiliser avant d'utiliser un tel procédé.

L'action érosive de la rivière est parfois si forte, dans les méandres prononcés par exemple, que ces travaux de stabilisation sont peu utiles s'ils ne sont pas accompagnés de murs de protection. Pour réduire l'intensité de l'érosion de la rivière, la construction de dissipateurs d'énergie et de trappes à sédiments serait efficace. Les dissipateurs sont de simples barrières qui ralentissent l'écoulement et forment une série de cascades légères.

Les résultats de la solifluxion et de la reptation sont souvent attribuables à un déboisement ou à l'enlèvement du couvert végétal. L'utilisation des terrains pour le pâturage des animaux accélère leur dénudation et la formation de terrassettes. Les terrains à pente forte devraient être reboisés et le pâturage devrait y être prohibé.

Conclusions

Plusieurs méthodes correctives peuvent être utilisées. Il s'agit en définitive d'examiner chaque problème et de déterminer la méthode la plus appropriée. Il ne serait pas recommandable toutefois de traiter

chaque cas séparément car le problème en est un d'ensemble. En effet, la correction d'un problème local peut avoir des répercussions fâcheuses et créer des problèmes additionnels. Il faut donc établir un plan d'ensemble et accomplir les travaux en fonction de ce plan. Le plan d'ensemble devrait résulter du travail concerté d'ingénieurs spécialisés en mécanique des sols, d'hydrauliciens, de géologues et d'agronomes.

## BIBLIOGRAPHIE


Archambault, Jules L., (1959) - Le mécanisme de l'érosion et quelques-unes de ses manifestations dans la région de Baie-Saint-Paul, Thèse de maîtrise, Université Laval.

Carrier, D., (1965) - Etudes des dommages causés par la rivière du Gouffre aux fermes riveraines, Agriculture, Juin 1965, pp. 7-8.

Derruau, M., (1958) - Précis de Géomorphologie, Masson et Cie, éditeurs, Paris.

Legget, R.F., (1962) - Geology and Engineering, McGraw - Hill Book Company Inc., Toronto.

Logan, Sir W.E., (1864) - Rapport de progrès depuis son commencement jusqu'à 1863, Commission Géologique du Canada, Rapport sur la Géologie du Canada, pp. 979-980.

Mawdsley, J.B., (1927) - La région de Saint-Urbain, district de Charlevoix (Québec), Mémoire 152, C.G.C. 58 p.

Terzaghi, K.
Peck, R.B. (1948) - Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, Inc., New-York.

## INDEX ALPHABETIQUE


| | Page |
|---|---|
| Agriculture, ministère de l' | 26 |
| Alluviaux, dépôts | 8,10 |
| Anorthosites | 4 |
| Argile | 2,4,6,8,10,11,14, 16,17,20,29 |
| Blocs erratiques | 5,10,11 |
| Calotte glaciaire | 2 |
| Carbonate de calcium | 6 |
| Cascades | 29 |
| Commission des Eaux Courantes | 26 |
| Crête de sable | 10 |
| Crevasses | 16,17 |
| Deltaïques, dépôts | 6,8 |
| Drainage | 2,29 |
| Dunes | 10 |
| Fossiles | 6,8,10 |
| Fluvioglaciaires, dépôts | 4 |
| Gabions | 26,27 |
| Glaciaires, dépôts | 4,5 |
| Glissements de terrain | 2,4,10,14, 16,17,20 |
| Gravier | 4,5,6,8,10,11 |
| Ilménite | 11 |
| Logan, W.E. | 14 |
| Magnétite | 11 |
| Méandres | 4,11,16,20,29 |
| Mawdsley, J.B. | 4,10 |
| Mer Champlain, dépôts de la | 4,6,8 |
| Mica | 10 |
| Moraine | 4 |
| Perrés | 31 |
| Pied de vache | 14 |
| Plages | 4,8,11 |
| Plaine alluviale | 4,8,10 |
| Reptation | 16,20,29 |
| Ressources hydrauliques, ministère des | 26 |
| Richesses naturelles, ministère des | 26 |
| Roches | |
| à facettes | 11 |
| ignées | 5 |
| métamorphiques | 5 |
| paléozoïques | 2 |
| sédimentaires | 2 |
| Rondot, J. | 4 |
| Sable | 2,4,5,6,8,10,11,17,20,29 |
| Sabourin, R.-J.-E. | 4 |
| Sédiments | 2,4,8,10,29 |
| Silt | 6,10 |
| Solifluxion | 16,20,29 |
| Stratification | 5,6,8,10 |
| Surface, dépôts de | 1,4,8 |
| Terrasses | 2,8,10,11,14 |
| Terrassettes | 14,29 |
| Till | 4,5,6,11 |
| Travaux Publics et de la Voirie, ministère des | 26 |