MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, RUE SAINT-AMBROISE, 7e
QUÉBEC (QUÉBEC)
G1K 5Z1

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

ÉTUDE SUR LA FAISABILITÉ D'UN LIEN ENTRE LA RIVE NORD ET LA RIVE SUD DU FLEUVE ST-LAURENT VIA L'ÎLE D'ORLÉANS

— RAPPORT D'ÉTAPE —

CANQ
TR
480

1977

VANDRY — JOBIN & ASSOCIÉS
QUÉBEC

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

407191

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
(QUÉBEC, QUÉBEC)
G1K 5Z1

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

ÉTUDE SUR LA FAISABILITÉ D'UN LIEN ENTRE LA RIVE NORD ET LA RIVE SUD DU FLEUVE ST-LAURENT VIA L'ÎLE D'ORLÉANS

— RAPPORT D'ÉTAPE —

CANR
TC
480

AVRIL 1977

VANDRY-JOBIN & ASSOCIÉS
QUÉBEC

TABLE DES MATIERES

I - INTRODUCTION - MANDAT

II - INVENTAIRE

III - HYPOTHESES D'AXES

IV - GABARITS

V - TYPES DE LIENS :

5.1 Chenal Nord

5.2 Chenal Sud

VI - GEOTECHNIQUE

VII - HYDRAULIQUE

VIII - ECHEANCIER

IX - CONCLUSION - RECOMMANDATIONS

Environnement ? — aucune mention

CHAPITRE I

I N T R O D U C T I O N - M A N D A T

Le mandat confié à la firme d'Ingénieurs Vandry, Jobin et Associés de Québec consiste à effectuer une "étude de faisabilité d'un lien entre la Rive Nord et la Rive Sud du fleuve St-Laurent, via l'Ile d'Orléans".

Cette étude de faisabilité technique (choix d'axes, types de liens ...) est effectuée en tenant compte des aspects physiographiques, tels que la topographie de terrain et du lit du fleuve, de l'hydrologie ainsi que de la géologie.

De plus, une analyse des impacts sur l'environnement sera présentée selon les alternatives retenues.

Enfin, le travail débouchera sur des recommandations pertinentes.

Le présent document est un rapport d'étape tel que souligné par l'échéancier du devis technique. Ce rapport d'étape présente les travaux préliminaires devant, dans une deuxième étape, déboucher sur des études et analyses sectorielles détaillées.

Les travaux préliminaires ont permis de "débroussailler" le terrain, de mieux faire connaître la situation au point de vue technique et surtout, dans un processus d'élimination, de garder les

options qui apparaissent les plus valables pour des études techniques plus poussées et définitives.

A cet effet, la prochaine étape consistera à étudier et à analyser plus en détails, afin que les résultats permettent une prise de décision la plus rationnelle possible, étant donné l'envergure et la complexité du projet concerné.

Enfin, tel qu'entendu au comité de coordination à sa réunion du 1er mars 1977, le rapport d'étape présente surtout les différentes hypothèses d'axes ainsi que les différentes alternatives quant aux types de liens, accompagnées des caractéristiques particulières à chacune des options envisagées.

Donc, partant de ce rapport d'étape, le lecteur ne saurait conclure et s'arrêter pour constituer un choix définitif, puisqu'il ne présente qu'une ébauche des options devant subir un processus d'élimination via les études et analyses de la prochaine étape.

CHAPITRE II

I N V E N T A I R E

2.0 BUT DE L'INVENTAIRE

Dans un premier temps, un inventaire relativement complet des documents pertinents à l'étude fut réalisé. Il s'agissait de recueillir des renseignements nécessaires au démarrage de l'étude technique et de regrouper le plus d'informations possibles au départ, afin d'éviter par la suite que l'équipe technique soit retardée dans son travail, faute de données et surtout afin d'utiliser au maximum les études déjà réalisées antérieurement.

On effectua une compilation des cartes de la région et une rétrospective des rapports d'étude portant sur le sujet.

Parallèlement à la documentation technique, un inventaire des barrières physiques (services publics, routes, etc.) pouvant affecter l'implantation d'une des structures envisagées dans la zone d'étude a été répertorié.

Enfin, une identification des principales législations pouvant affecter le projet a été recensée de même que les demandes et surtout les négociations qui devront être poursuivies avec une grande assiduité auprès du gouvernement fédéral, afin de lever un des principaux obstacles à une poursuite adéquate de l'étude et évidemment à la réalisation éventuelle du projet. La définition exacte, par exemple des gabarits, s'avère essentielle à la poursuite et à la réalisation

de la phase suivante.

2.1 METHODOLOGIE DE L'INVENTAIRE

Les informations pertinentes au projet furent recueillies de différentes façons: investigations, rencontres et discussions avec divers organismes publics ou privés, conversations téléphoniques, correspondance, etc. Parallèlement, une recherche en bibliothèque nous a permis de dresser une liste de documents relatifs au sujet traité. La plupart de ces documents ont été consultés, sauf ceux dont on n'a pu disposer d'une copie et qui sont identifiés comme tels dans la liste présentée plus loin dans le rapport.

2.2 REGROUPEMENT DES RENSEIGNEMENTS DE L'INVENTAIRE

Les principaux renseignements obtenus lors de l'inventaire se regroupent en quatre grandes classes:

1o - cartographie;

2o - rapports d'études;

3o - exigences et règlementations;

4o - informations diverses.

Ici, il est à noter que la liste des renseignements n'est pas considérée exhaustive et que tout renseignement pouvant éclairer la présente étude devrait être communiqué dans les plus brefs délais.

2.2.1 Cartographie

Des cartes de base se rapportant au territoire étudié comme la topographie, bathymétrie, géologie, etc... furent inventoriées et répertoriées.

2.2.2 Rapports d'études et bibliographie

Le recensement des rapports d'études relatifs au sujet s'avérait essentiel afin de profiter au maximum des données déjà disponibles et afin de ne pas dédoubler un travail déjà effectué et non négligeable pour compléter l'inventaire des barrières physiques, ou encore, pour recueillir les données de base aux études techniques. Plus spécifiquement, ce sont des rapports ou mémoires traitant:

- d'un lien Rive Nord - Rive Sud (environ quatorze);
- des développements proposés pour la région de Québec et mentionnant l'éventualité d'un lien Rive Nord - Rive Sud;
- du développement industriel et portuaire de la région;
- des schémas d'aménagement;
- d'études techniques sur les types de liens.

Ces documents ont été classifiés de façon à être accessibles tout au cours de l'étude.

2.2.3 Exigences et règlementation

Les principales exigences concernant la navigation et la règlementation concernant les voies navigables sont du ressort du gouvernement fédéral, et à ce titre, beaucoup de travail reste à faire, principalement au niveau des négociations et ententes pour l'érection de structures pouvant affecter directement ou indirectement la voie navigable du fleuve Saint-Laurent. A ce jour, les négociations ne sont qu'ébauchées et nul doute que les démarches conduisant à des ententes devraient être effectuées dans les plus brefs délais, afin d'éviter le gaspillage de temps et d'énergie lors de la prochaine phase de la présente étude.

Pour ce qui est de la règlementation sous l'égide du gouvernement provincial, les négociations et ententes devraient se poursuivre normalement sans anicroche majeure.

Au niveau municipal, les règlements de zonage sont les principaux documents concernés et, dans la plupart des cas pour les municipalités touchées par l'étude, les règlements de zonage sont en cours de revision.

2.2.4 Informations diverses

Enfin, l'inventaire se complète par "les informations diverses" portant sur les sujets suivants: agriculture, circulation, environnement, géologie, géotechnique, hydraulique, marégraphie, structure (pont, jetée, tunnel), urbanisme, voirie.

Les titres des ouvrages relatifs à ces sujets apparaissent dans la bibliographie présentée précédemment.

2.3 RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES A OBTENIR

Etant donné les délais, parfois longs, dans l'obtention de certains documents, il reste actuellement à obtenir une documentation complémentaire. Ainsi, après enquête auprès de certains corps publics, il apparaît que des plans de zonage ou rapports d'études sont en préparation. Ces documents devraient nous parvenir lors de la prochaine étape du projet.

A titre de renseignement pour les personnes pouvant collaborer à nous procurer ou à nous faire parvenir les ouvrages manquants, une liste non exhaustive de documents est par la suite présentée, afin de pouvoir accélérer le processus.

LISTE DES DOCUMENTS A OBTENIR

TITRE	SOURCE
Plan d'arpentage	Min. de l'Agriculture
Dynamique actuelle de la glace sur les rives du St-Laurent	M. Brochu 1957, Académie des sciences, pp. 2534-36
Concept général de Réaménagement de la Côte de Beauport	Urbatique Inc.
Etude sur le comté de Montmorency, Côte de Beaupré et Plateau intermédiaire -1964	François Routhier, 1964
Etude sur le comté de Montmorency, Ile d'Orléans	François Routhier, 1964
Corridor de Verdure des Grèves	Demontigny - Dion, 1975 pour M.A.M.
Déplacement des glaces	M. Guy Choquette (514) 879-5701
Etudes pour analyses du lit du St-Laurent	B.A.E.Q.M. par Piette, Audy, Lépinay
Plan de zonage - Beauport	Ville de Beauport
Plan d'urbanisme Beaulieu, I.O.	Pluram pour M.A.M.
Plan d'urbanisme St-Laurent, I.O.	Pluram pour M.A.M.
Etude de présélection industrielle	Interport
Etude sites ind. région de Beauport	Pluram pour M.I.C.
Etude du Port de Québec	A.B.B.D.L. 1976, pour M.I.C. M. Claude Soucy
Plan de zonage St-Pierre, I.O.	Mun. de St-Pierre, I.O.
Plan de zonage Beaumont	Municipalité de Beaumont
Centre de ville Lauzon	Ville de Lauzon
Plan de zonage Boischatel	Mun. de Boischatel
Répertoire des municipalités - 1976	Ed. off. du Québec
Données hauteurs de navires	Society of Naval Architects Shipping World and Ship Builders

CHAPITRE III

HYPOTHESES D'AXES

Lors de l'inventaire des "barrières physiques", nous avons relevé simultanément toutes données et informations intéressantes qui pourraient ultérieurement être utiles pour l'étude du lien Rive Nord - Rive Sud via l'Ile d'Orléans.

C'est pourquoi il semblait important de présenter certains éléments soulignant l'importance et le rôle qu'un tel lien via l'Ile d'Orléans pourrait engendrer pour la région de Québec.

3.0 ELEMENTS POSITIFS

Sommairement, ces éléments sont qu'un tel lien:

- résoudrait le problème d'un raccordement adéquat de l'Ile d'Orléans à la terre ferme;
- accroîtrait la capacité du réseau routier régional;
- améliorerait l'efficacité du rendement de certaines artères localisées à l'intérieur du périmètre urbain;
- faciliterait considérablement les mouvements de transit ayant la région métropolitaine comme pivot;
- favoriserait l'intégration économique à la région métropolitaine de Québec des comtés à l'est de Québec;
- favoriserait la création de circuits touristiques à l'est de Québec;
- provoquerait le déblocage vers une utilisation plus poussée et rationnelle des zones industrielles des côtes de Beauport et de Lauzon;

- faciliterait et encouragerait le développement de l'activité portuaire de Québec;
- faciliterait le transport entre le port de Québec et les parcs industriels de la Rive Sud;
- renforcirait la convergence vers Québec de produits agricoles venant de d'autres régions, telles la Beauce et la Côte-du-Sud;
- encouragerait un certain développement industriel et commercial dans l'est de la région métropolitaine.

3.1 ELEMENTS NEGATIFS

D'autre part, outre ces éléments positifs, un nouveau lien Rive Nord - Rive Sud via l'Ile d'Orléans pourrait provoquer certains effets négatifs sur la région, surtout si aucune planification et contrôle n'étaient appliqués. Mentionnons entre autres:

- les perturbations physiques;
- des accès sur l'Ile mal conçus;
- une utilisation désordonnée du sol;
- une urbanisation accélérée;
- la spéculation foncière;

Quoique ces éléments soient d'ordre général, ils doivent être nécessairement pris en compte pour un développement harmonieux de la région de Québec.

D'autre part, l'inventaire des "barrières physiques" nous a permis d'identifier en premier lieu les obstacles importants qui pourraient entraver le passage d'un lien via l'Ile d'Orléans.

3.2 INVENTAIRE DES "BARRIERES PHYSIQUES"

Afin de constituer l'inventaire de données pouvant être reliées aux "barrières physiques", nous avons contacté ou rencontré des fonctionnaires de ministères des gouvernements fédéral et provincial, des chercheurs de l'université, des membres de groupes sociaux ou publics. En juxtaposant nos recherches effectuées dans les bibliothèques gouvernementales et universitaires, nous avons rassemblé maints documents et textes constituant un matériel intéressant pour l'inventaire.

Les informations retenues furent alors classées sous la forme d'un répertoire de données écrites et principalement sous la forme d'une compilation sur cartes. Il a été jugé utile d'inventorier globalement les sources recueillies pour éviter toute répétition sur un sujet autre que celui des "barrières physiques".

Compte tenu de l'ampleur de l'inventaire, nous tenons à souligner qu'une forte partie de l'inventaire ne sera utilisée qu'ultérieurement dans notre travail, principalement lors du choix définitif des axes routiers et dans l'étude de transport proprement dite.

Les données écrites inventoriées ne sont pas incluses à ce stade-ci, car elles ne serviront qu'à titre de références pour utilisation ultérieure dans l'étude.

Considérant l'inventaire des "barrières physiques" dans la phase préliminaire, celui-ci a été schématisé sous la forme de cartes

qui peuvent être juxtaposées pour fin de comparaison afin de faire ressortir les facteurs particuliers aux axes routiers possibles via l'Ile d'Orléans.

La liste suivante identifie la typologie des cartes servant à identifier et à détecter les tracés possibles.

Cependant, dû à leur nombre et étant donné que certaines sont encore icomplètes, ces cartes ne sont pas incluses dans ce rapport d'étape.

Enfin, nous attendons le rapport d'une étude d'environnement et d'aménagement du territoire devant être publié par le Ministère des Transports au début d'avril 1977. Les données de ce rapport seraient un complément à notre inventaire utilisé lors de la deuxième étape. Donc, étant donné la possibilité de duplication, il a été convenu d'attendre la parution de l'étude effectuée par le Service de la Géographie du Ministère des Transports, sous la direction de Madame Marie-Claire L. Fortin. Cette étude devrait en plusieurs cas répondre à nos attentes pour la sélection des tracés en égard des "barrières physiques".

LISTE DES CARTES

NO	TITRE	ECHELLE
1	Localisation	1 : 75,000
2	Territoire à l'étude	1 : 20,000
3	Population (densité)	1 : 20,000
4	Population saisonnière	1 : 20,000
5	Population (courants migratoires)	1 : 20,000
6	Habitation	1 : 20,000
7	Lieux institutionnels	1 : 20,000
8	Lieux historiques et culturels	1 : 20,000
9	Tourisme (hébergement)	1 : 20,000
10	Tourisme (lieux d'intérêt et récréatifs)	1 : 20,000
11	Toursime et récréation (zones potentielles)	1 : 20,000
12	Industries et commerces	1 : 20,000
13	Utilisation du sol	1 : 20,000
14	Contrôle de l'utilisation du sol	1 : 20,000
15	Agriculture (zones potentielles)	1 : 20,000
16	Géologie	1 : 20,000
17	Topographie	1 : 20,000
18	Services publics	1 : 20,000
19	Cadastres	1 : 20,000 ou plus
20	Limites des municipalités	1 : 20,000

NO	TITRE	ECHELLE
21	Hydrographie	1 : 20,000
22	Végétation forestière	1 : 20,000
23	Forêts (zones potentielles)	1 : 20,000
24	Faune	1 : 20,000
25	Faune ongulée	1 : 20,000
26	Faune sauvagine	1 : 20,000
27	Réseau routier actuel	1 : 20,000
28	Réseaux de transport public	1 : 20,000
29	Débits de circulation - 1974	1 : 20,000
30	Contrôles de circulation	1 : 20,000
31	Plan de conservation, C.U.Q.	1 : 20,000
32	Plan synthèse d'affectation des sols, C.U.Q.	1 : 20,000
33	Aménagement moyen du Port de Québec, variante II, ABBDL	1 : 20,000
34	Tourisme et récréation (zones potentielles) La Haye	1 : 20,000
35	Equipements structurants (Les tendances) La Haye	1 : 20,000
36	Equipements de service (Les tendances) La Haye	1 : 20,000

Tunnel B.A.E. Q.11.
informations sur géologie

3.3 SELECTION DES ZONES D'ETUDE

Par juxtaposition des cartes précitées, trois zones furent définies en tenant compte des obstacles physiques majeurs. A l'intérieur de ces trois zones, une vingtaine d'axes furent tracés puis juxtaposés respectivement à ces mêmes cartes d'inventaire, afin de faire ressortir les avantages, désavantages et particularités de chacun des axes.

Ultérieurement, une analyse de ces différents facteurs particuliers à ces axes constituera la grille de sélection de chacun des axes proposés.

Les trois listes suivantes représentent par ordre d'importance décroissante les avantages, désavantages et particularités inhérents au choix des axes tracés. Certains facteurs touchent tous les axes, alors que d'autres n'affectent que certains.

3.3.1 Avantages

1- Opportunité de mieux relier les deux rives dans la partie est de la région de Québec en tant que territoire économique.

2- Prolongement naturel de l'autoroute de la Capitale actuelle.

3- Lien avec l'autoroute Dufferin-Montmorency.

4- Amélioration pour résoudre le problème actuel du raccordement de l'Ile à la terre ferme.

5- Revalorisation des terrains avoisinants due à un développement bien planifié.

6- Possibilité de transformer certaines parties de l'Ile en zones de récréation et de villégiature.

7- Possibilité de favoriser l'aménagement du patrimoine.

8- Possibilité de favoriser la création de circuits touristiques empruntant la rive nord et la rive sud du St-Laurent à l'est de Québec.

9- Possibilité de construire une autoroute sur l'Ile.

10- Possibilité de créer des entrées et des sorties adéquates avec les routes de l'Ile.

11- Lien avec la route Lallemand sur la rive sud.

12- Lien avec un axe situé à l'ouest de Beaumont et qui rejoint l'autoroute #20.

13- Un tunnel sous l'Ile éviterait des perturbations physiques importantes et serait plus sécuritaire en hiver.

14- Niveaux sud de l'Ile et de la rive sud propices pour un pont surplombant le chenal de navigation actuel.

15- Axe situé hors de la zone achalandée de Montmorency-Villeneuve.

16- Relié à l'autoroute Dufferin-Montmorency par un échangeur prévu.

17- Possibilité de développer industriellement la pointe de la Martinière

18- Possibilité de créer un corridor de transport parallèle et/ou adjacent à la servitude de la ligne 735 KV de l'Hydro-Québec.

19- Possibilité de développer facilement un échangeur sur la bande de terrain située entre le fleuve et le boulevard Ste-Anne.

3.3.2 Désavantages

1- Probabilité d'une spéculation foncière sur l'Ile, la Rive Nord et la Rive Sud.

2- Possibilité d'un développement accru de secteurs résidentiels sur l'Ile au détriment de l'agriculture actuelle.

3- Danger de réduire le territoire de production agricole.

4- Possibilité d'impact sur les sites culturels, historiques ou touristiques.

5- Lien avec routes de l'Ile doit être envisagé mais difficile à instaurer.

6- Un pont (ou des ponts) serait une présence physique sur un site d'une très grande beauté au point de vue environnement urbain et de ses panoramas.

7- Aucun lien direct avec l'autoroute De la Capitale.

8- L'échangeur prévu pour le vieux pont de l'Ile et l'autoroute Dufferin-Montmorency devra être modifié.

9- Engorgement probable de la circulation sur la pointe ouest de l'Ile dû aux entrées et aux sorties sur l'Ile.

10- Lien avec routes existantes de l'Ile pourrait s'avérer difficile à cause de l'exiguité des lieux.

11- Axe éloigné de Québec.

12- Lien avec routes de l'Ile pourrait s'avérer difficile à cause des lieux historiques situés à Ste-Pétronille.

13- Longueur du côté sud de l'Ile nettement supérieure aux distances similaires des autres axes étudiés.

3.3.3 Particularités inhérentes

1- Nécessité de contrôler l'utilisation du sol principalement en fonction des zones résidentielles, agricoles, touristiques, culturelles et récréatives.

2- Importance de protéger le territoire de production agricole.

3- Difficile de mesurer les conséquences écologiques sur la végétation du littoral (avifaune), la faune aquatique et les oiseaux.

4- L'Ile pourrait devenir une attraction touristique de premier ordre.

5- Nécessité de tenir compte des intérêts de la population locale.

6- Nécessité d'une route greffée sur le côté nord de l'Ile pour entrées et sorties sur l'Ile, et probablement d'un petit échangeur à la pointe ouest de l'Ile.

7- Nécessité de prévoir des aménagements très spéciaux pour entrées et sorties de l'Ile.

8- Un pont (ou des ponts) dans cet axe ne serait pas apprécié pour le panorama.

9- Une autoroute sur l'Ile serait nettement moins onéreuse au coût/mille qu'un tunnel.

10- Nécessité d'un tunnel sur l'Ile afin de préserver les cachets culturels et historiques de Ste-Pétronille et pour protéger l'environnement.

11- Nécessité de construire un petit échangeur sur les battures de Beauport comme lien avec l'autoroute Dufferin-Montmorency.

12- Nécessité de creuser un petit tunnel dans l'escarpement du côté nord de l'Ile.

13- Axe plus court pour le trafic entre Québec centre-ville et Lévis centre-ville.

3.4 CHOIX DES LIENS POSSIBLES

Il est primordial de souligner que durant toute la durée de l'inventaire, les données recueillies ainsi que l'analyse des données ont été communiquées à une autre section de l'équipe de travail pour permettre l'étude de types de liens possibles, particuliers à des axes situés à l'intérieur des trois zones définies auparavant et caractéristiques de ces zones.

3.5 CRITERES DE SELECTION DES AXES

Découlant de l'analyse de l'inventaire, les critères généraux suivants devraient aussi être retenus pour le tracé de tout axe routier:

- être le prolongement d'un axe routier principal;
- permettre un échange adéquat avec les autres routes ou artères principales;
- prendre avantage de la proximité de servitudes existantes pour les lignes de transport d'énergie ou d'utilités publiques;
  Exemple: création d'un corridor de transport à utilisation multiple;
- être localisé dans une zone à basse densité d'utilisation (si possible);
- minimiser l'impact sur les zones résidentielles;
- desservir et relier adéquatement les zones industrielles;
- minimiser les distances totales entre les pôles majeurs d'attraction;
- considérer les contraintes physiques telles collines, bâtiments, cours d'eau, etc...;
- maximiser l'impact et l'effet d'entraînement dû a l'emplacement;
- minimiser l'impact sur les zones à haute densité et fortement touchées par la présence de piétons;
- éviter et minimiser l'impact du bruit et de la pollution de l'air;
- développer les aspects panoramiques et esthétiques de la route;
- consolider l'infrastructure de voies de transport en vue d'un accroissement de l'activité économique;
- s'attarder aux solutions les plus rentables économiquement.

3.6 PROCHAINE ETAPE

Lorsque les types de liens particuliers auront été retenus, nous procéderons au choix d'axes routiers en utilisant un processus d'élimination basé sur des critères se greffant à l'étude des "barrières physiques" du territoire identifié.

Les axes routiers sélectionnés seront alors approfondis au point de vue délimitation du corridor, transport, circulation et design.

Enfin, l'équipe de travail attend et compte beaucoup, tel qu'entendu et mentionné précédemment, sur le rapport du Service de Géographie afin de compléter l'analyse des "barrières physiques".

CHAPITRE IV

LES GABARITS

4.0 LA DETERMINATION DES GABARITS

Un des paramètres fondamental à définir pour déterminer le type de lien et le choix des axes est le gabarit exigé par le gouvernement fédéral. Ce gabarit consiste en un certain dégagement horizontal et vertical qu'il faut établir pour les structures proposées, afin de ne pas nuire à la navigation et au débit fluvial. Avant de pouvoir fixer ces gabarits, il faut donc regarder avec le gouvernement fédéral les dégagements les plus susceptibles d'être acceptables pour les parties en cause.

4.1 DEMARCHES A COMPLETER POUR LE PROJET

La première loi à considérer lors de l'élaboration d'un projet est la "Loi sur la protection des eaux navigables" S.R.C. 1970, chap. N-19. Cette loi "constitue un statut fédéral portant préservation du droit public de navigation dans les eaux navigables, telles qu'elles sont définies dans les Statuts, par l'interdiction de construire ou d'implanter quelqu'ouvrage que ce soit dans, sur, au-dessus, au-dessous, au travers ou par dessus des eaux navigables, sans l'approbation du ministre des Transports". Il y a donc certaines démarches à effectuer pour se conformer à la Loi. Voici un résumé des instructions à suivre pour la présentation d'une demande en vertu de

de cette Loi: *

1) Raison motivant la présentation d'une demande

En raison de l'article 5(1) de la Loi, "il est illégal de construire ou de placer un ouvrage sous, dans ou au-dessus d'eaux navigables, à moins que le Ministère des Transports n'ait préalablement approuvé l'emplacement et le plan de l'ouvrage".

2) Genre de demande

"Une demande d'autorisation au Ministère des Transports est requise pour tout ouvrage devant être construit ou placé dans, sur, au-dessus, au-dessous, au travers ou par dessus des eaux navigables quelconques. La Loi exige aussi que l'emplacement et le plan de l'ouvrage soient approuvés par le Ministère (paragraphe 5(1))".

3) Définition de l'expression eaux navigables

"La Loi ne contient aucune définition de l'expression "eaux navigables". La question de savoir si certaines eaux sont navigables doit être décidée dans chaque cas".

4) Règlement qui régit la construction des ouvrages

Il existe un règlement annexé aux instructions qui régit la construction des ouvrages.

---

* Instructions citées en partie en autant que le projet est concerné et tirées d'un fascicule fourni par Transports Canada.

5) Présentation de la demande d'approbation de l'emplacement et du plan

Etant donné que tout ouvrage autre qu'un pont, estacade, barrage ou chaussée peut être exempté de l'autorisation du ministre en vertu du paragraphe 5(2) de la Loi (ici un tunnel pourrait faire l'objet d'une exemption **), les plans (en 10 exemplaires) devraient être envoyés au Chef de la Division des Aides à la Navigation, accompagnés d'une lettre de demande d'exemption. Si l'ouvrage est un pont, estacade, barrage ou chaussée, le Ministère peut exiger que les mesures suivantes soient prises:

A) Une description de l'emplacement de l'ouvrage projeté devra être présentée au ministre des Transports et un double devra être déposé au bureau du régistrateur des titres du district, du comté ou de la province où la construction est projetée.

B) Un plan de l'ouvrage projeté devra être déposé de la même manière que la description de l'emplacement.

De plus, s'il s'agit d'un ouvrage qui sera situé dans les limites du port de Québec, le requérant doit également faire parvenir un exemplaire de la description et du plan de l'ouvrage au secrétaire du Conseil des Ports Nationaux, Ottawa.

C) Un préavis d'un mois dans deux journaux publiés dans la localité ou près de la localité où l'ouvrage sera construit, ainsi

** Note du Rédacteur

que dans la Gazette du Canada, doit être donné à l'effet qu'il y a eu dépôt chez le ministre de la description de l'emplacement et du plan de l'ouvrage ainsi que de la demande d'approbation.

Cependant, il est conseillé de ne pas faire publier d'avis avant que les ingénieurs du Ministère des Transports aient étudié la demande et que le Chef de la Division des Aides à la Navigation du Ministère ait informé les requérants que celui-ci est disposé à recommander l'approbation de l'emplacement et des plans.

6) Correspondance

Toute correspondance relative aux demandes présentées en vertu de la Loi sur la protection des eaux navigables doit être adressée en double exemplaire au Chef de la Division des Aides à la Navigation, Ministère des Transports, Ottawa.

7) Délai d'approbation

A supposer que le Ministère des Transports soit disposé à recommander l'approbation, il s'écoulera ordinairement au moins deux mois (probablement plus) à compter de la date de présentation de la demande. S'il y a urgence, il peut y avoir autorisation restrictive pour la durée des formalités.

8) Droit de propriété

Les requérants doivent se rappeler que lorsqu'il y a lieu d'acquérir, relativement à l'ouvrage projeté, un terrain appartenant

au gouvernement du Canada, ils doivent présenter une demande distincte au Ministère des Transports.

4.2 DEMARCHES AUPRES D'ENVIRONNEMENT CANADA

Advenant le cas où un projet se situe en partie ou complètement sur une propriété du gouvernement fédéral, ou si le Fédéral subventionne ledit projet, une copie du projet doit être remise au Service de Protection de l'Environnement Fédéral pour qu'un comité d'étude d'impact sur l'environnement examine si le projet est acceptable vis-à-vis les impacts sur l'environnement (qualité des eaux, flore et faune environnantes).

4.3 DEMARCHES AU NIVEAU PROVINCIAL ET AUTRES NIVEAUX DE GOUVERNEMENT

Lors de la construction d'un tel projet, il existe certaines démarches à faire auprès de certains ministères provinciaux (Richesses Naturelles, Environnement, Transports, etc.). Le Ministère des Transports, mandataire de l'étude, semble en meilleure posture pour coordonner les démarches étant donné qu'il s'agit de juridiction au sein du même niveau de gouvernement. Il est évident qu'un processus identique doit être amorcé au niveau provincial pour ce qui est des lois pouvant affecter le projet.

De même, les législations municipales permettront de connaître les contraintes d'aménagement vis-à-vis l'implantation du projet.

4.4 DEMARCHES DEJA ENTREPRISES

4.4.1 Indications du Ministère des Transports (fédéral)

Afin de pouvoir amorcer l'étude en utilisant des gabarits réalistes, certains contacts ont déjà été établis auprès du Chef de Division Aide à la Navigation, Monsieur R.H. Smith. Une première lettre demanda des valeurs préliminaires de dégagements susceptibles d'être approuvées lors d'une demande d'approbation officielle. La réponse indiquait:

Dégagement Chenal Nord: 900' X 106' au-dessus Hautes Mers Sup., grande marée

Dégagement Chenal Sud : 2000' X 150' au-dessus Hautes Mers Sup., grande marée

Cependant, il apparut que ces dégagements devraient être modifiés. Il fut donc convenu avec Monsieur Smith que des discussions pouvaient être entamées entre les consultants et Monsieur Yves Trudel, directeur de la Région des Laurentides, Aides et Voies Navigables, pour mieux établir ces gabarits.

Deux rencontres eurent lieu, et il en ressortit les indications suivantes:

Dégagement Chenal Nord: 400' X 50' au-dessus des Hautes Eaux

Dégagement Chenal Sud: 2000' X 200' au-dessus des Hautes Eaux

De plus, Monsieur Trudel mentionnait la nécessité de démontrer l'absence d'effets négatifs au positionnement des piliers sur la navigation (embâcle, ensablement).

4.4.2 Indications provenant d'autres sources

Dans le but de mieux justifier les indications actuelles de dégagements, des démarches ont été entreprises auprès de certains organismes, afin de mieux évaluer les besoins actuels et futurs de la navigation.

A) Port de Québec

Des études sur le développement du port de Québec sont en préparation. Les rapports pourront donner des indications sur les besoins portuaires futurs. Cependant, aucune indication n'a pu être obtenue du port de Québec quant à la hauteur des navires fréquentant ses quais.

B) Davie Ship Building

Des indications, cependant verbales, ont été communiquées de la Davie Ship Building. Il semble que la hauteur des navires au-dessus de la ligne de flottaison (H) varie entre .15L à .18L (L: Longueur du navire). Donc, pour un navire de 1000', la hauteur serait environ de 180'. Les plus hauts navires seraient des paquebots de croisière ou des superpétroliers. Cependant, ces derniers sont limités, semble-t-il, par la profondeur de dragage du chenal à un tirant d'eau de 45' maximum, ce qui correspond à un pétrolier de 100,000T tout au plus. La longueur de tels pétroliers est d'environ 1000'. Par déduction, on estime que la hauteur serait donc inférieure à 180'.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

C) Sociétés spécialisées

Des demandes d'informations sur les limites de hauteur par rapport à la profondeur du chenal ont été envoyées à la Society of Naval Architects and Marine Engineers et à la Shipping World and Ship Builders. Ces organismes publient des revues maritimes mensuelles. Des réponses sont attendues sous peu.

D) Marina de Québec

Il semble que quelques voiliers seulement, ancrés à la Marina de Québec et naviguant dans la région, possèdent des mâts ayant une hauteur voisinant les 70'. En tant que navigation de plaisance, ces voiliers peuvent naviguer dans le chenal nord de l'Ile d'Orléans.

E) Hydro-Québec

Une lettre, auquelle aucune réponse n'a été signifiée, a été adressée a l'Hydro-Québec pour connaître exactement le dégagement minimum en-dessous de leur ligne 735KV enjambant le fleuve et connaître la possibilité de relever ces câbles. Le dégagement réel de ces câbles représentera sûrement une indication sérieuse du dégagement maximum à respecter sous le pont du côté sud.

4.5 NEGOCIATIONS FEDERALES-PROVINCIALES

Les échanges effectués jusqu'à présent entre le groupe d'étude et le Ministère des Transports Fédéral sont de nature

officieuse. L'intention, en les effectuant, n'était que d'obtenir les données de base afin de bien orienter le projet. Nous croyons donc, qu'à ce stade-ci, le gouvernement provincial devrait entamer lui-même et de façon officielle les différentes démarches auprès du gouvernement fédéral, en vertu des lois fédérales concernant le projet. Il est urgent que le Ministère des Transports tente d'arrêter le plus vite possible avec Transports Canada les dégagements qui sont susceptibles d'être acceptés lors de la demande officielle, et ceci à l'aide des informations disponibles dont il a été question précédemment, et cela afin de ne pas retarder inutilement la poursuite de l'étude.

De même, Environnement Canada devra être contacté afin de connaître leurs exigences.

CHAPITRE V

T Y P E S D E L I E N S

5.1 LE CHENAL NORD

5.1.1 Introduction

Les limites du territoire à l'étude pour le chenal Nord s'étendent de la pointe ouest de l'Ile (Ste-Pétronille) jusqu'à la ligne de l'Hydro-Québec sur l'Ile, et des battures de Beauport (près de Ville Montmorency) jusqu'à la ligne de l'Hydro-Québec.

5.1.1.1 Approche par l'inventaire des barrières physiques

Trois zones principales ont été définies à l'intérieur du territoire à l'étude. Il semblait difficile d'établir des liens à l'extérieur de ces zones à cause d'obstacles naturels bien précis (pont actuel, cimetière, longueur excessive, circulation, etc.).

5.1.1.2 Approche technique

A l'aide des trois zones définies par l'inventaire des barrières physiques et à l'aide des cartes topographiques et bathymétriques, il a été tracé à l'intérieur de chacune d'elles un axe représentatif de la zone (voir fig. 5-1, 5-2, profil lignes nord). A l'aide du profil en élévation de chacun de ces axes, on constate que le fond marin varie très peu d'un axe à l'autre, sauf une dépression plus évidente dans l'axe 2 nord.

Par ailleurs, le profil topographique du côté de l'Ile présente un escarpement qui s'accentue de l'axe 2 Nord vers l'axe 5 Nord. Il est à noter que l'axe 2 Nord est le plus court et est celui qui correspond au prolongement de l'autoroute 40 sur les battures de Beauport.

5.1.2 Type de liens (Bras Nord)

5.1.2.1 Description

L'étude des différents types de liens pour le Bras Nord portera principalement sur une jetée ou une jetée partielle avec pont. La proximité du fond marin dans les axes du chenal Nord ainsi que la régularité du profil plat (voir fig. 6-1, Bathymétrie et Topographie) nous incitent à écarter les solutions tunnel et pont à longue portée, ces solutions étant acceptées au départ comme plus dispendieuses.

5.1.2.2 Facteurs techniques de faisabilité

Plusieurs facteurs techniques peuvent influencer le choix d'un type de lien, notamment la topographie des lieux et du fond marin, la stratigraphie, la géologie, la nature et les propriétés du sol et du roc, le vent, les courants, les marées et le mouvement des glaces propre au St-Laurent.

Pour obtenir ces informations, des forages ont été effectués sur les différents axes du Bras Nord. De plus, au printemps,

des sondages séismiques seront réalisés et leurs résultats parviendront ultérieurement. Enfin, comme souligné à la section traitant de l'hydraulique, des modèles hydrauliques préciseront les conséquences du mouvement des glaces ainsi que l'effet de sédimentation ou l'affouillement du fond marin causés par l'entrave d'une jetée ou de rétrécissement du fleuve occasionné par un pont.

5.1.2.3 Analyse

Les deux principaux types de liens qui peuvent être retenus pour le Bras Nord, soit la jetée ou la jetée partielle avec pont, feront l'objet de cette analyse. Nous avons établi la largeur des structures approximativement à 102' pour la jetée (i.e. 10' + (3 X 12') + 10' + (3 X 12') + 10') et pour les ponts à 88', (i.e. 6' + (3 X 12') + 4' + (3 X 12') + 6'), ce qui correspond à 6 voies de circulation, tel que préconisé par le Ministère des Transports. De plus, les pentes de circulation sur les ponts seront limitées à 2% et à 3% au maximum.

A) Jetée

Plusieurs types de jetées peuvent être adoptés suivant leur section géométrique et les matériaux utilisés. Cependant, on prendra surtout en considération le type en enrochement de forme trapézoidale, étant donné ses avantages et les facilités d'approvisionnement en matériaux disponibles dans les environs du site. Ce type est donc essentiellement un massif en pierre tout-venant protégé par un enrochement de plus gros volume sur les bas côtés et tel que montré à l'esquisse (voir fig. 5-3, Jetée).

L'altitude du dessus de la jetée a été déterminée à partir des niveaux des marées et de la hauteur des vagues, ce qui correspond approximativement à l'E1+23.00. La protection de la jetée (c'est-à-dire la grosseur des pierres du revêtement ainsi que l'épaisseur des couches) dépend de la hauteur des vagues générées par la vélocité et la durée des vents pour la distance à parcourir (fetch).

La faible profondeur d'eau dans les axes du Bras Nord, ainsi que la nature des fondations se prêteraient bien à ce genre de structure. En effet, par examen des détails des forages effectués cet hiver, on peut affirmer que le chenal Nord se compose en général d'une couche de sable en surface d'environ 100' à 150' de densité moyenne à dense. On peut donc supposer en première approximation que les fondations sont susceptibles de recevoir des remblais d'une hauteur pouvant atteindre 80' et ce, sans tassements excessifs.

Les avantages de ce genre de structure sont multiples: facilité d'exécution, du fait qu'il se construit en déversant progressivement de la pierre dans l'eau à l'avant du remblai, compaction sous le poids des engins au cours des travaux et sous son propre poids par la suite, ce qui provoquerait un réajustement des pierres entre elles et améliorerait la stabilité des remblais, le tout avec un minimum d'entretien.

Il est à noter également que ce type de jetée éliminerait, à cause de sa composition et de ses pentes, les inconvénients dus à l'action des vagues sur les voies de circulation, comparativement à un type à parois verticales qui n'offrirait pas cet avantage.

Cependant, ce type de jetée entraînerait l'utilisation de gros volumes de matériaux de remblais en plus de créer une barrière définitive aux mouvements des eaux et à toute circulation maritime.

B) Jetée partielle et pont

Le choix d'un type de pont est fonction principalement de la portée. Il est aussi influencé par la qualité et le coût des matériaux, les conditions de fondations, la hauteur libre sous la structure et les contraintes d'érection inhérentes au site.

Pour le Bras Nord de l'Ile d'Orléans, le choix de la portée dépend en grande partie du gabarit exigé qui a été fixé, seulement à titre indicatif, à 400' horizontale, par 50' verticale, au-dessus des hautes eaux.

Les remblais d'approches ont la même composition que la jetée, et leur hauteur est variable jusqu'à un maximum de 60' au-dessus du fond du lit du fleuve et seule l'étude des fondations permettra de fixer la hauteur définitive.

Ayant limité les pentes de circulation à 2% et 3% maximum, la longueur totale de la structure de pont pourra varier entre 2,400' à 2,600' en incluant les travées des approches.

Il est à noter que les conditions de fondations des piliers fixeront le choix des portées travées des approches.

Des alternatives sont présentées aux figures 5-4, 5-5 et 5-6 et peuvent être appliquées aux différents axes du Bras Nord vu la

similitude des profils. Pour chaque alternative, une coupe de la section du pont est montrée avec une brève description des éléments et des matériaux qui la composent. Certaines alternatives montrent une variation dans les longueurs des portées des approches.

5.1.2.4 Caractéristiques des ponts

On retrouve ci-après pour les différents types de ponts susceptibles de retenir notre attention pour une portée de l'ordre de quatre cent cinquante pieds (450'). Un sommaire des caractéristiques est par la suite présenté:

Pont en béton précontraint; poutre caisson

La construction en encorbellement en béton précontraint est originaire de l'Allemagne. Essentiéllement, la superstructure est construite à partir d'un pilier et forme de chaque côté une paire de porte-à-faux balancé.

Les moments non-balancés des porte-à-faux doivent être limités au maximum et il est nécessaire de prévoir une certaine façon de les contrer au pilier. On utilise un pilier plus rigide ou, en certains cas, des membrures de retenues temporaires près du pilier.

La superstructure peut être coulée en place au moyen d'un échafaudage mobile ou construite à l'aide d'éléments préfabriqués juxtaposés.

Plusieurs techniques de fermeture sont possibles à la jonction

des porte-à-faux. On peut utiliser une rotule permanente, une section préfabriquée suspendue, ou rendre la structure continue au moyen de câbles de précontraintes additionnels. La préférence est dans la continuité et résulte dans l'omission des détails d'articulations complexes et dans la facilité d'entretien que présente une structure sans joint; cependant, il faut tenir compte de l'effet de l'expansion de la structure aux piliers dû à cette continuité.

Le principal avantage du béton comme matériau de construction réside dans sa durabilité et son entretien minime. Par ailleurs, l'utilisation de la précontrainte entraîne une absence de fissure de tension dans le béton, ce qui favorise sa longévité.

La suppression des échafaudages permet à l'entrepreneur de s'affranchir des difficultés considérables liées à l'installation d'appuis provisoires en eau profonde.

La souplesse du procédé assure, en outre, des délais de construction qui dépendent seulement de la longueur du pont et du nombre de piliers.

Enfin, le coût de l'ouvrage est sensiblement abaissé, non seulement par la suppression des échafaudages, mais aussi par la répétition des tâches toujours identiques que sa mise en oeuvre implique, le tout étant impérativement défini à l'avance avec précision.

Comme désavantage, ce type de structure nécessite des fondations plus importantes que pour une structure métallique dont le poids propre est inférieur.

Pont tubulaire en acier

Les poutres caissons sont le plus souvent employées avec une dalle orthotropique. Les caissons sont relativement larges et utilisés avec leurs ailes inférieures et supérieures renforcées à l'aide de raidisseurs longitudinaux. L'avantage de ce système est que les poutres caissons ont une grande rigidité à la torsion pendant que ces raidisseurs longitudinaux sont bien protégés contre les effets de la température. Ces avantages permettent de minimiser les dimensions et de réaliser une structure plus esthétique.

Les sections des membrures principales permettent le passage des différents services pour son exploitation, en plus de faciliter l'entretien général du pont.

D'autre part, le tablier orthotropique est constitué de plaques minces en acier, renforcé par une série de raidisseurs longitudinaux placés à angle droit avec les poutres principales. Comme les rigidités des raidisseurs et des poutres principales sont différentes, le comportement élastique est différent dans chacune des deux directions. C'est ainsi que l'ensemble du système est connu sous le nom d'orthotropique.

Les avantages du tablier orthotropique comparés avec un tablier conventionnel sont un poids moindre, une plus grande résistance à la flexion et à la torsion, et un bon comportement pour distribuer les charges. Son rapport favorable portée / hauteur permet de réaliser une structure plus esthétique qui peut cependant entraîner un coût de fabrication et d'érection plus important.

Pont haubané

Ce type de structure est essentiellement un pont tubulaire en acier raidi axialement par des haubans. L'usage des câbles droits en tension en comparaison d'un pont suspendu conventionnel, entraîne une structure plus rigide. Pour obtenir un design économique, il faut cependant que la dalle participe à la transmission des efforts axiaux dus aux charges. Le choix et la disposition des câbles, ainsi que leurs détails de connection au niveau du tablier et des poteaux, peuvent avoir une influence déterminante sur le procédé d'érection et sur le coût total du pont.

Pont à poutre d'acier

L'avantage principal d'un pont à poutre d'acier réside dans sa simplicité de géométrie, mais l'utilisation inefficace de l'âme de la poutre dans la transmission des efforts entraîne une augmentation inutile du poids de l'acier en comparaison d'un pont à treillis.

Mentionnons que son entretien est plus dispendieux qu'un pont tubulaire, vu ses composantes plus exposées aux agents extérieurs.

5.1.3 Conclusion

Cette partie du rapport avait pour but de présenter les axes étudiés ainsi que de proposer certaines alternatives de types de liens pour le chenal nord du fleuve. Plusieurs facteurs techniques restant encore à déterminer ont été mentionnés à tour de rôle tout au long du texte. Cependant, à la lumière des recherches effectuées et des infor-

mations disponibles, il apparaît que les différents types de ponts présentés sont techniquement réalisables et l'analyse de la deuxième phase permettra d'optimiser ces options. Dans cette deuxième étape, on insistera davantage sur les recommandations qui s'imposent pour en arriver à une évaluation comparative, autant du point de vue technique qu'économique.

5.2 CHENAL SUD

5.2.1 Introduction

Compte tenu:

1o - des recherches sur les formations géologiques,

2o - des cartes bathymétriques,

3o - de l'étude sismique,

il apparaît que la liaison entre l'Ile d'Orléans et la Rive Sud pour franchir le passage navigable dans cette partie du fleuve St-Laurent, pourraît être envisagée, en théorie, sans conséquence ou complication singulière et, en pratique, en adoptant l'une des trois solutions suivantes:

- soit la construction d'un pont;
- soit la construction d'un tunnel foré;
- soit la construction d'un tunnel déposé.

Ces différentes possibilités ont fait l'objet d'une étude particulière et comparative dans un résumé, conçue pour exposer les techniques indispensables à leur réalisation respective et pour permettre éventuellement de sélectionner le procédé qui conviendrait le mieux aux impératifs, qu'ils soient d'ordre économique, écologique ou environnemental.

Sur le côté du chenal Sud, le secteur étudié inclut cinq axes

représentatifs d'un sous-secteur donné et proposés à l'intérieur d'une aire allant de l'extrémité ouest de l'Ile d'orléans jusqu'à la ligne de transmission de l'Hydro-Québec, soit sur une distance d'environ quatre milles à l'est de l'extrémité ouest de l'Ile d'Orléans. (Voir fig. 5)

5.2.2 Localisation des axes

Parmi les différents axes proposés pour couvrir le territoire concerné, on retrouve:

- L'axe 1, localisé dans le prolongement de l'autoroute 40, traverse le chenal Nord en passant à l'extrémité extérieure de la pointe ouest de l'Ile d'Orléans pour ensuite traverser le chenal Sud et relier l'autoroute 20.

Une proposition envisagée pour cet axe serait de relier directement la rive Nord à la rive Sud avec un tunnel déposé. (Voir fig. 5-7)

Une autre proposition consisterait à traverser la section nord du fleuve avec une jetée, ou une jetée partielle, avec un pont, et de traverser la section sud du fleuve avec un tunnel pré-coulé. (Voir fig. 5-7).

- L'axe 2, localisé également dans le prolongement de l'autoroute 40, pourrait être relié à l'Ile d'Orléans suivant les détails exposés dans les propositions spécifiques de la section nord décrites précédemment.

Par la suite, la traversée de l'Ile pourrait être réalisée au moyen d'un tunnel coulé en place dans une tranchée excavée à partir de la surface, pour être par après remblayée une fois les travaux terminés, et ceci dans l'hypothèse de la construction d'un pont suspendu (voir fig. 5-9) pour la traversée du chenal Sud. Cette option n'affecte en rien le caractère historique de l'Ile, sauf pendant la durée des travaux.

- L'axe 2A sud, tracé pour l'étude des tunnels forés et déposés, répond aux meilleures conditions pour la traversée des massifs rocheux.

Cet axe, situé dans le prolongement de l'axe 2 nord, dans l'hypothèse d'un tunnel foré, à partir de la face nord de l'Ile d'Orléans, traverse d'abord cette dernière, ensuite passe sous le lit du chenal sud pour se terminer en tranché à ciel ouvert, près de l'autoroute 20. (voir fig. 5-8)

Une autre alternative consisterait à traverser le chenal sud avec un tunnel déposé reliant le tunnel foré sur chacune des deux rives. (voir fig. 5-8)

- L'axe 3, localisé dans le prolongement du site du pont actuel pour franchir le bras nord, consisterait à effectuer la traversée de l'Ile avec une autoroute en surface.

Dans cet axe, différentes portées de pont suspendu ont été étudiées, de même que les approches correspondantes à chaque extrémité.

Le développement technique de ces études est présenté plus loin dans le rapport. (voir fig. 5-9)

- Pour l'axe 4, nous avons élaboré une approche identique à celle réalisée pour l'axe 3.

- L'axe 5, étant localisé non loin des lignes de transmission de l'Hydro-Québec, est considéré comme la limite extrême du territoire à l'étude.

Un pont suspendu ayant différentes portées ainsi que les approches correspondantes, est envisagé pour la traversée du chenal sud avec raccordement à la traverse du côté nord, au moyen d'une autoroute. (voir fig. 5-10)

5.2.3 Facteurs influençant la localisation

Tous les emplacements possibles ont été examinés en vue de trouver la meilleure localisation que ce soit pour un pont ou un tunnel.

Cette localisation des axes dépend de plusieurs facteurs incluant principalement la topographie, les conditions du climat, l'hydrographie, les conditions des sols, les formations géologiques, de même que les exigences relatives à la circulation.

La construction d'un pont pour la traversée du chenal sud, pour rencontrer les exigences de la navigation, doit avoir une longue portée et un grand dégagement vertical.

En plus de satisfaire aux exigences de la navigation et aux gabarits imposés, il faut considérer l'escarpement des rives et la profondeur du fleuve qui imposent des contraintes lors de la construction d'un tunnel véhiculaire, étant donné la différence considérable de niveau entre chaque rive de part et d'autre du St-Laurent.

Un tunnel déposé dans le lit du fleuve atténuerait quelque peu cette difficulté mais poserait un autre problème majeur au moment du raccordement avec le tunnel foré.

5.2.4 Tolérances imposées

Suite à la discussion, déjà élaborée dans la section traitant des gabarits, et après rencontres avec les représentants du ministère des Transports fédéral et les autorités du port de Québec, il a été ad-

mis, dans le cas d'un pont suspendu, qu'un dégagement horizontal minimal de deux mille pieds (2,000') et qu'un dégagement vertical de deux cents pieds (200'), au-dessus des hautes eaux (El. +13'), pouvaient être pris en considération.

Dans le cas d'un tunnel déposé, il est recommandé une hauteur de cinquante pieds (50') libre, entre le niveau des basses eaux et le fond du chenal, et ce, sur sa largeur. Cette hauteur respecterait les besoins présents et futurs de la navigation.

5.2.5 Pont

Le pont suspendu apparaît le seul type de pont pouvant être acceptable, étant donné la largeur et la hauteur des gabarits pouvant être exigés pour franchir le bras sud du fleuve St-Laurent. (Voir la section 5.2.7 sur le choix de type de pont).

5.2.5.1 Canal de navigation

Le chenal sud, étant le chenal principal de navigation commerciale du fleuve St-Laurent, exige des dégagements tels qu'indiqués précédemment.

Par ailleurs, la profondeur d'eau serait de cent pieds (100') maximum à l'emplacement le plus probable pour l'érection des piliers et sensiblement similaire dans tous les cas prévus, c'est-à-dire les différents axes étudiés.

5.2.5.2 Conditions du sol

Les sondages effectués pour l'Hydro-Québec et qui ont servi à la construction de tours de transmission, révèlent que le fond marin, situé au-dessus du roc à cet endroit, est composé de sable, gravier avec de l'argile, et de blocs de pierre de différentes dimensions.

Les sondages sismiques effectués récemment sur l'ensemble du chenal sud, indiquent à l'endroit où sont localisés les différents axes, des variations considérables de la profondeur du roc, avec une profondeur croissante de cent trente pieds (130') sous l'eau sur l'axe 2, près de Ste-Pétronille, et à cent cinquante pieds (150') à l'emplacement de l'axe 5, près des lignes de transmission.

Lors de la poursuite de l'étude, il serait souhaitable de procéder au moins à un sondage aux emplacements des piliers principaux du pont, et ceci, dans tous les axes retenus.

Il est probable que le fond marin et le roc, à la suite de ces sondages, s'avèrent adéquats.

5.2.5.3 Qualité et état du site

La présence des glaces, la probabilité de séismes et la vélocité maximum du vent pour le site en question sont les mêmes que celles qui ont été prises en considération pour l'étude du pont de Québec et du pont Pierre-Laporte.

Il faudrait noter que le courant des eaux atteint quatre (4)

noeuds et quelquefois moins à cause de la largeur du chenal à cet endroit.

5.2.6 Analyse des différents axes retenus

- Axe 2

L'axe 2 est situé à environ trois mille pieds (3,000') de l'extrémité ouest de l'Ile d'Orléans, près de Ste-Pétronille. (voir fig. 5)

Cet axe présente certains avantages, et notamment, le fait de son raccordement direct avec l'autoroute 40 et également d'être le point le plus rapproché des villes de Québec et de Lévis.

Dans cet axe, la profondeur maximum du roc, à l'emplacement des piliers du pont, serait d'environ cent vingt-cinq pieds (125'). (voir fig. 5-9)

Cet axe devrait être orienté, à partir de son point de rencontre avec l'Ile d'Orléans, de façon à être perpendiculaire avec le lit du fleuve.

- Axe 3

Cet axe serait localisé à environ six mille trois cents pieds (6,300') à l'est de l'axe 2, près de la Pointe Miranda et à l'endroit où le chenal de navigation change de direction. Cependant, la largeur du chenal dans cet axe serait d'environ huit mille pieds (8,000'), comparativement à six mille sept cents pieds (6,700') pour les autres axes. (voir fig. 5)

La profondeur maximum du roc, à l'endroit des piliers, serait de cent trente pieds (130') et de cent quinze pieds (115') aux ancrages, ce qui semble plus important que pour l'axe 2. (voir fig. 5-9)

- Axe 4

La localisation de cet axe, situé à environ quatre mille pieds (4,000') à l'ouest de la partie nord des lignes de transmission de l'Hydro-Québec, ne serait pas perpendiculaire au passage navigable de deux mille pieds (2,000') dont il s'écarterait avec un angle. (voir fig. 5)

Cet axe 4 présente certains avantages, mais actuellement ne fut pas retenu à ce stade-ci de l'étude à cause de sa similitude avec l'axe 5.

- Axe 5

Cet axe est situé a environ mille quatre cents pieds (1,400') de la ligne de transmission de l'Hydro-Québec et parallèle à celle-ci.

La profondeur du roc, à l'emplacement des piliers, est d'environ cent cinquante pieds (150') et la profondeur maximum aux ancrages est d'environ cent quarante pieds (140'). (voir fig. 5-10)

5.2.7 Choix du type de pont

Etant donné la largeur du chenal de deux mille pieds (2,000'), la profondeur d'eau et le type de roc, le choix d'un pont suspendu, comme type de pont, s'avère la meilleure solution et la plus économique.

Par ailleurs, un pont suspendu présenterait une structure esthétique et harmonieuse qui traverserait le fleuve à l'entrée du port de la Ville.

Malgré sa grande portée, le pont aurait trois (3) voies de circulation dans chaque sens, soit deux chaussées de trente-huit pieds (38')

de largeur, les trottoirs extérieurs et central auraient quatre pieds (4') de largeur. Ces chaussées et trottoirs seraient de même type que ceux du pont Pierre-Laporte.

Les spécifications de design et les chargements rencontreront les exigences les plus récentes du ministère des Transports de Québec et de l'American Association of State Highway and Transportation.

5.2.8 Type de portée selon les axes retenus

Trois (3) portées différentes sont présentées pour chacun des trois (3) axes, soit pour l'axe 2, l'axe 3 et l'axe 5, et une estimation très préliminaire du coût de construction a été introduite pour ces trois alternatives.

A - Section centrale de 2,600 pieds

Une section principale de deux mille six cents pieds (2,600'), considérée comme minimum pour traverser le chenal, devrait être assemblée aux deux (2) extrémités à deux (2) sections de huit cents pieds (800') et quatre cents pieds (400') de portée, de façon à localiser les ancrages aux emplacements où le roc est moins profond. (voir fig. 5-11)

A noter, qu'à priori, les fondations des ancrages s'établieront sur le roc. Cependant, si les forages révèlent un fond marin plus consistant, on pourrait probablement envisager de ne pas asseoir les ancrages directement sur le roc.

B - Section centrale de 3,000 pieds

A une section centrale de trois mille pieds (3,000') seraient ajoutées deux autres sections de mille pieds (1,000') et quatre cent cinquante pieds (450') de portée, seulement sur le côté sud de l'axe 2 étant donné que la profondeur du roc est moindre pour fixer l'ancrage.

C - Section centrale de 5,000 pieds

Cette très longue section centrale a été envisagée pour voir si l'économie du coût des fondations compenserait la différence du coût de la superstructure. A cette section centrale devraient être ajoutées deux (2) sections de mille cinq cents pieds (1,500') de portée, à chaque extrémité, et les ancrages seraient localisés sur les rives élevées, de chaque côté du chenal sud. (voir fig. 5-12)

5.2.9 Sections d'approches pour le pont

Pour cette étude préliminaire, les sections d'approches du pont, au-dessus de l'eau, varieraient en longueur de deux cent quatre-vingts pieds (280') à quatre cent cinquante pieds (450').

Les sections d'approches, sur les rives, pourraient varier en longueur, entre deux cents pieds (200') et deux cent soixante pieds (260'), excepté près des culées où des sections plus courtes pourraient être utilisées.

Les études subséquentes détermineront plus précisément les longueurs et les types les plus économiques pour les sections d'approches tant au-dessus de l'eau que sur les rives.

5.2.10 Recommandations quant au choix d'un pont

Si l'on tient compte de la topographie des lieux et des avantages qui en découlent, en ce qui concerne le coût de construction, il semble que le choix de l'axe 2 soit le plus plausible pour la construction d'un pont suspendu ayant une portée de 2,600'. Cependant, ce n'est qu'une première constatation qui devra être appuyée par le modèle d'optimisation utilisé pour la prochaine phase.

A titre indicatif, à ce moment-ci, on peut avancer que les coûts de construction du pont sont de l'ordre de $23,000./pi.lin. pour une longueur moyenne de 10,500 pieds. A cela, il faut évidemment ajouter le coût des liaisons routières.

L'estimation approximative du coût de construction préparé à ce stade-ci est présenté pour une superstructure obtenue à partir d'un design conventionnel. Toutefois, il est proposé d'étudier l'utilisation d'une dalle orthotropique comme tablier, protégée par un revêtement d'asphalte - epoxy, combiné avec des fermes de petites sections généralement utilisées avec ce genre de tablier. Un tel type de superstructure pourrait réduire l'estimation avancée de quinze à vingt pourcent (15% à 20%).

L'utilisation de poutres caissons aérodynamiques combinées à un tablier orthotropique pour la superstructure devrait être étudiée, ce qui pourrait réduire de façon substantielle le coût relatif à ce type de design.

Il est évident que l'optimisation d'une solution nécessite

une reconnaissance plus approfondie du fond marin et du roc, au moyen de forages localisés:

1o - à l'emplacement de chacun des piliers principaux;

2o - à l'emplacement de chacun des piliers d'appui des câbles adjacents;

3o - à l'emplacement des ancrages;

4o - le long des sections d'approches de chaque côté du pont.

5.2.11 Choix du tunnel déposé

Les facteurs conduisant au choix d'un tunnel déposé sont les suivants:

- un tunnel ne cause aucune obstruction au trafic maritime;

- un tunnel déposé serait moins long qu'un tunnel foré; ce gain sur la longueur serait d'environ quinze pourcent (15%);

- dans le cas du tunnel déposé, la pente serait plus faible pour la circulation, comparativement au tunnel foré qui serait, d'autre part, beaucoup plus long;

- il est possible que la composition des couches intérieures du socle rocheux à traverser par le tunnel foré, présenterait des difficultés qui augmenteraient à la fois, et la durée des travaux et le coût;

- enfin, le choix du tunnel immergé éliminerait tous les imprévus que nous pourrions éventuellement rencontrer avec un tunnel foré, mais par contre devra faire face aux difficultés techniques de réalisation.

5.2.12 Choix de l'emplacement du tunnel déposé

Un tunnel déposé à été perçu principalement à l'emplacement de l'axe 1 et placé de façon à relier la rive nord à la rive sud, en passant à l'extérieur de l'extrémité ouest de l'Ile d'Orléans. D'autre part, des voies d'accès devraient être prévues pour assurer un lien avec l'Ile d'Orléans. (Voir fig. 5)

Une seconde alternative comporterait une jetée partielle avec un pont pour traverser le chenal nord et un tunnel immergé débutant à la hauteur de l'Ile d'Orléans pour se poursuivre sous le lit du fleuve pour le chenal sud. La sortie sur la rive sud se fera par un tunnel foré qui déboucherait à la hauteur de l'autoroute 20. (Voir fig. 5 - 7)

A l'emplacement de la ligne 2A, la construction devrait débuter sur la face nord de l'Ile d'Orléans par un tunnel foré sous l'Ile, pour déboucher dans un tunnel immergé déposé sur le fond marin et sortant, sur la rive sud, par un tunnel foré qui se rendrait près de l'autoroute 20. Cette solution peut toutefois soulever des problèmes majeurs de construction, aux joints, entre le tunnel foré et le tunnel déposé. (Voir fig. 5 - 8)

5.2.13 Dimensions des chaussées

Le projet est conçu pour des chaussées à trois (3) voies dans chaque direction de douze pieds (12') de largeur chacune, avec un dégagement vertical de quinze pieds et huit pouces (15'8")

Des trottoirs d'urgence devraient être prévus de chaque côté

des voies carrossables.

5.2.14 Description et dimensionnement préliminaire

Afin de donner un ordre de grandeur des dimensions impliquées d'un tunnel, nous présentons, dans cette section, une évaluation préliminaire et sommaire de la description et des dimensions impliquées.

Un tunnel immergé serait en béton armé de section transversale rectangulaire. (Voir fig. 5 - 8)

La longueur possible du tunnel déposé pourrait varier de sept mille pieds à quinze mille pieds (7,000' à 15,000') pour l'axe 1, avec une profondeur maximum sous le niveau d'eau de cent trente pieds (130').

Pour l'axe 2A, la longueur serait de l'ordre de cinq mille cinq cents pieds (5,500') immergés, pour une longueur totale de dix-huit mille neuf cents pieds (18,900') avec les approches. Un tunnel déposé pour l'axe 2A aurait une profondeur maximum sous le niveau des hautes eaux de cent trente-sept pieds (137'), et la pente maximum de ce tunnel serait de l'ordre de quatre pourcent (4%).

Les éléments de ce type de tunnel pourraient mesurer (300' X 100' X 24') et seraient descendus dans une fosse préparée à l'avance dans le lit du fleuve. Ces éléments seraient provisoirement supportés par des vérins hydrauliques et, par la suite, remplacés par un matelas de sable injecté dans l'espace entre le dessous du tunnel et le fond de la fosse.

Trois (3) points essentiels devraient être considérés, c'est-

à-dire, l'élément en béton armé de section rectangulaire, le joint en caoutchouc qui, par pression hydrostatique sur l'extrémité des éléments du tunnel, rend les assemblages étanches, et, la méthode d'injection de sable sous le tunnel.

Les éléments du tunnel devraient être coulés en série, dans des cales sèches situées du côté de la rive sud. Les éléments auraient des cloisons provisoires aux extrémités pour permettre leur transport par flottaison.

Le design de la structure sera fait en accord avec le Code National du Bâtiment.

Les charges sur le tunnel seront les suivantes:

a) Poids du tunnel.

b) Pression d'eau.

c) Remplissage de sable et l'enrochement déposés sur le tunnel.

d) Les réactions du sol.

e) Les forces de friction, telles les forces verticales sur les murs extérieurs du tunnel, causées par les tassements différentiels du sol au-dessus et au-dessous du tunnel.

f) Les forces de tremblement de terre.

Il est recommandé de conserver une section uniforme sur toute la longueur du tunnel et d'utiliser une armature uniforme pour chacune des sections.

Des moments de flexion longitudinaux se produisent dans les éléments du tunnel, au moment de la flottaison et de l'immersion.

Ces moments peuvent être gardés dans des limites permissibles en ajoutant du balast approprié et, de ce fait, ne nécessitent pas d'acier additionnel.

Les charges du lit dans le fleuve peuvent causer des variations considérables à la charge verticale. Le tunnel doit être analysé comme une poutre sur fondation élastique, soumise à un chargement sinuosoïdal ayant pour maximum la protection de roc plus vingt pieds (20') de sable, et comme minimum, la protection de roc seulement.

Comme le tunnel est localisé dans une région sujette à une activité séismique qui peut être importante, il sera nécessaire d'étudier l'influence possible d'un tremblement de terre sur le tunnel.

Très peu de littérature s'avère disponible sur la résistance au tremblement de terre des structures souterraines. Toutefois, il est assumé qu'elles sont moins exposées aux dommages d'un tremblement de terre que les structures extérieures. Le design devrait être basé sur une accélération maximum de vingt-et-un pourcent (21%) de la gravité. Ainsi, les forces de cisaillement équivalentes à vingt-et-un pourcent (21%) du poids du recouvrement seraient transmises au toit du tunnel.

5.2.15 Déblaiement de la fosse sous le fleuve

Le déblaiement de la fosse sous le fleuve peut se réaliser par l'utilisation de matériel de dragage flottant.

Une machine spéciale de nettoyage par succion enlève de la tranchée tous les débris qui peuvent résulter de l'opération précédente.

5.2.16 Mise en place des éléments du tunnel

La fréquence du mauvais temps, l'intensité du trafic dans le fleuve, le changement de sens du courant dû au jeu des marées, rendront difficile la méthode habituelle de transport par flottaison des éléments jusqu'à leur lieu d'immersion.

Quand un élément de tunnel doit être immergé en eau profonde, il est d'abord remorqué de la cale sèche à un emplacement situé en-dessous des grues. Les grues le prennent ensuite et le descendent sur des chariots prêts à le recevoir sur le toit du tunnel déjà immergé. Les chariots roulent sur des voies situées sur le toit du tunnel.

Au moyen de remorqueurs, l'élément de tunnel est ensuite amené jusqu'à l'extrémité des éléments déjà immergés, là où se trouve l'unité mobile sous-marine. Cette machine le reçoit et le descend dans la fosse où il est tiré par un crochet hydraulique contre l'extrémité de l'élément de tunnel préalablement descendu.

5.2.17 Tours d'aération

Pour contrôler la teneur en monoxide de carbone, un système d'aération comprenant deux (2) prises d'air doit être prévu.

Une tour d'aération placée à chaque extrémité du tunnel, soit du côté de l'Ile d'Orléans aussi bien que du côté de la rive sud, y sera installée.

Chaque tour consisterait en un ouvrage vertical en béton armé, descendu sur le toit du tunnel après la mise en place et l'assemblage du tunnel.

5.2.18 Recommandations quant au choix d'un tunnel déposé

Des considérations techniques générales sont à l'origine de cette étude préliminaire.

Toutefois, il apparaît que l'axe 1 serait plus avantageux pour la construction d'un tunnel déposé. Il faudrait l'associer à une jetée partielle combinée avec un pont pour relier la rive nord du fleuve.

Il importe toutefois de considérer la très grande profondeur d'eau, soit environ cent trente pieds (130'), qui, à notre avis, pourrait constituer un facteur majeur quant à la réalisation en utilisant ce procédé.

Il est bien entendu qu'à ce stade de notre étude, pour cette alternative, nous n'avons pas considéré tous les facteurs inhérents à ce projet, et qu'en conséquence, nous n'avons pu préparer une estimation, même sommaire, pour l'ensemble des travaux relatifs à la construction d'un tunnel déposé.

5.2.19 Choix du tunnel foré

Le choix d'un tunnel foré dans l'état actuel des connaissances présente un intérêt à la fois sur le plan économique et sur le plan environnement (protection du site).

5.2.20 Choix de l'emplacement du tunnel foré

Le tracé approximatif du tunnel retenu est présenté sur la

carte de situation (fig. 5 et fig. 5 - 13). Il conduit à envisager un ouvrage ayant environ les longueurs suivantes:

- 1,140 m. (3,740') sous l'Ile d'Orléans.
- 2,160 m. (7,086') sous le fleuve St-Laurent.
- 2,280 m. (7,480') sur la rive sud dont 1,670 m. (5,480') en tunnel et 610 m. (2,000') environ en tranchée.

Ce tunnel devrait permettre le transit des véhicules par trois (3) voies dans les deux (2) sens, ce qui conduirait à la réalisation de deux (2) tunnels d'un gabarit utile de 11,1 m. X 4,6 m. (36'6" X 15'0"), soit un rayon intérieur de 6,5 m. (21'6"), séparés l'un de l'autre de deux diamètres intérieurs, soit 26 m. (86'). Dès à présent, on envisage également la réalisation d'un petit tunnel central de sécurité situé entre les deux (2) tunnels de transit et de 3 m. (10') de diamètre.

Le présent document présente de façon succincte les différentes considérations qui doivent être prises en compte pour la réalisation d'un tel projet et approxime une première évaluation de son coût.

Les données géologiques qui ont servi de base à l'élaboration du présent rapport sont tirées d'un travail préparé par le Dr. Pierre St-Julien.

5.2.21 Données géologiques

Le tracé routier reliant les rives nord et sud du fleuve St-Laurent, via l'Ile d'Orléans, traverse quatre (4) unités structurales et stratigraphiques, telles: du nord-ouest au sud-est, une zone d'imbrication (formation de St-Augustin), la nappe du Promontoire de

Québec, l'Ecaille de Ste-Pétronille et la Nappe de Bacchus.

Ces unités sont constituées surtout de schistes argileux avec des interlits de grès, de siltstones de calcaire et de conglomérat calcaire.

Sur toute sa longueur, le tracé routier traverse des roches fortement plissées et faillées. Les plis, de direction nord-est - sud-ouest, sont droits ou déversés vers le nord-ouest dans les assises de la formation de St-Augustin, la Nappe du Promontoire de Québec et l'Ecaille de Ste-Pétronille. Dans la Nappe de Bacchus, les plis, de direction nord-sud, sont droits ou légèrement déversés vers l'ouest. Les plis ont des longueurs d'onde de quelques mètres à un kilomètre. Ces derniers sont observés dans la Nappe de Bacchus, à l'est de Ste-Pétronille.

Des failles majeures de charriage marquent les contacts entre les différentes unités structurales et stratigraphiques. Elles sont responsables de zones de cisaillement dans lesquelles ces roches sont très contournées et bréchiques.

La faille principale, connue sous le terme de ligne de Logan, affecte toutes les roches de la Nappe du Promontoire de Québec. L'entrée nord du tunnel projeté traverse cette zone de cisaillement sur une longueur de trois cents mètres (300m.) (1,000').

Plusieurs autres failles inverses à l'intérieur de chacune des unités structurales sont parallèles à la surface axiale des plis et peuvent provoquer du hors-profil.

Les principaux plans de discontinuité, à part les failles et les zones de cisaillement qui leur sont associées, sont la stratification, la fissilité, le clivage de flux et les joints.

Les roches traversées par le tracé routier sont caractérisées par leur hétérogénéité lithologique et structurale. Les strates de l'Ecaille de Ste-Pétronille et de la Nappe de Bacchus se prêtent relativement bien à la percée d'un tunnel. Toutefois, le chantier traversera des zones de failles de charriage dans lesquelles les roches sont contournées et friables.

Il en est ainsi pour la Nappe du Promontoire de Québec qui constitue le toit de la faille de Logan. Des failles secondaires, des joints, la fissilité ainsi que le clivage peuvent localement provoquer du hors-profil. Ajoutons que les failles et les joints qui seront traversés par le chantier sous le fleuve St-Laurent pourraient permettre à l'eau de s'infiltrer dans le tunnel.

Comme dernière considération, il faudra envisager l'éventualité de séismes qui peuvent atteindre 7,2 à l'échelle Ritcher.

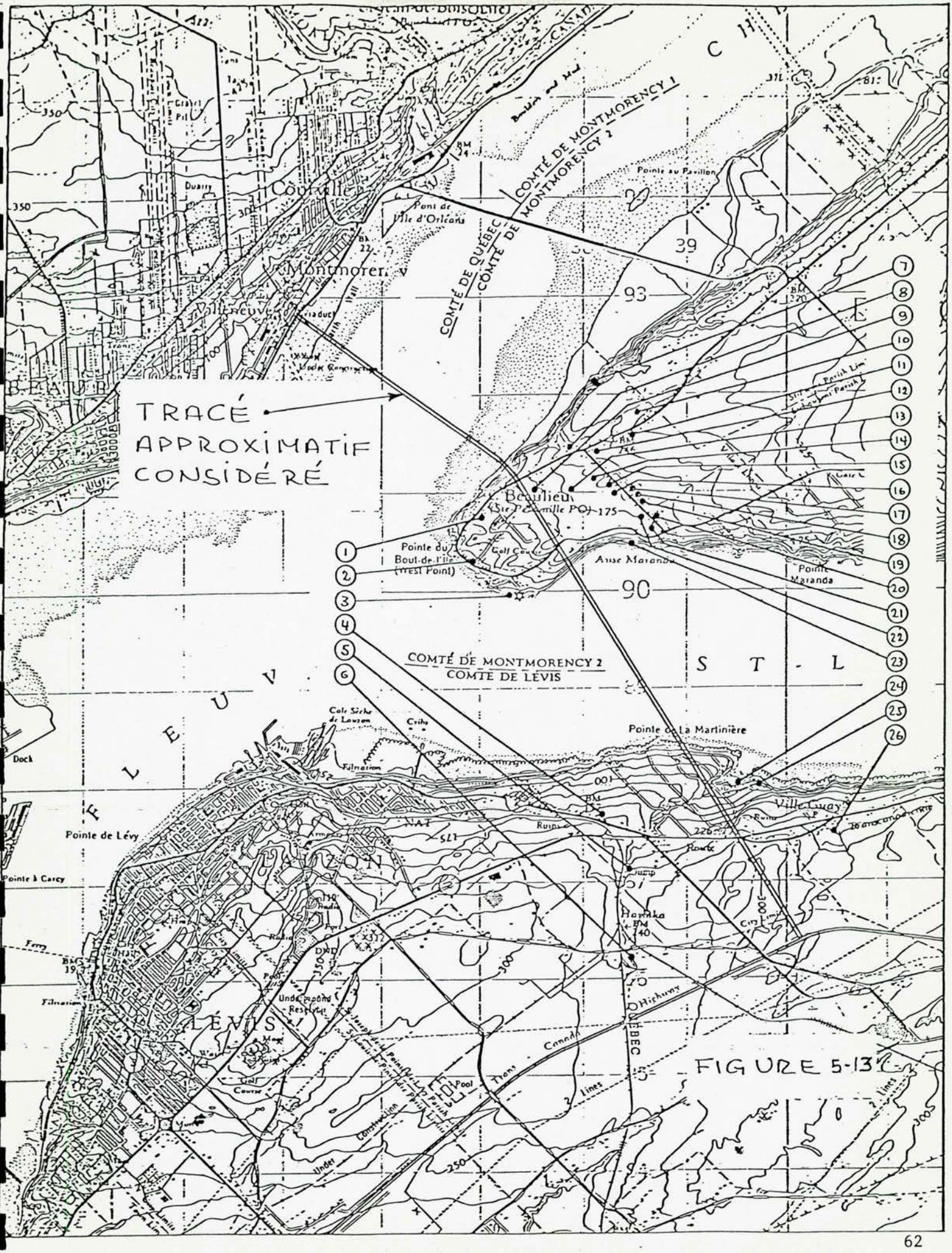

TRACÉ APPROXIMATIF CONSIDÉRÉ
COMTÉ DE MONTMORENCY 1
COMTÉ DE MONTMORENCY 2
COMTÉ DE QUÉBEC
COMTÉ DE MONTMORENCY 2
COMTÉ DE LÉVIS
Pointe au Pavillon
Pont de l'Île d'Orléans
Beaulieu
Pointe du Bout-de-l'Île (West Point)
Anse Maranda
Pointe Maranda
Pointe de La Martinière
Pointe de Lévy
Pointe à Carcy
Dock
Filtration
Ferry
Highway
Golf Course
Pool
Trans Canada
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

FIGURE 5-13

5.2.22 Cadre Hydrogéologique

Les données hydrogéologiques actuellement disponibles sur les caractéristiques des différentes formations traversées sont déduites:

- de la description géologique des terrains
- d'un recensement des puits particuliers effectué par le Ministère des Richesses Naturelles et dont les résultats sont regroupés sur la carte de la page et le tableau de la page .

Dans leur ensemble, les formations schisteuses traversées apparaissent comme peu perméables (perméabilité de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} cm/s. voire inférieure) ce qui suppose des circulations d'eau très faibles.

Sur certains tronçons, la possibilité d'une continuité des pressions d'eau au sein de la roche doit être envisagée. Ce phénomène serait favorisé par la présence de joints ouverts dans les bancs gréseux ou brèches calcaires qui sont interstratifiés dans les schistes. Dans cette hypothèse, les niveaux d'eau étant très proches de la surface du sol sur l'Ile d'Orléans, on doit prévoir la possibilité de pressions d'eau atteignant ici 8 à 9 bars (115 à 130 $\frac{\#}{po.^2}$) au droit des parois du tunnel.

Sous le fleuve, les pressions pourraient être de l'ordre de 7 a 8 bars (100 à 115 $\frac{\#}{po.^2}$). Elles seraient plus faibles sur la rive sud ou elles ne dépasseraient pas 6 bars (87 $\frac{\#}{po.^2}$).

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

Au passage des zones de cisaillements (failles) les zones broyées peuvent avoir une perméabilité plus importante que la formation rocheuse saine sans que l'on puisse pour l'instant préciser leur incidence sur les venues d'eau sous le fleuve et la nécessité d'y remédier par des injections. Par ailleurs, dans ces mêmes zones, sous le fleuve, des phénomènes de débourrages (venues brutales d'eau) sont toujours à envisager même si leur probabilité est faible compte tenu de la nature des terrains.

LISTE DES PUITS

EXTRAIT DE L'ANNUAIRE DES PUITS ET FORAGES DU M.R.N.

No. du trou	Cote (mètre)	Niveau stat. cote en m.	Niveau dyn. cote en m.	Rabattement (mètre)	Débit $m^3/sec.x10^{-4}$	Débit/Rabattement $m^2/sec.x10^{-4}$
			RIVE SUD DU ST-LAURENT			
4	30.5	21.3	-	-	6.056	-
5	64	-	-	-	-	-
6	76.2	73.2	-	73.2	2.271	0.03
24	-	-	-	-	-	-
25	30.5	21.3	6.1	15.2	3.028	0.2
26	76.2	35	19.8	15.2	0.757	0.05
			ILE D'ORLEANS			
1	25.9	25.3	19.8	5.5	-	-
2	15.2	11.9	-	-	0.757	-
3	22.9	17.1	-25.9	43.0	12.112	0.28
7	38.1	36.0	15.2	20.8	2.271	0.109
8	61.0	58.5	-	-	-	-
9	45.7	30.5	-43.9	84.4	-	-
10	83.8	81.4	59.1	22.3	3.785	0.169
11	83.8	80.7	-	-	7.570	-
12	71.6	69.5	35.1	34.4	-	-
13	61.0	56.4	-	56.4	1.514	0.027
14	68.6	65.5	47.2	18.3	2.271	0.124
15	61.0	58.8	-	-	-	-
16	53.3	51.8	-1.5	53.3	-	-
17	53.3	-	-	-	-	-
18	53.3	45.7	-	-	0.757 lég.sulph.	
19	53.3	51.8	22.9	28.9	-	-
20	61.0	57.9	42.7	15.2	3.028	0.199
21	53.3	47.2	15.2	32.0	-	-
22	53.3	44.2	-30.5	74.7	-	-
23	30.5	25.9	-7.6	33.5	3.785	0.113

5.2.23 Cadre Géotechnique

Sur l'ensemble du tracé du tunnel, les formations traversées sont essentiellement massives et compactes avec une résistance mécanique de la matrice rocheuse que l'on peut estimer à 500 ou 1000 bars (7250 à 14500 $\frac{\#}{po.^2}$) voir supérieure. La déformation intense des couches ne semble pas avoir affecté la tenue des terrains, exception faite de quelques zones faillées en particulier celles de la ligne de Logan.

La cavité souterraine devrait donc avoir au creusement une tenue relativement bonne. Les risques de rupture à l'échelle du tunnel dus à la présence de diaclases et de fractures seront notablement diminués en utilisant au front un soutien par boulonnage et béton projeté.

Sur le plan forabilité, les roches traversées se caractérisent par une dureté importante et une abrasivité moyenne (teneur en silice faible).

Contrairement aux formations schisteuses situées sous le chenal de l'Ile d'Orléans, sur l'ensemble du tracé les schistes ont une teneur en minéraux gonflants très limitée. Par conséquent, ces terrains devraient avoir une faible altérabilité et une tendance quasi nulle au gonflement.

A priori, la vitesse sismique des roches en place doit être assez élevée (supérieure à 3000-3500 m/s) (9,200-10,800pi./s),

ce qui doit correspondre à un mode de fracturation métrique pour une résistance matricielle supérieure à 500 à 600 bars (7250-8700 $\frac{\#}{po.^2}$ Ces éléments conjugués permettent de penser que le mode d'excavation se fera à l'explosif, l'abattage au tunelier ne pouvant être envisagé pour une aussi grande section de roche dure.

5.2.24 Esquisse du Projet

5.2.24.1 Profil en plan (cf. fig. 5 - 13)

Le profil en plan à retenir est basé sur deux critères:

- Réduire au maximum la longueur du tunnel
- Traverser les structures géologiques le plus perpendiculairement possible aux couches.

Ces deux critères conduiraient à un compromis qui est un profil en plan rectiligne orienté NO SE, tel qu'indiqué de façon tentative sur la fig. 5 - 13 avec une attaque située dans la falaise immédiatement en bordure du chenal de l'Ile d'Orléans.

5.2.24.2 Profil en coupe (cf. fig. 5 - 14)

Le profil en coupe est essentiellement déterminé par une couverture minimale de la traversée sous-fluviale. Compte tenu de la bonne compacité des roches et leur très vraisemblable faible perméabilité, une couverture de protection dans le rocher de 25 m (75') a pour l'instant été retenue, soit trois diamètres de tunnel.

Dans la position la plus basse du profil, on trouve donc:

35 m (120') de tirant d'eau

10 m (30') de terrain alluvionnaire meuble

25 m (75') de roche saine.

Ce positionnement de l'ouvrage sous le fleuve laisse prévoir côté nord une pente de l'ordre de 4% pour sortir au niveau de la falaise sur la rive nord de l'Ile d'Orléans. Une pente de 4.5% côté sud permet de sortir au voisinage de l'autoroute Transcanadienne.

Dans son ensemble, le profil en coupe du tunnel donne donc:

1140 m (3740') à 4% sous l'Ile d'Orléans

2160 m (7086') pour la traversée sous-fluviale

1670 m (5480') de montée à 4.5% de montée sur la rive sud du St-Laurent. De ce côté l'ouvrage se terminerait par une tranchée ouverte sur une longueur d'environ 610 m (2000').

L'ouvrage aurait donc une longueur totale d'environ 5000 m (16400') de tunnel creusé et 610 m (2000') de tranchée.

Pour faciliter la ventilation et réduire les délais d'exécution, il sera nécessaire de prévoir la construction de 2 puits qui seront implantés dans la zone proche des rives du fleuve St-Laurent. Ces deux puits d'une profondeur d'environ 45 m (150') et de section d'environ 8 m (25') permettront ainsi de conduire l'exécution du tunnel par 6 attaques se répartissant comme suit:

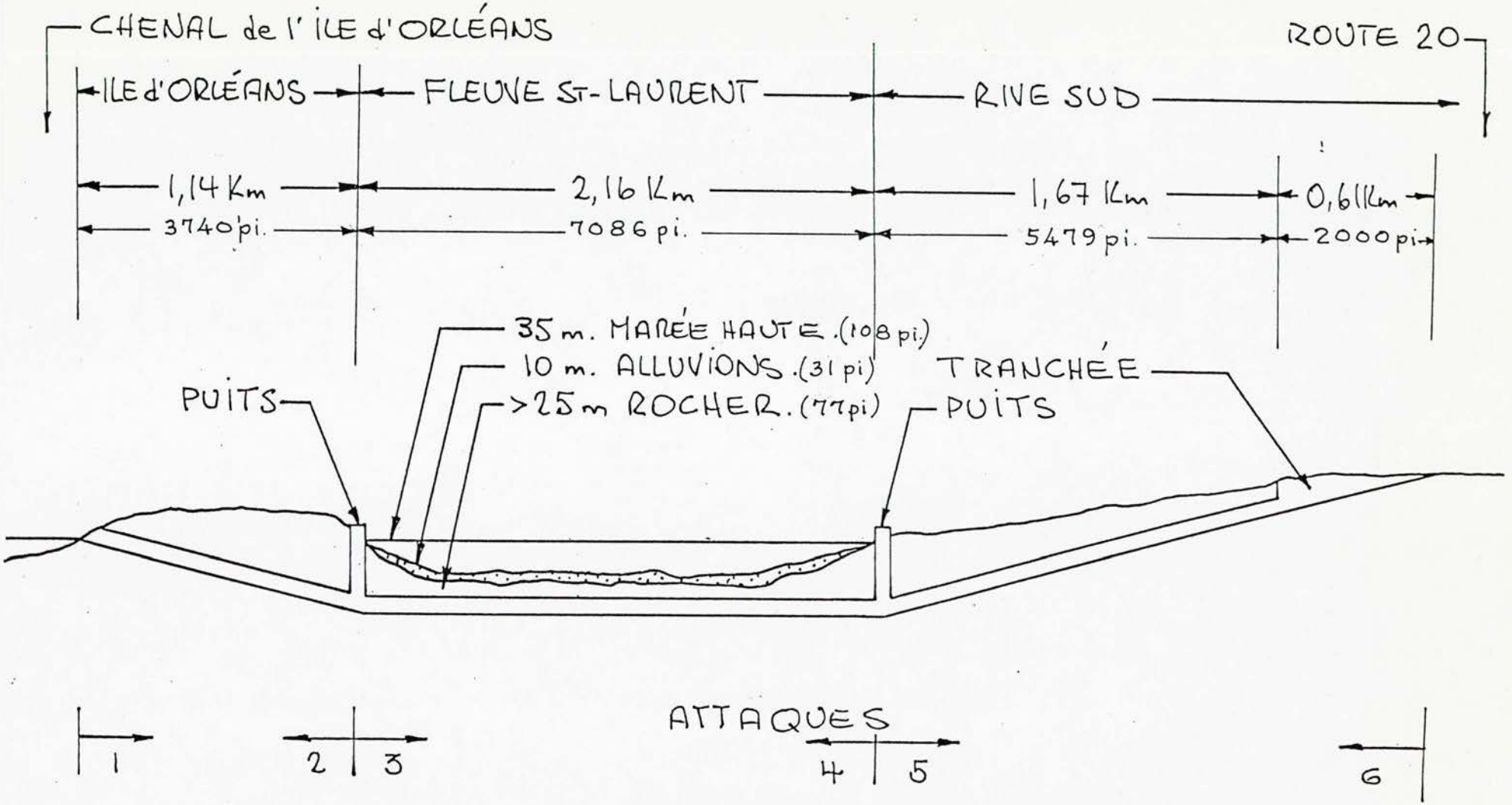

CHENAL de l'ÎLE d'ORLÉANS
ROUTE 20
ÎLE d'ORLÉANS
FLEUVE ST-LAURENT
RIVE SUD
1,14 Km
2,16 Km
1,67 Km
0,61 Km
3740 pi.
7086 pi.
5479 pi.
2000 pi.
35 m. MARÉE HAUTE. (108 pi.)
10 m. ALLUVIONS. (31 pi)
>25 m ROCHER. (77 pi)
PUITS
TRANCHÉE
PUITS
ATTAQUES
1
2
3
4
5
6

FIGURE 5-14

1 attaque descendante Ile d'Orléans vers le sud

2 montée Ile d'Orléans vers le nord

3 traversée du fleuve vers le sud

4 traversée du fleuve vers le nord

5 montée rive sud du St-Laurent

6 attaque descendante rive sud du St-Laurent

Dans ce schéma d'exécution, le chemin critique est manifestement la traversée sous-fluviale d'autant que sur ce secteur les vitesses d'avancement pourront être affectées par les caractéristiques de perméabilité des terrains (venues d'eau). Ce dernier point reste la plus grande incertitude au stade actuel du projet.

5.2.24.3 Profil en travers (cf. fig. 5 - 15 et 5 - 16)

A ce stade très préliminaire des études, le schéma retenu pour l'ouvrage est présenté sur les fig. 5-15 et 5-16 . Il est constitué par deux tunnels parallèles à trois voies (un par sens) offrant un gabarit utile de 11,10m x 4,60m (36'-6 X 15'-6) avec une voûte supérieure en plein cintre et un centre de courbure situé à environ 1,50m (5') de la chaussée. Le volume supérieur du plein cintre sera utilisé pour les installations de ventilation.

Il sera sans doute nécessaire dans la partie du tunnel sous l'eau de réaliser un ouvrage étanche si l'on veut s'affranchir des problèmes liés au gel. On réalisera une étanchéité sandwich (cf. fig. 5 - 17), ce qui nécessitera la réalisation d'un anneau

de béton coffré intérieur pour reprendre les pressions hydrostatiques. Les fortes poussées imposeront alors de prévoir une contre-voûte (cf. fig. 5 - 16) dont le rayon, égal à 11,75m (38.5') dans le cas de la fig. 5-16,sera fonction de l'intensité des contraintes. L'importance des sous-pressions dans la partie basse de l'ouvrage imposeront de mettre en oeuvre un revêtement en béton coffré pouvant atteindre 30 à 50cm(1.0' à 1.5') d'épaisseur .

En complément des deux tunnels routiers, il serait certainement utile de prévoir un tunnel de sécurité de diamètre circulaire 3m (10'), tel qu'indiqué sur le schéma de la fig. 5 - 18 , relié aux tunnels de circulation routiers par des antennes tous les 500m (1650'). Cet ouvrage pourrait servir de sortie de secours en cas d'accident, pour le contrôle et la surveillance et éventuellement pour le drainage. Par ailleurs, ce tunnel central pourrait faire office de galerie de reconnaissance avant les travaux notamment dans la partie sous-fluviale. Dans cette hypothèse, une telle galerie permettrait lors de l'appel d'offres d'éliminer toute incertitude et d'avoir des coûts plus justes. Son coût serait alors largement amorti par les gains réalisés lors de l'exécution.

FIGURE 5-15

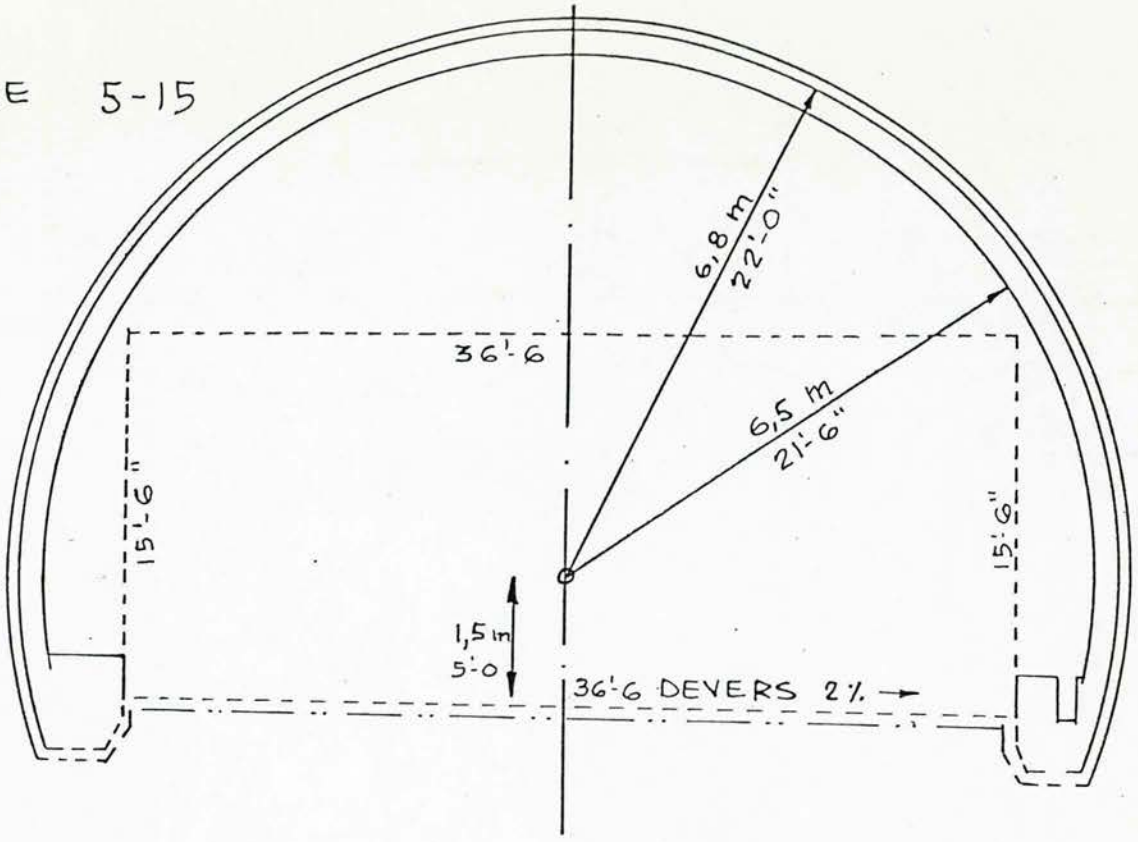
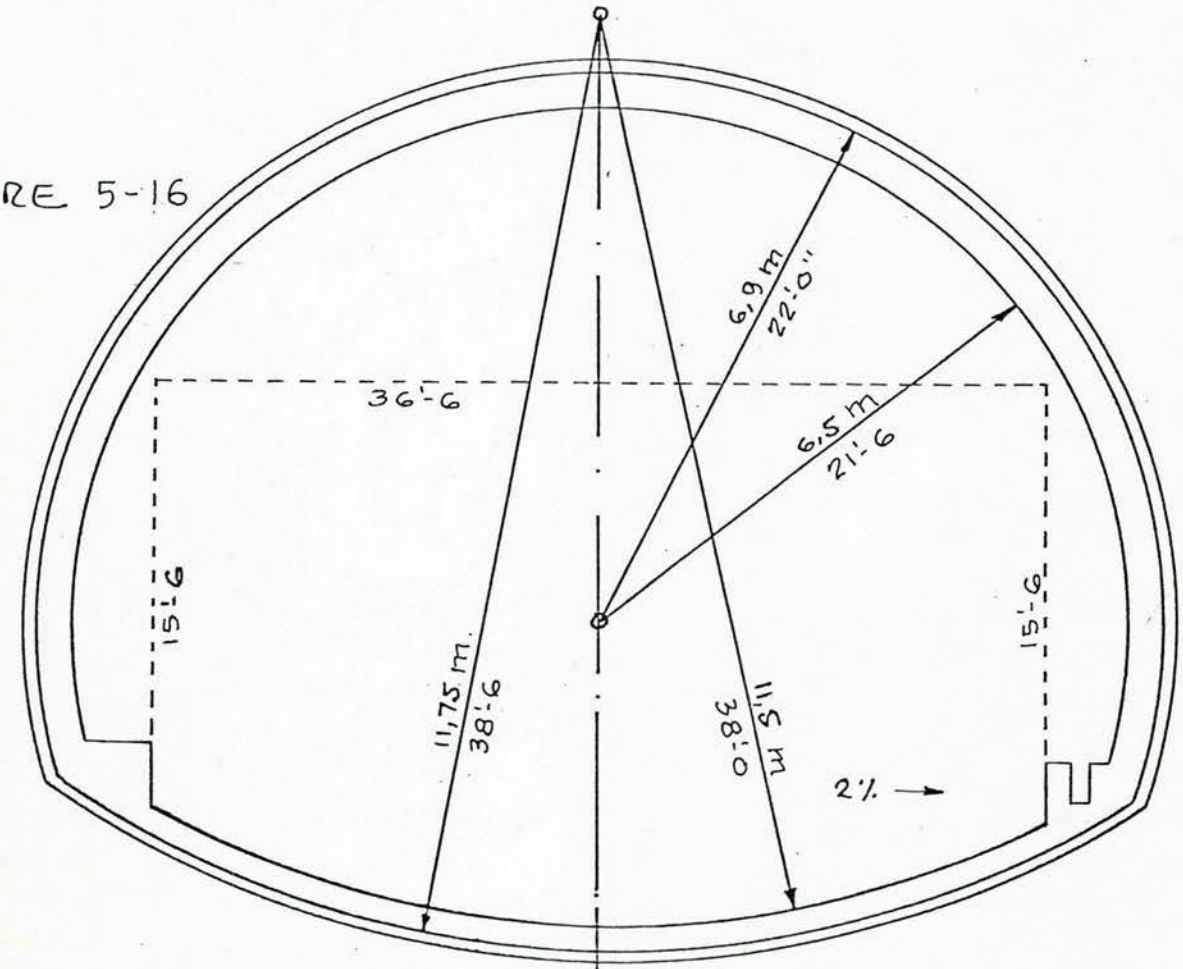


FIGURE 5-16



1:100

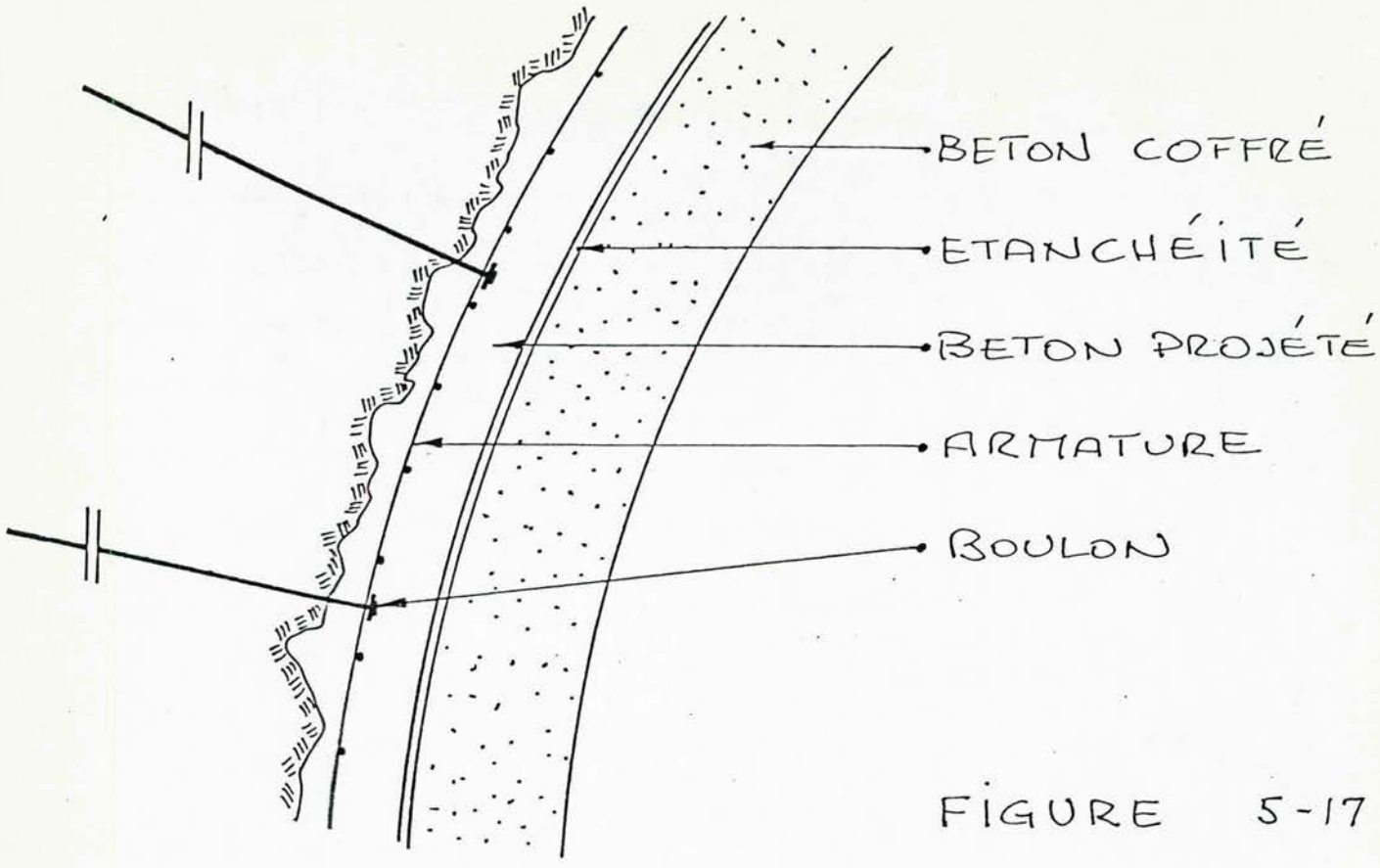


FIGURE 5-17

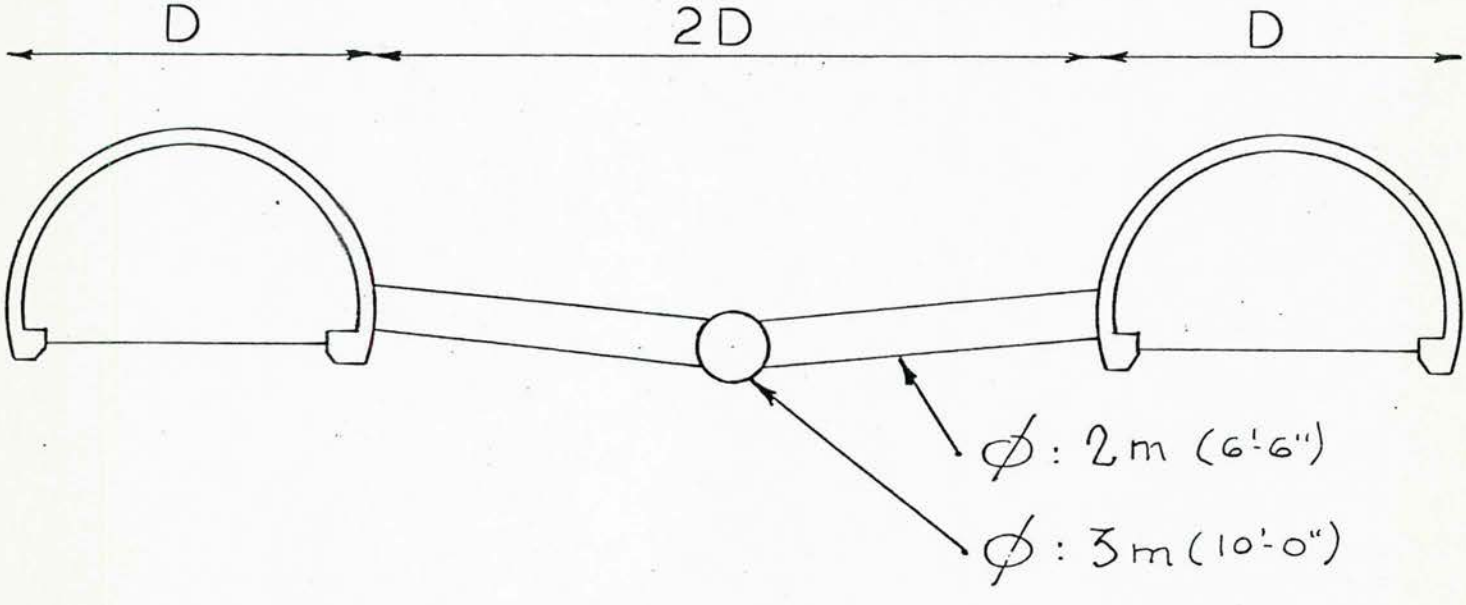


FIGURE 5-18

5.2.25 Recommandations quant au choix d'un tunnel creusé

Les différentes considérations techniques qu'implique la construction d'un tunnel dans le cadre d'une liaison rapide à 6 voies reliant la rive Nord du St-Laurent à sa rive Sud via l'Ile d'Orléans viennent d'être examinées au stade d'une étude très préliminaire. Dès à présent, il apparaît:

- Que les conditions géologiques du sous-sol sont à priori favorables à la réalisation du projet.

- Que les coûts de construction seraient de l'ordre de $49,000. le m.l. ($15,000. le pi. lin.).

Associé à une jetée, avec un pont pour relier la rive Nord du fleuve à l'Ile d'Orléans, le tunnel a l'avantage:

- De préserver l'environnement.

- De disposer des matériaux de remblais nécessaires à la construction d'une jetée ce qui réduira de façon conséquente le coût de ce dernier ouvrage.

Bien entendu, même si les conditions sont à priori favorables, on ne peut pas, au stade actuel des recherches, s'affranchir des facteurs impondérables liés à tous travaux souterrains, en particulier ceux dus à la présence du fleuve et de discontinuité dans le milieu rocheux.

Il importe désormais de cerner de plus près les problèmes et d'entreprendre des études nécessaires pour la constitution d'un

dossier d'avant-projet. Ces études permettront d'opter sur le tracé définitif du tunnel et de lever un certain nombre des ambiguités mises en évidence dans le présent rapport.

Ces études peuvent se définir comme suit:

- Exécution d'une étude géologique de détails.

- Réalisation d'une prospection hydrogéologique le long du tracé.

- Documentation, enquête et compilation de toutes les données géotechniques acquises sur le secteur considéré.

- Exécution d'un profil sismique réfraction le long de l'axe du tunnel sur l'Ile d'Orélans et la rive sud du St-Laurent couplé d'une série de profils transversaux. A cette prospection sismique sur la terre ferme, il serait dans toute la mesure du possible nécessaire d'associer dès ce stade des études une prospection sismique réfraction le long du tracé sur le fleuve St-Laurent; elle permettrait d'avoir avec précision la topographie du lit du fleuve et du toit du rocher tout en donnant une information précieuse sur les caractéristiques mécaniques du rocher.

- Exécution d'un minimum de 4 sondages mécaniques le long du tracé (sur les rives nord et sud de l'Ile d'Orléans et deux sur la rive sud du fleuve St-Laurent). Ces sondages seraient

carottés et les essais, tests et observations suivants seraient réalisés:

- Essais d'eau, log. lithologique, log. résistance, log. électrique, log. sismique, essais de dureté et d'abrasivité.

- Les 4 sondages seraient équipés en piézomètre double ou triple.

- Réalisation d'études particulières pour s'affranchir des problèmes soulevés par la rigueur du climat et liés au gel (poussée sur le soutènement, détérioration du béton).

LÉGENDE

N

PIEDS 0 1000 2000 4000 6000

MÈTRES 0 500 1000 2000

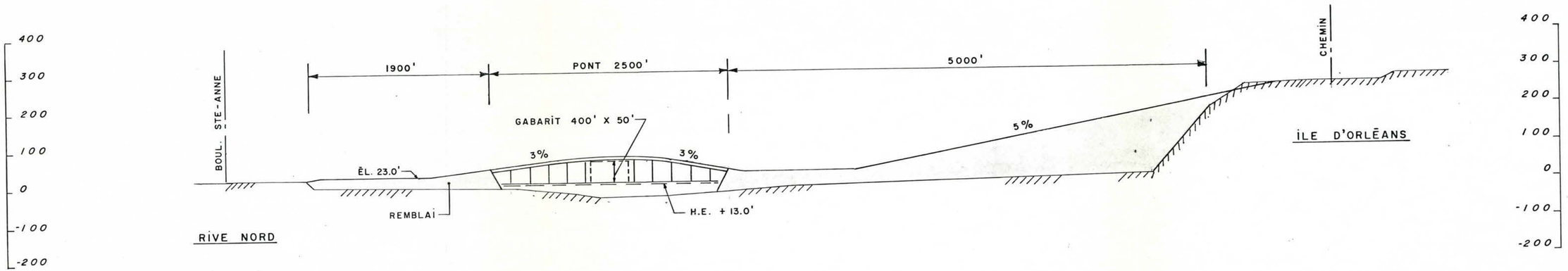
MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

ETUDE SUR LA POSSIBILITÉ D'UN LIEN ENTRE LA RIVE NORD ET LA RIVE SUD DU FLEUVE ST-LAURENT, VIA L'ILE D'ORLÉANS.

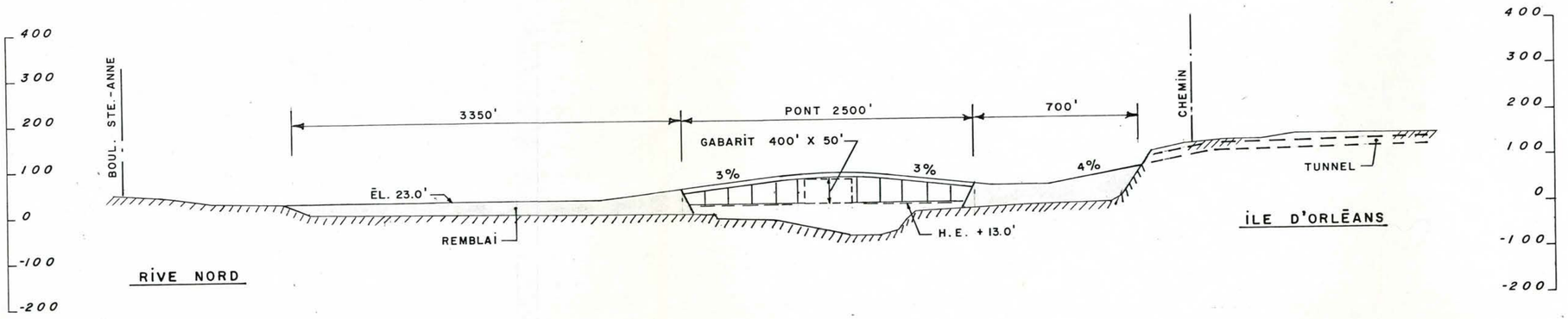
LOCALISATION DES AXES PROPOSÉS

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS
INGÉNIEURS-CONSEILS

PRÉPARÉ PAR	DATE
DESSINÉ PAR	PLAN N° FIG. 5.0



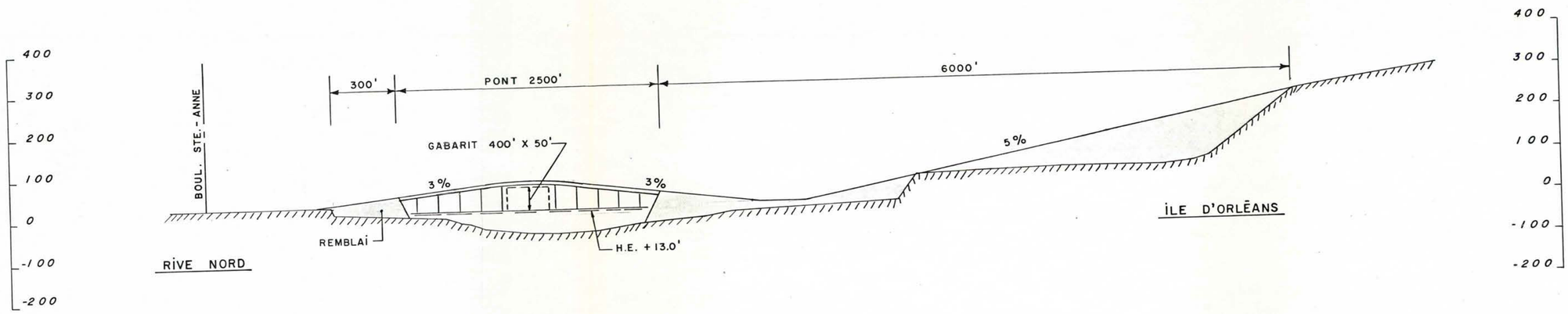
PROFIL LIGNE Nº 3 & 4 NORD



PROFIL LIGNE Nº 2 NORD

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
PROFILS LIGNES N°2,3 & 4 NORD
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH HOR: 1"=800' PROJET: 76-303
" VER: 1"=200' FIGURE: 5.1

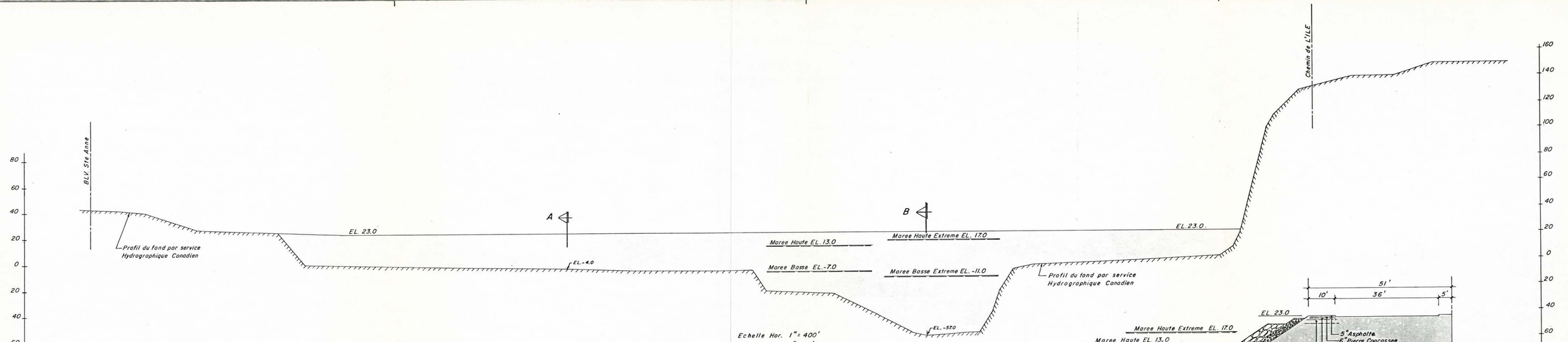


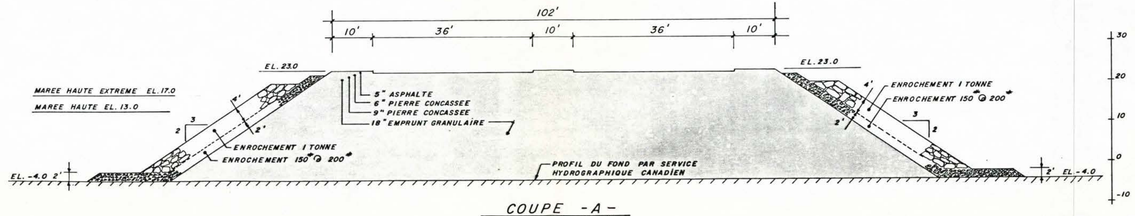
PROFIL LIGNE Nº 5 NORD

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
PROFILS LIGNES Nº 5 NORD
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

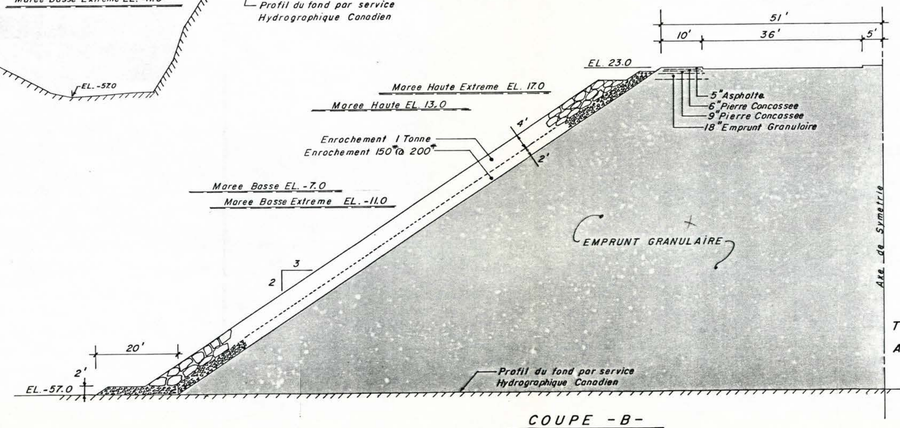
ECH. HOR: 1"=800'
" VER: 1"=200'

PROJET: 76-303
FIGURE: 5.2



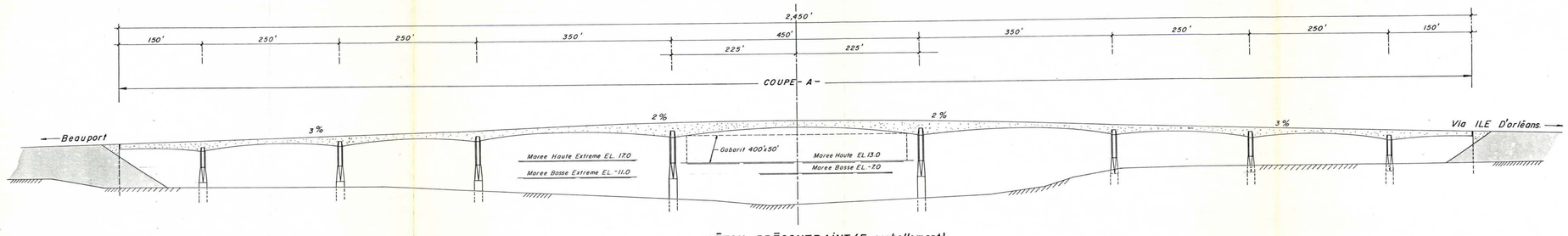


COUPE -A-
ECHELLE HOR. 1"= 20'
VERT. 1"= 20'

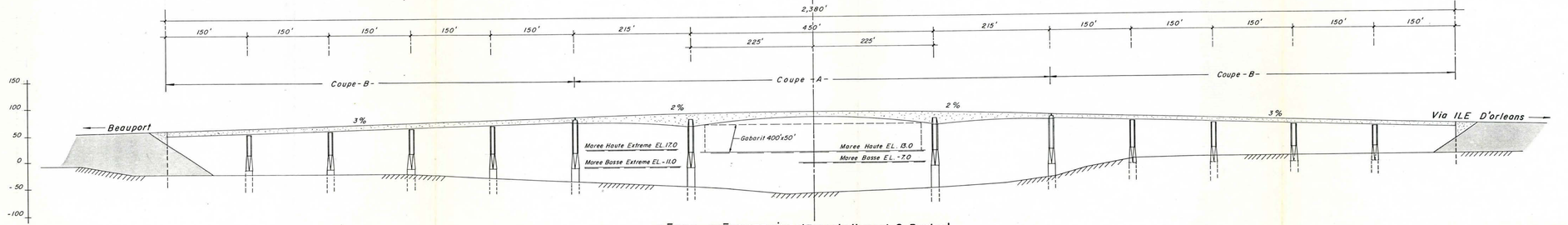


COUPE -B-
ECHELLE HOR. 1"= 20'
VERT. 1"= 20'

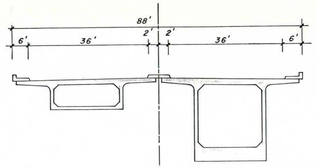
TYPE DELIEN - ÎLE D'ORLÉANS
ALTERNATIVE I NORD (JETÉE)
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS
ECH: 1"= 20' PROJET: 76-303
FIGURE: 5.3



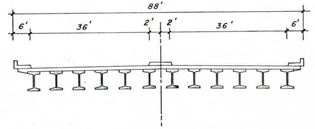
BÊTON PRÊCONTRAINT (Encorbellement)



BÊTON PRÊCONTRAINT (Encorbellement & Poutre)

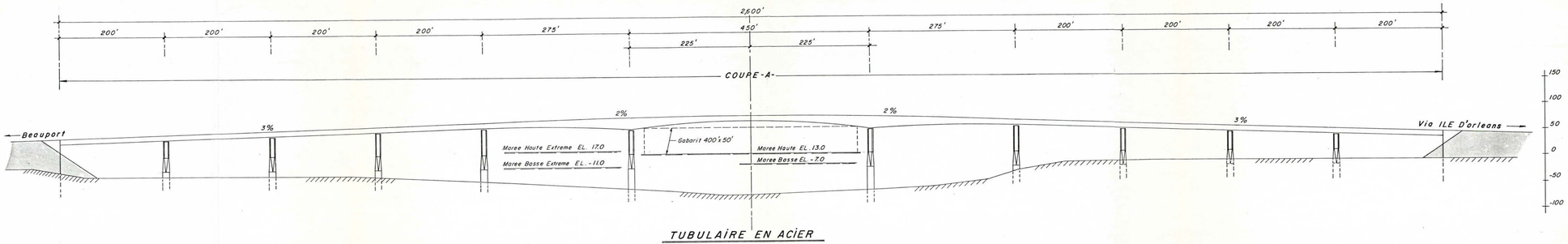


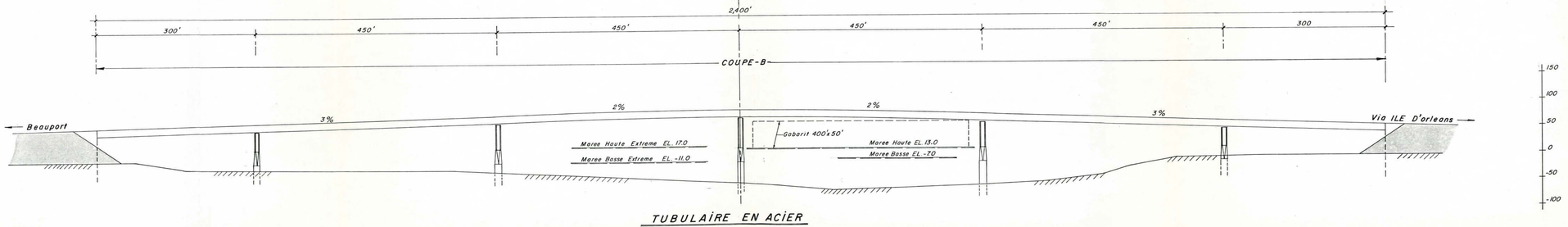
COUPE - A -
Poutre Caisson (en Bêton)

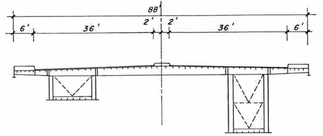


COUPE - B -
Poutre (Bêton Prêcontraint)

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
ALTERNATIVE 2 NORD (BÊTON PRÊCONTRAINT)
VANORY, JOBIN & ASSOCIÉS
ECH : 1" = 100'
PROJET : 76-305
FIGURE : 5.4

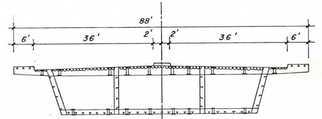






COUPE - A -

Tubulaire en acier avec dalle Orthotropique (2 poutres espacées)



COUPE - B -

Tubulaire en acier avec dalle Orthotropique.

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS

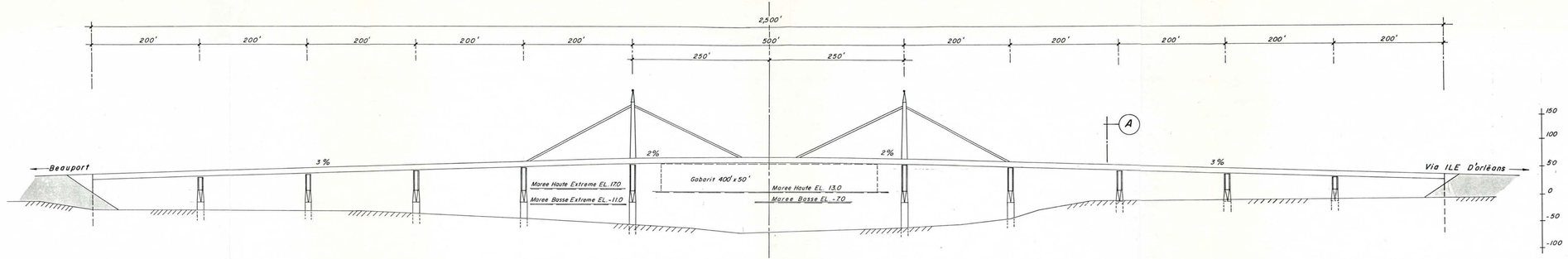
ALTERNATIVE 3 NORD (TUBULAIRE EN ACIER)

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

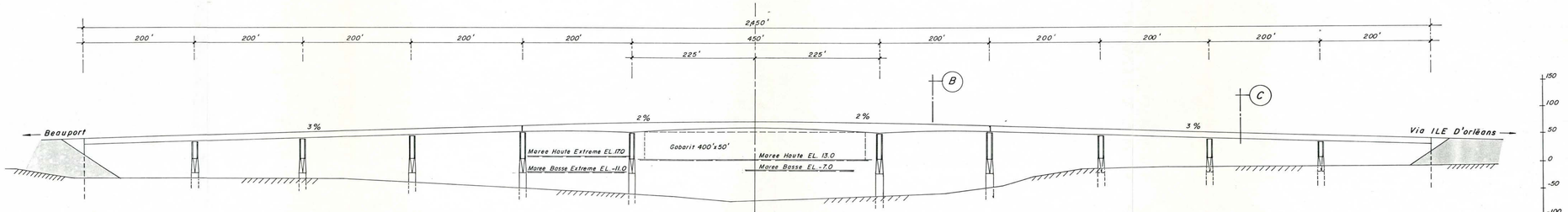
ECH.: 1" = 100'

PROJET: 76-303

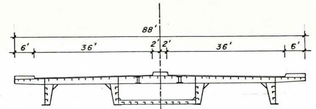
FIGURE: 5.3



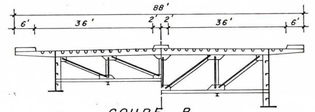
PONT HAUBANÉ



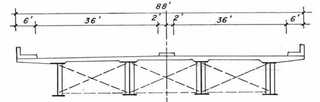
PONT A POUTRE D'ACIER



COUPE - A -
Tubulaire en acier



COUPE - B -
Poutre d'acier avec dalle Orthotropique

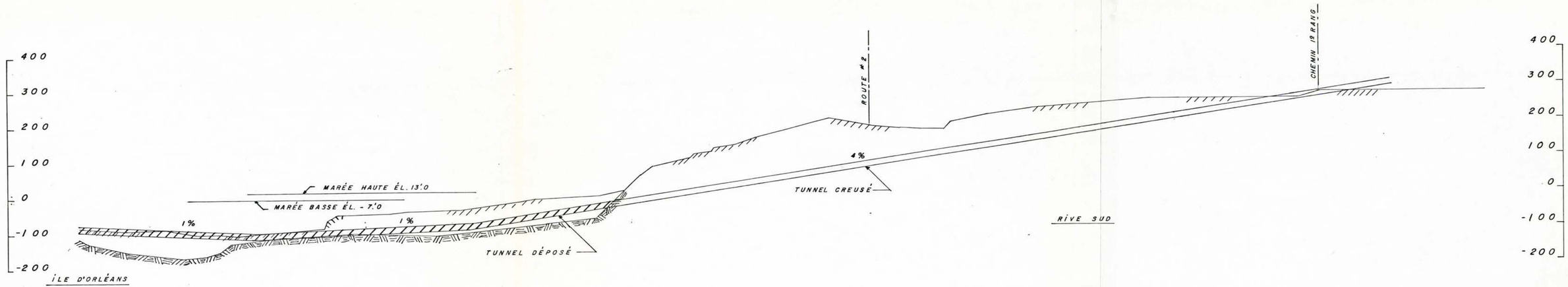


COUPE - C -
Poutre d'acier avec dalle en béton

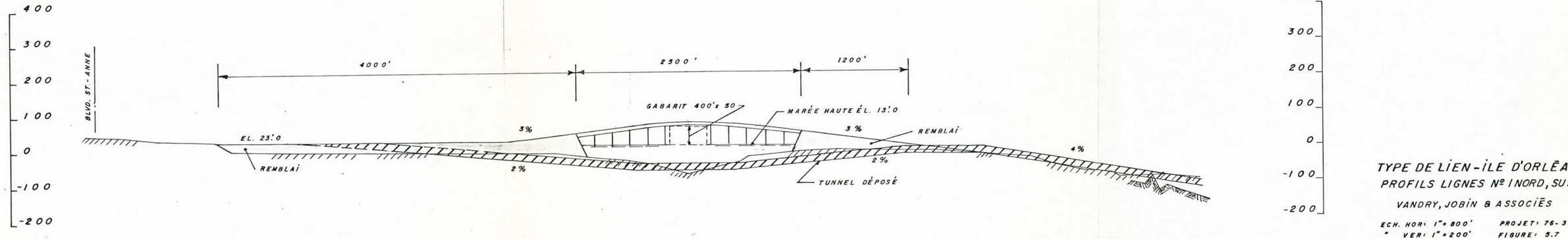
TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
ALTERNATIVE 4 NORD (PONT HAUBANÉ)
ALTERNATIVE 5 NORD (PONT A POUTRE D'ACIER)
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH: 1" = 100'

PROJET : 76-303
FIGURE : 5.6



PROFIL LIGNE Nº 1 SUD



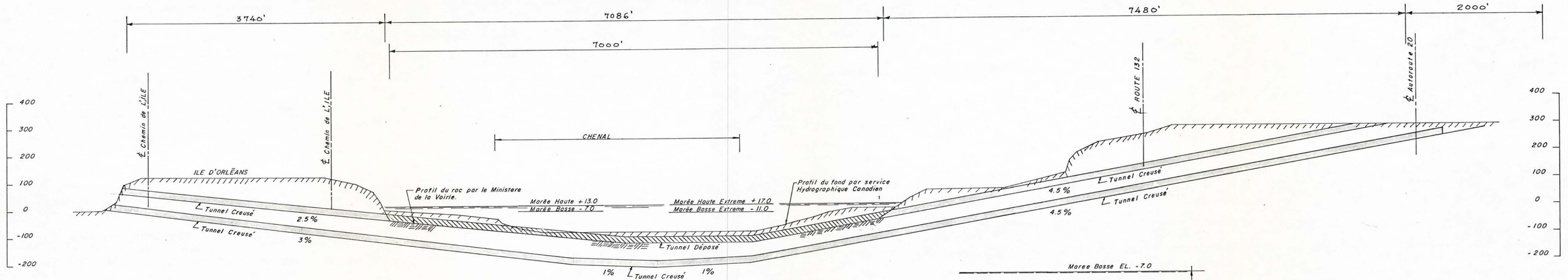
PROFIL LIGNE Nº 1 NORD

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
PROFILS LIGNES Nº 1 NORD, SUD

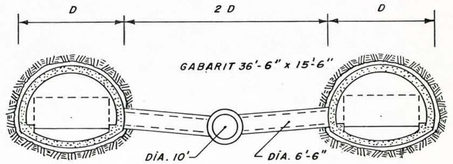
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH. HOR: 1" = 800'
" VER: 1" = 200'

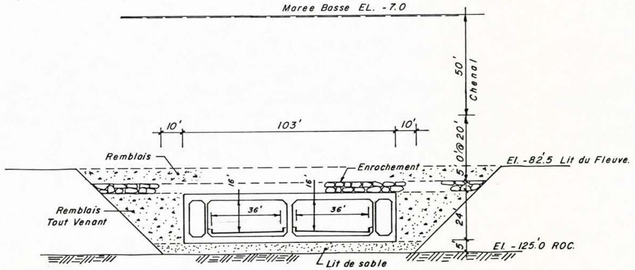
PROJET: 76-303
FIGURE: 5.7



PROFIL LIGNE Nº 2-A SUD



TUNNEL CREUSÉ
Echelle = 1" = 40'



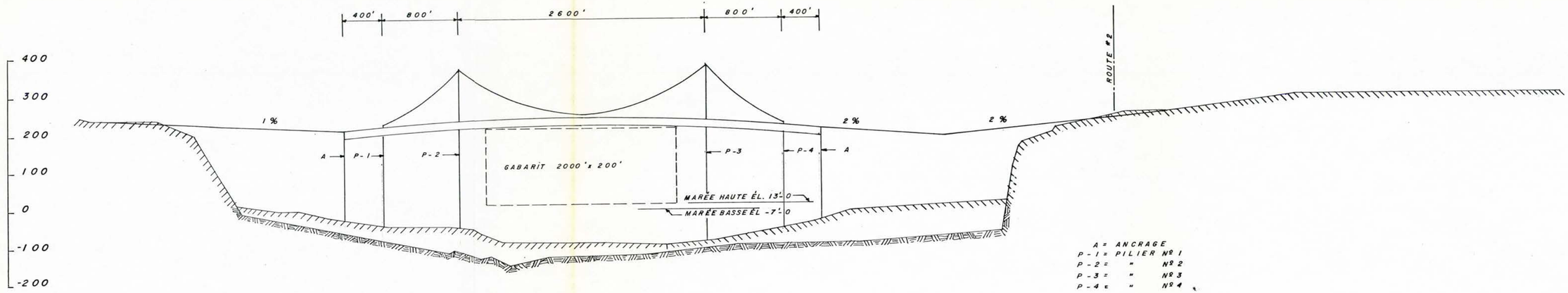
TUNNEL DÉPOSÉ
Echelle = 1" = 40'

TYPE DE LIEN-ILE D'ORLÉANS
PROFIL LIGNE Nº 2-A SUD

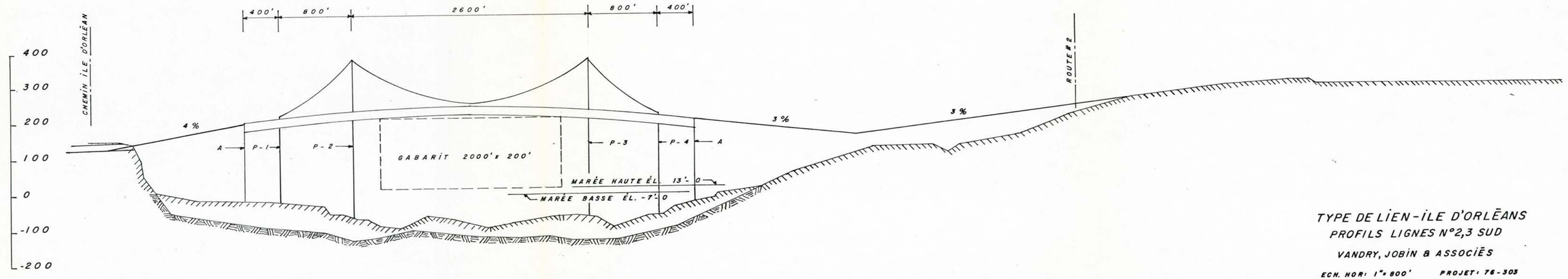
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH. HOR: 1" = 800'
" VERT. 1" = 200'

PROJET: 76-303
FIGURE: 5.8



PROFIL LIGNE Nº 3 SUD

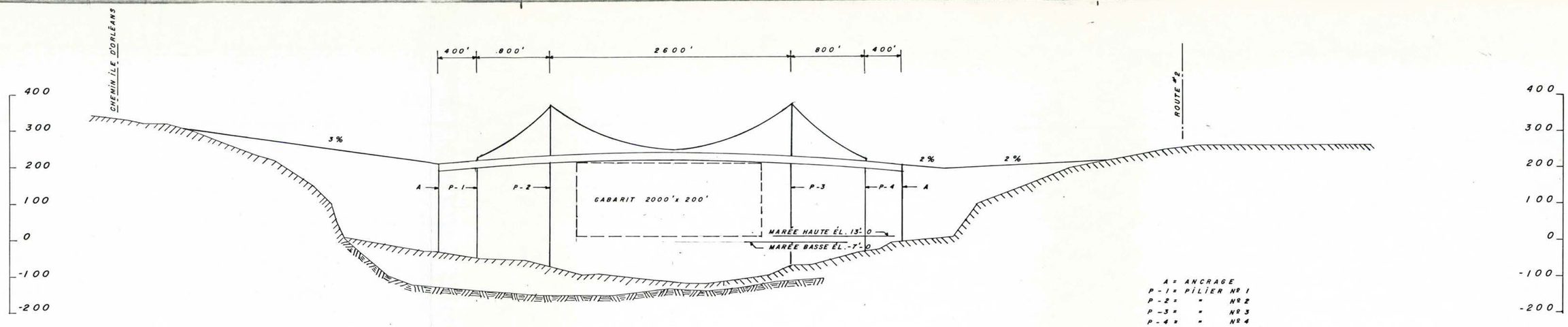


PROFIL LIGNE Nº 2 SUD

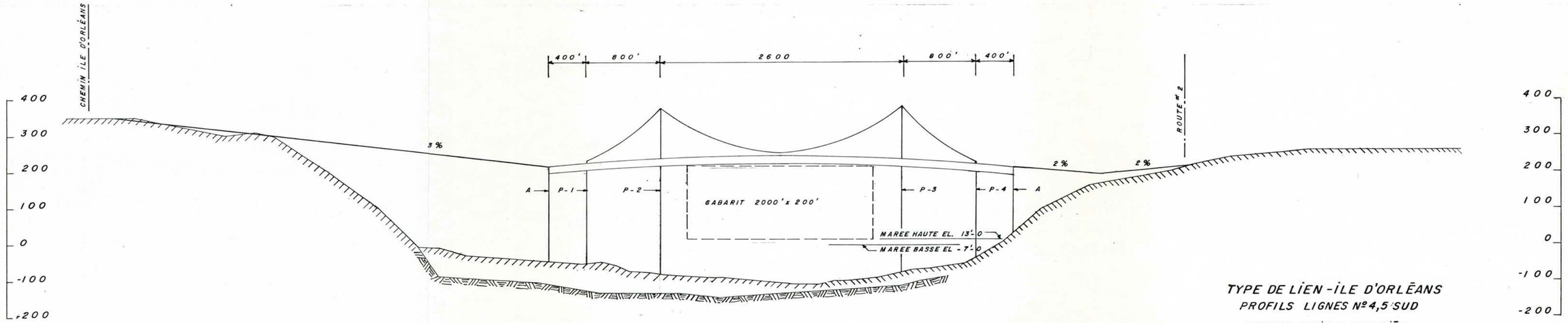
TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
PROFILS LIGNES Nº 2,3 SUD

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH. HOR: 1" = 800' PROJET: 76-303
" VER: 1" = 200' FIGURE: 5.9



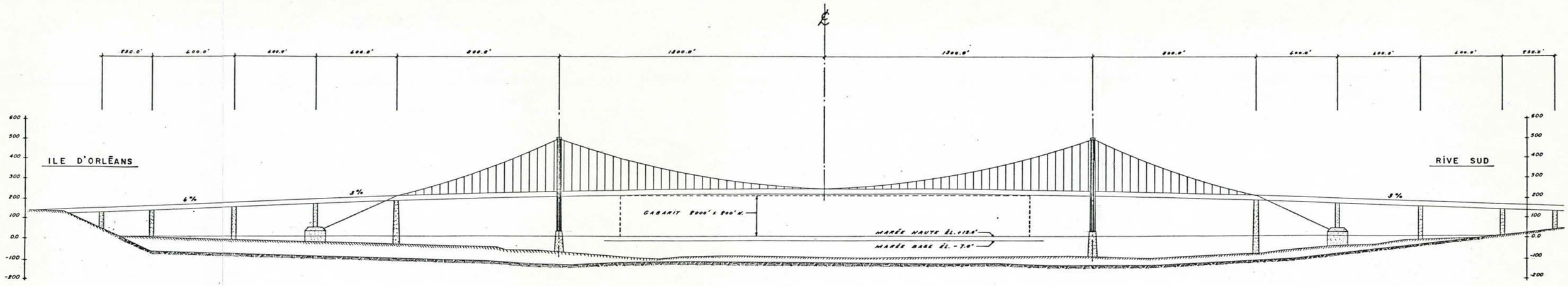
PROFIL LIGNE Nº 5 SUD



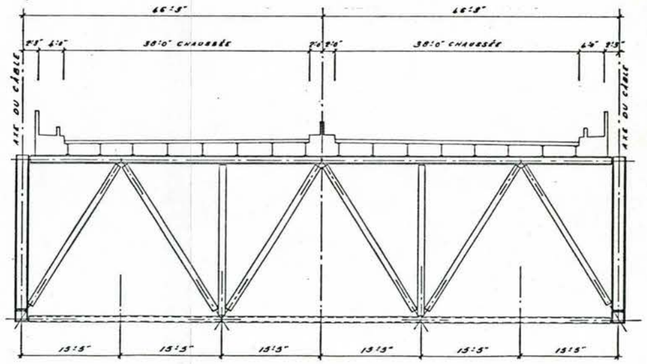
PROFIL LIGNE Nº 4 SUD

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS
PROFILS LIGNES Nº 4,5 SUD
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH. HOR: 1" = 800' PROJET: 76-303
" VER: 1" = 200' FIGURE: 5.10



ÉLÉVATION - LIGNE 2 SUD



COUPE TRANSVERSALE

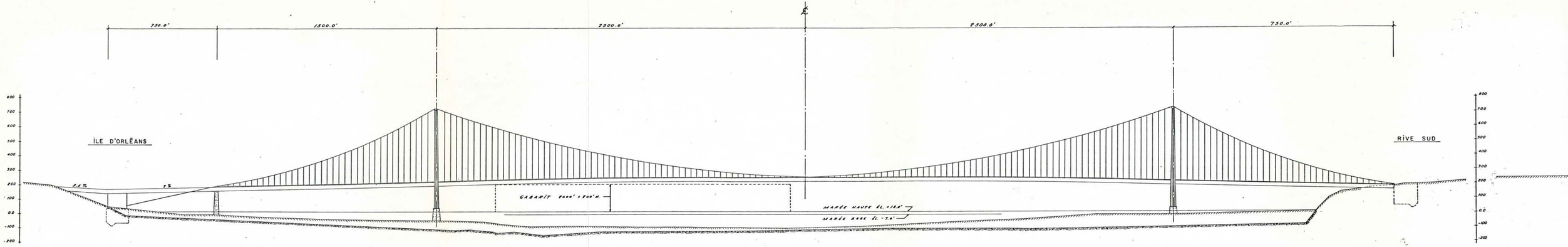
TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS

PONT SUSPENDU (TRAVÉE 2600')

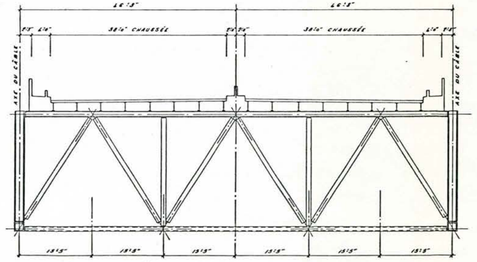
VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ÉCH. 1"=200' PROJET 76-303

FIGURE 5.11



ÉLÉVATION - LIGNE 3 SUD



COUPE TRANSVERSALE

TYPE DE LIEN - ÎLE D'ORLÉANS

PONT SUSPENDU (TRAVÉE 5000')

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS

ECH. 1"=200' PROJET 76-303

FIGURE 5.12

CHAPITRE VI

G E O T E C H N I Q U E

6.0 PLAN DE RECONNAISSANCE

6.0.1 But

Lors de cette étape préliminaire, une connaissance générale de la région au point de vue géologie, géomorphologie et nature du sol s'avère nécessaire pour établir de façon préliminaire les axes possibles et les types de liens convenant à ces axes.

Les informations nécessaires furent donc recueillies à partir des résultats de forages ou sondages dans le secteur et de certains forages effectués au cours de l'hiver. Voici donc un résumé de la connaissance géotechnique de la région.

6.0.2 Géomorphologie

La topographie, la bathymétrie et la profondeur du sol rocheux jouent un rôle de première importance dans le choix d'implantation des structures proposées (pont, tunnel, jetée), autant au niveau du choix des axes que de celui du type de lien adéquat.

6.0.3 Topographie de la zone étudiée

A) Rive Nord

La rive nord présente un mince plateau entre l'élévation

0'(0m) et 32.8' (10m) sur lequel sont situés le boulevard St-Anne et le boulevard des Grèves. C'est sur ce plateau que se localiserait le point de chute du nouveau lien.

B) Ile d'Orléans

L'Ile d'Orléans présente une gradation assez continuelle de l'élévation 0'(0m) en partant de Ste-Pétronille pour s'élever jusqu'à 459.2'(140m) environ aux lignes 735KV de l'Hydro-Québec. La falaise nord de l'Ile dans la zone d'étude varie donc de 0'(0m) à la Pointe du Bout de l'Ile à 262.4'(80m) vis-à-vis St-Pierre. Du côté sud, l'élévation de la falaise varie de 0'(0m) à 328'(100m) environ à St-Laurent.

C) Rive Sud

La rive sud présente une falaise assez abrupte partant au niveau du fleuve et montant à environ 230'(70m). En se dirigeant ensuite vers le sud, le niveau monte plus doucement pour se situer au niveau 262.4'(80m) vis-à-vis l'Autoroute #20. La topographie est représentée à la fig. 6.1.

6.0.4 Bathymétrie (fond marin)

A) Chenal Nord

Le chenal nord présente un mince chenal d'environ 1600' (500m) de large pour une profondeur supérieure à 16.4'(5m).

B) Chenal Sud

Le chenal sud est beaucoup plus profond et plus large que le chenal nord. Sur une largeur d'environ 1600'(500m), la profondeur d'eau est supérieure à 82'(25m).

C) Pointe de l'Ile

Enfin, à la Pointe de l'Ile, les profondeurs varient graduellement de 0'(0m) a 98'(30m).

Nous référons le lecteur à la fig. 6.1 pour une meilleure visualisation de la bathymétrie.

6.0.5 Socle rocheux

A) Chenal Sud

La connaissance des profondeurs du socle rocheux n'est complète que pour le chenal sud de l'Ile d'Orléans. On remarque que le socle est situé à une profondeur variant de 100' à 150' sous le niveau de la mer.

B) Chenal Nord

La connaissance du niveau du socle est très imparfaite du côté nord. A la suite de certains forages effectués l'hiver dernier et d'autres forages effectués par l'Hydro-Québec ou le Ministère des Transports, on peut estimer que le socle est près de la surface sur les rives, pour descendre assez abruptement en quittant les rives

et former une fosse de profondeur variant entre -200' G.S.C. vis-à-vis Ste-Pétronille à -150' G.S.C. vis-à-vis le pont actuel. Entre le pont et les lignes de l'Hydro-Québec, on peut supposer que cette fosse continue encore à grande profondeur, mais les prémisses de cette hypothèse sont très incomplètes. Des sondages sismiques dans les trois lignes seraient nécessaires pour vérifier ces hypothèses (cf. fig. 6.2).

6.0.6 Géologie

6.0.6.1 Description (cf. fig. 6.3)

6.0.6.1.1 Lithologie

Les cinq tracés routiers reliant les côtes nord et sud du fleuve St-Laurent via la partie sud-ouest de l'Ile d'Orléans traversent deux domaines structuraux et stratigraphiques, à savoir: un domaine d'imbrication (formation de St-Augustin) au nord-ouest et, un domaine de nappes de charriage au sud-est. Ce dernier comprend la nappe du Promontoire de Québec, l'écaille de Ste-Pétronille et, la nappe de Bacchus.

1) Domaine d'imbrication (formation de St-Augustin)

Le domaine d'imbrication couvre la partie sud-est de la côte de Beaupré, le chenal nord et l'estran nord-ouest de l'Ile d'Orléans. Ce domaine est formé d'une séquence flyschique de la formation de St-Augustin, c'est-à-dire de schiste argileux (shale)

avec des interlits de moins de 1 mètre d'épaisseur (moyenne de 1 à 15 cm) de grès calcareux. Les schistes argileux constituant plus de 85 pourcent du volume de la formation sont très friables. De plus, ils contiennent des minéraux gonflants qui soumis à l'eau rendent la roche très friable. Ajoutons que cette roche contient du méthane qui localement peut être en quantité suffisante pour exploser sous l'effet d'une étincelle ou d'une flamme.

2) Nappe du Promontoire de Québec

Cette nappe affleure suivant une bande nord-est, sud-ouest, de quelques mètres à plus de 800 mètres de largeur le long de la falaise nord-ouest de l'Ile d'Orléans. Des failles majeures de charriage marquent les contacts entre les roches de la nappe du Promontoire de Québec et les roches des formations sous-jacentes et sus-jacentes.

Cette nappe est constituée de calcaire argileux et de schistes argileux calcareux avec des interlits de schistes argileux gris foncé à noir. Il y a aussi quelques lits de calcarénite. L'ensemble est formé d'une alternance de lits de 10 cm à plus de 3 mètres d'épaisseur. Ces roches de gris foncé à noir contiennent des hydrocarbures. Au bris, la roche dégage des odeurs de bitume. Etant donné que les roches de cette nappe sont coincées entre deux failles majeures de chevauchement, la roche est très contournée et cisaillée. A noter que la sortie nord du tunnel projetée se trouve localisée au sein de la nappe du Promontoire de Québec.

3) Ecaille de Ste-Pétronille

Les roches ainsi dénommées forment le socle rocheux de l'extrémité sud-ouest de l'Ile d'Orléans. L'axe du tunnel projeté traversera sur une largeur d'environ 800 mètres les roches de cette écaille. Elle est formée de strates de la formation de Lévis. On y observe surtout des mudstones dolomitiques vert en lits de 10 cm à 1 mètre avec des interlits de mudstones micacés gris foncé en lits de 1 à 15 cm d'épaisseur. Il y a aussi des schistes argileux vert avec des interlits de mudstone dolomitique de calcarénite et de calcisiltite. Dans sa partie sud-est, l'écaille est formée surtout de schistes argileux gris et vert avec des interlits de siltstone de moins de 20 cm d'épaisseur. Plusieurs bancs de conglomérat calcaire et de calcarénite de 25 cm à plus de 10 mètres d'épaisseur sont observés à différents niveaux stratigraphiques dans la formation de Lévis de l'écaille de Ste-Pétronille.

En général, les roches de cette écaille sont résistantes à l'érosion et se prêtent bien à la percée d'un tunnel.

4) Nappe de Bacchus

Les strates de la nappe de Bacchus forment le socle rocheux de la majeure partie de l'Ile d'Orléans, à l'est de Ste-Pétronille, du chenal sud de l'Ile et de la rive sud du fleuve à l'est des chantiers maritimes de Lauzon. Sur environ 5 kilomètres de sa longueur, le tunnel (partie sud) projeté traversera les roches de cette nappe

de charriage. Il recoupera obliquement un synclinal majeur plongeant vers le sud avec un angle moyen de 25 degrés. Les formations rocheuses rencontrées sont des plus anciennes aux plus jeunes: de l'Anse Maranda, du Trou Ste-Patrice et, de la Pointe-de-la-Martinière. La formation de l'Anse Maranda présente des schistes argileux, des mudstones (roches argileuses) et des grès à texture et composition homogènes et localement très glauconieux. Au-dessus, affleure une séquence de schistes argileux avec des interlits de calcarénites, de conglomérats calcaires, de grès quartzeux et de grès calcareux de la formation du Trou St-Patrice. Au sommet, la formation de la Pointe-de-la-Martinière est formée d'une alternance de schistes argileux ou de mudstone gris, vert et rouge contenant quelques bancs de conglomérat calcaire, de grès et de siltstone.

Toutes ces roches se prêtent relativement bien à la percée d'un tunnel.

6.0.6.1.2 Géologie structurale

1) Failles

Toutes les unités structurales décrites sont limitées par des failles importantes mais inactives. La plus connue de ces failles, la ligne de Logan, traverse l'Ile d'Orléans du sud-ouest au nord-est. Elle affleure du côté nord-ouest de l'Ile généralement au pied de la falaise principale. Toutes ces failles ont des pendages abrupts vers le sud-est ou l'est. Des zones de cisaillement, parfois importantes, sont observées le long de ces failles. Elles sont caracté-

risées par la présence de schistes argileux très cahotiques et friables. Tel que dit plus haut, la principale de ces zones de cisaillement affecte toutes les roches de la nappe du Promontoire de Québec. La sortie nord du tunnel projeté traversera environ 300 mètres de cette roche.

A l'intérieur de chacune des unités structurales, plusieurs failles inverses, parallèles à la surface axiale des plis répètent la stratigraphie. Les plus spectaculaires affectent les roches de la nappe de Bacchus. Elles sont nord-sud avec des pendages abrupts vers l'est. Des failles semblables dans l'écaille de Ste-Pétronille, dans la nappe du Promontoire de Québec et dans la formation de St-Augustin accusent une direction nord-est-sud-ouest et un pendage élevé vers le sud-est. Il est probable que les roches en bordure de ces failles soient bréchiques sur quelques mètres de largeur.

2) Plis

L'orientation et la plongée des plis varient d'une unité à l'autre. Dans la zone d'imbrication, les flyschs de la formation St-Augustin forment des plis serrés, sub-horizontaux et déversés vers le nord-ouest. Les assises de la nappe du Promontoire de Québec sont très contournées et bréchiques. Seuls quelques petits plis de direction nord-est-sud-ouest ou nord-sud sont préservés ici et là. Dans l'écaille de Ste-Pétronille les plis sont isoclinaux, légèrement déversés vers le nord-ouest et plongent vers le nord-est avec un angle moyen de 20 degrés. Les plis affectant les strates de la nappe

de Bacchus, exceptionnellement ouverts dans la partie ouest (sur une largeur de 3 kilomètres) de la nappe sont généralement serrés et isoclinaux. Ils plongent vers le sud avec un angle moyen de 25 degrés.

3) Surfaces de discontinuité

A part les failles, les principales surfaces de discontinuité sont la stratification, la fissilité, le clivage de flux et les joints.

En général la stratification se présente en lits de moins de 1 mètre d'épaisseur quoique certains bancs de conglomérat ont plus de 5 mètres d'épaisseur et les grès glauconieux, à la base de la nappe de Bacchus, forment une bande massive de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Cette bande de grès est constituée d'une superposition de lits de 30 centimètres à plus de 1 mètre d'épaisseur.

La stratification est généralement verticale ou à pendage abrupt sur les flancs des plis et sub-horizontale ou à pendage faible dans la région axiale des plis. L'axe du tunnel projeté est perpendiculaire aux couches géologiques dans la nappe du Promontoire de Québec et dans l'écaille de Ste-Pétronille. Toutefois, il est oblique aux strates de la nappe de Bacchus. A noter que sur une longueur approximative de 400 mètres, l'axe du tunnel traversera en-dessous du chenal sud du fleuve, la région axiale d'un synclinal majeur; donc il interceptera à cet endroit des couches géologiques sub-horizontales ou légèrement inclinées vers le sud.

Tous les schistes argileux de la région à l'étude se débitent en feuilles de quelques millimètres d'épaisseur à cause de la fissilité. La fissilité est une foliation résultant de la compaction des sédiments argileux lors de leur diagenèse (passage de sédiment à roche sédimentaire). Elle se développe donc parallèlement à sa stratification. En surface, la roche est généralement friable à cause de la fissilité mais en profondeur elle peut être compacte et massive. Les forages vont nous renseigner sur les effets de ce phénomène en profondeur.

La roche affectée par le clivage de flux se débite en feuilles d'une fraction de millimètre à quelques millimètres d'épaisseur. Ce clivage est développé dans les schistes argileux, les mudstones et les grès glauconieux de la région axiale des plis. Il est subparallèle à la surface axiale de ces derniers. Il s'observe surtout dans les roches de l'écaille de Ste-Pétronille et la nappe de Bacchus. Dans cette dernière, l'axe du tunnel projeté est oblique au clivage de flux tandis que dans l'écaille de Ste-Pétronille, il lui est perpendiculaire.

Les joints sont omniprésents mais bien développés surtout dans les roches compétentes telles les grès et les conglomérats calcaires. Ils sont généralement conjugués et orthogonaux entre eux et à la stratification. En effet, si les strates sont horizontales, les joints sont verticaux et si elles sont verticales, les joints accusent une direction perpendiculaire à celles des strates et des pendages variables. Ajoutons que d'une strate à l'autre, la direc-

tion ou le pendage des joints varie tout en demeurant orthogonal entre eux et à la stratification. Il est à noter que dans les conglomérats calcaires, certains sont ouverts a cause de la solubilité du calcaire à l'eau froide. Ainsi, en sous surface, les conglomérats calcaires pourraient permettre à l'eau d'envahir le chantier.

6.0.6.2 Capacité portante de la roche

Les éléments actuels pour évaluer la capacité portante de la roche sont nettement insuffisants. Les forages effectués pour l'implantation des tours de l'Hydro-Québec dans le chenal nord indiquent une capacité portante du roc fissuré de $5T/pi^2$ et du roc sain de $15T/pi^2$. Cependant, les forages effectués cet hiver pourront vérifier cet ordre de grandeur.

Dans le chenal sud, aucun indice n'est disponible. Il serait donc bon d'y effectuer quelques forages de reconnaissance lors de la prochaine étape.

6.0.7 Nature du sol

6.0.7.1 Selon les forages effectués pour l'étude

A la suite des informations obtenues dernièrement sur les forages effectués au cours de l'hiver, on a identifié la nature des sols en présence. Il est à noter qu'en général, le lit du chenal nord est composé d'une épaisse couche de sable gris, avec trace de silt ou de gravier de densité moyenne pour les premiers 100' à une

densité forte pour les couches plus profondes. On remarquera au trou #3 deux importantes couches d'argile. On retrouve à la fig. 6.4 les résultats communiqués à date concernant ces forages.

6.0.7.2 Selon les forages extérieurs

D'après les forages effectués par l'Hydro-Québec pour les assises des tours à 735KV et le Gouvernement du Québec pour les viaducs de l'autoroute 40 et 140, et montrés a la fig. 6.2, on peut confirmer que le lit du chenal nord est formé d'une épaisse couche de sable gris uniforme variant de 100' à 200', sauf sur les battures de l'Ile d'Orléans où le roc se retrouve presqu'en surface.

6.0.7.3 Renseignements à venir

Les résultats des essais en laboratoire des échantillons des forages ne sont pas encore disponibles, les forages ayant été terminés dans le milieu de mars. Ces résultats seront compilés prochainement pour compléter l'évaluation des sols et du roc quant à leurs propriétés mécaniques et physiques. Nous aurons à ce moment une assez bonne connaissance préliminaire du sol pouvant servir aux fondations. Cependant, il serait probablement bon de la compléter de la façon expliquée ci-après.

6.1 PLAN DE RECONNAISSANCE POUR LA PROCHAINE ETAPE

6.1.1 Reconnaissance préliminaire à compléter

Pour compléter le programme de reconnaissance préliminaire, il resterait quelques travaux à effectuer dans le chenal nord, soit:

- 3 profils séismiques dans les lignes de forages
- 1 forage de contrôle dans la ligne 3

Cependant, si les essais sur échantillons révèlent une capacité portante suffisante du sol pour y asseoir les fondations, le profil séismique pourrait être abandonné dans la ligne 1, car on prévoit d'après les forages que le roc est situé à très grande profondeur sur presque toute la longueur de cette ligne.

Pour le chenal sud, une capacité portante du sol équivalente à celle du chenal nord peut être assumée. De même, une capacité de roc supérieure à celle du chenal nord, selon les informations géologiques obtenues, peut être avancée pour le chenal sud. Cependant, des informations plus précises devraient être obtenues lors de l'étude des structures.

6.1.2 Prochaine étape

Lors de la prochaine étape, alors qu'un axe préférentiel sera défini, d'autres renseignements complémentaires devront être compilés.

En particulier, il faudrait recueillir des échantillons de roc dans le chenal sud à l'endroit envisagé comme fondation des piles de pont (s'il y a lieu).

A ce moment, on obtiendra une stratigraphie du sol et les informations sur les propriétés physiques et mécaniques du sol. De même, il serait nécessaire de forer jusqu'au niveau du tunnel proposé (s'il y a lieu), afin d'envisager un peu les problèmes géologiques qui pourraient survenir lors de la construction. Un profil géophysique serait un outil indispensable à l'estimation d'un tunnel. Nous référons le lecteur à la section "tunnel" de ce rapport pour plus de détails sur cet item.

Dans le chenal nord, selon l'axe choisi, il y aura lieu d'évaluer la pertinence de d'autres forages, en particulier aux assises des piles de pont. De même, dans le cas d'une jetée, la nécessité d'autres forages peut s'avérer essentielle.

A ce moment-ci, un programme définitif des forages à effectuer ne peut être arrêté, étant donné que ces derniers sont liés aux choix effectués à ce stade-ci.

LÉGENDE

NOTE

ÉQUIDISTANCE DES COURBES DU TERRAIN 10 MÈTRES, COTÉES PAR RAPPORT AU NIVEAU DE RÉFÉRENCE S.C.G.

ÉQUIDISTANCE DES COURBES DE PROFONDEUR D'EAU 5 MÈTRES, COTÉES PAR RAPPORT AU NIVEAU DE RÉFÉRENCE DES CARTES HYDROGRAPHIQUE (CHART DATUM)

SOURCE CARTES PLANI-TOP MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS
CARTES BATHYMÉTRIQUE SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA

N

PIEDS 0 1000 2000 4000 6000

MÈTRES 0 500 1000 2000

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

ETUDE SUR LA POSSIBILITÉ D'UN LIEN ENTRE LA RIVE NORD ET LA RIVE SUD DU FLEUVE ST-LAURENT, VIA L'ILE D'ORLÉANS.
GÉOTECHNIQUE (76-305)

BATHYMÉTRIE ET TOPOGRAPHIE

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS
INGÉNIEURS-CONSEILS

PRÉPARÉ PAR	DATE
DESSINÉ PAR	PLAN N° FIG. 6.1
APPROUVÉ PAR	

LÉGENDE

ÉQUIDISTANCE DES COURBES DU ROC DANS LE FLEUVE 25 PIEDS, COTÉE EN-DESSOUS DU NIVEAU DE RÉFÉRENCE S.C.G.

- Compagnie Nationale De Forage & De Sondage Inc. Pour Vandry Jobin et Ass.
- FORAGES - Ministère Des Transports (Gouv. Du Québec.)
- FORAGES - Hydro - Québec

COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE & DE SONDAGE INC.

NO	ÉLÉV ROC	NO	ÉLÉV ROC	NO	ÉLÉV ROC
1	-195	4	-15'	7	-2'
2		5		8	Plus Profond -80'
3	-204'	6	-149	9	Plus Profond -67'

FORAGES - MINISTERE DES TRANSPORTS Gouvernement Du Québec

NO	Nombre De Forages	ÉLÉV ROC	NO	Nombre De Forages	ÉLÉV ROC
12			13	1 FORAGE	Plus Profond -116'
14	1 FORAGE	Plus Profond -106'	15	1 FORAGE	-56'
16			17	1 FORAGE	-2'
18	7 FORAGES	+1' @ +4'	19	6 FORAGES	+ 2' @ + 4
20	6 FORAGES	+2' @ + 6'	21	1 FORAGE	Plus Profond -155'

FORAGES - HYDRO-QUÉBEC

NO	Nombre De Forages	ÉLÉV ROC	
10	4 FORAGES	-6'	
11	4 FORAGES	+ 2'	

NOTE : NIVEAU DE REFERENCE S.G.C.

N

SOURCE : MINISTÈRES DES TERRES ET FORETS & DE LA VOIRIE

PIEDS 0 1000 2000 4000 6000

MÈTRES 0 500 1000 2000

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

ETUDE SUR LA POSSIBILITÉ D'UN LIEN ENTRE LA RIVE NORD ET LA RIVE SUD DU FLEUVE ST-LAURENT, VIA L'ILE D'ORLÉANS.
GÉOTECHNIQUE (76-305)

SOCLE ROCHEUX

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS
INGÉNIEURS - CONSEILS

PRÉPARÉ PAR	DATE
DESSINÉ PAR	PLAN N° FIG. 6.2
APPROUVÉ PAR	

LÉGENDE

FORMATION DE ST.-AUGUSTIN

- AU_3 SHALE CALCAIREUX AVEC DES INTERLITS DE GRÈS CALCAIREUX, FRIABLE, DE MOINS DE 1 M. D'ÉPAISSEUR

NAPPE DU PROMONTOIRE DE QUÉBEC

- Q_3 CALCAIRE ARGILEUX OU SHALE CALCAIREUX AVEC QUELQUES INTERLITS DE SHALE GRIS FONCÉ ET DE CALCARÉNITE
- C_2 SHISTES CALCAIRE ARGILEUX SHALE CALCAIREUX CALCARÉNITE

ÉCAILLE DE STE-PÉTRONILLE

- LE_5 ALTERNANCE DE MUDSTONE DOLOMITIQUE VERT ET DE MUDSTONE MICACÉ GRIS FONCÉ EN LIT DE ¼" À 12" SHALE VERT CALCISILTITE CALCARÉNITE
- LE_4 SHALE VERT AVEC INTERLITS DE MUDSTONE DOLOMÉTIQUE VERT DE CALCARÉNITE ET DE CALCISILTITE
- LE_3 CONGLOMÉRAT CALCAIRE ET GRÈS CALCAIRE

NAPPE DE BACCHUS

FORMATION ANSE MARANDA

- AM_4 GRÈS GLAUCONIEUX
- AM_3 GRÈS GLAUCONIEUX SHISTEUX
- AM_2 MUDSTONE GLAUCONIEUX

FORMATION DU TROU ST.-PATRICE

- T_4 SHALE GRIS FONCÉ AVEC LIT DE CALCAIRE CALCARÉNITE ET CALCISILTITE DE MOINS DE 1 PIED D'ÉPAISSEUR
- T_3 SHALE GRIS FONCÉ AVEC LIT DE CALCAIRE CALCARÉNITE ET DE GRIS CALCAIREUX DE 2" À 2'-0" D'ÉPAISSEUR
- T_2 CONGLOMÉRAT CALCAIRE

FORMATION DE LA POINTE DE LA MARTINIÈRE

- P_8 MUDSTONE ROUGE QUELQUES INTERLITS DE MUDSTONE OU SHALE VERT
- P_6 ALTERNANCE DE MUDSTONE DOLOMÉTIQUE VERT ET DE SHALE VERT
- P_5 ALTERNANCE DE MUDSTONE DOLOMÉTIQUE VERT ET DE MUDSTONE MICACÉ GRIS FONCÉ EN LIT DE ¼" A 12" SHALE VERT
- P_4 SHALE VERT AVEC QUELQUES INTERLITS DE MUDSTONE ROUGE ET VERT
- P_1 CONGLOMÉRAT

SOURCE :

GÉOLOGIE DE LA VILLE DE QUÉBEC
MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES

N

PIEDS 0 1000 2000 4000 6000

MÈTRES 0 500 1000 2000

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

ETUDE SUR LA POSSIBILITÉ D'UN LIEN ENTRE LA RIVE NORD ET LA RIVE SUD DU FLEUVE ST-LAURENT, VIA L'ILE D'ORLÉANS.
GÉOTECHNIQUE (76-305)

CARTE GÉOLOGIQUE

VANDRY, JOBIN & ASSOCIÉS
INGÉNIEURS-CONSEILS

PRÉPARÉ PAR	DATE
DESSINÉ PAR	PLAN N°
APPROUVÉ PAR	FIG. 6.3

FORAGE No. 1

EL. 0'	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE
0	EAU				
		4.8	16/16		5
	SABLE FIN GRIS, UN PEU SILTEUX	5.0	16/16	SS	5
-10	ARGILE DE 10 PO. D'ÉPAISSEUR, UN PEU SILTEUSE	10.0	16/16	SS	1
		12.0	16/16	SS	1
	SILT ARGILEUX, UN PEU DE SILT ET DE SABLE	13.5	18/18	SS	15
-20	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, QQ PO. TRACES DE GRAVIER.	17.8	9/18	SS	29
		17.8	8/18	SS	29
-30		23.0	12/18	SS	18
		27.8	16/18	SS	17
-40		33.0	12/18	SS	20
		37.8	12/18	SS	18
-50		43.0	16/18	SS	30
	8 @ 52.3' - COQUILLAGES	47.8	16/18	SS	21
-60		53.0	16/18	SS	29
		57.8	16/18	SS	24
-70		63.0	16/18	SS	24
	DE 67.8' @ 72.8' LE SABLE DEVIENT PROPRE ET IL TIENT LE TUBAGE	67.8	16/18	SS	21
-80		73.0	16/18	SS	19
		77.8	16/18	SS	23
-90		83.0	16/18	SS	23
		87.8	16/18	SS	23
-100	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, QQ PO. TRACES DE GRAVIER.	93.0	16/18	SS	50
	8 @ 102.3' - COQUILLAGES	97.8	16/18	SS	50
-110	8 @ 104.3' - LIT DE SILT	103.0	16/18	SS	50
		107.8	16/18	SS	50
-120		113.0	16/18	SS	41
		117.8	16/18	SS	14
-130		123.0	16/18	SS	33
		127.8	16/18	SS	37
-140	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, QQ PO. TRACES DE GRAVIER	133.0	16/18	SS	40
		137.8	16/18	SS	47
-150	DE 138.8' @ 154.8' LE SABLE DEVIENT PROPRE ET IL TIENT LE TUBAGE	143.0	16/18	SS	40
		147.8	16/18	SS	47
-160		153.0	16/18	SS	40
		157.8	16/18	SS	47
-170	DE 164.8' @ 167.8' LE SABLE DEVIENT PROPRE ET IL TIENT LE TUBAGE	163.0	16/18	SS	50
		167.8	16/18	SS	44
-180	8 @ 182.8' - LITS DE SABLE SILTEUX	173.0	16/18	SS	50
		177.8	16/18	SS	50
-190	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, QQ PO. TRACES DE GRAVIER, QQ LITS DE SILT	183.0	16/18	SS	50
		187.8	16/18	SS	50
-200		193.0	16/18	SS	50
		197.8	16/18	SS	50
-210	ROC	203.0	16/18	SS	50
	ROC 100%	207.8	16/18	SS	50

FORAGE No. 3

EL. 0'	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE	ESSAIS AU SCISSOMÈTRE: EFFORTS EN CISAILLEMENT ARGILE NON REMANIÉE LBS/PI CA	ESSAIS AU SCISSOMÈTRE: EFFORTS EN CISAILLEMENT ARGILE REMANIÉE LBS/PI CA	ESSAIS DE LABORATOIRE
	EAU							
	SILT ET SABLE GRIS, UN PEU D'ARGILE, TRACES DE GRAVIER, QQ COQUILLAGES	3.0	12/24	SS	5			
		5.0	18/24	SS	5			
		7.0	18/24	SS	4			
	@ 52.5' - TRACES DE GRAVIER	9.0	18/24	SS	20			
		11.0	18/24	SS	3			
		13.0	18/24	SS	5			
		15.0	18/24	SS	3			
		17.0	18/24	SS	3			
		19.0	18/24	SS	1			
		21.0	18/24	SS	1			
		23.0	18/24	SS	-	-	-	
		25.0	24/24	ST	-	-	-	
		27.0	24/24	ST	-	407	172	
		29.0	24/24	ST	-	-	-	
		31.0	24/24	ST	-	1049	197	
		33.0	24/24	ST	-	-	-	
		35.0	24/24	ST	-	1010	197	
		37.0	18/18	SS	28			
		39.0	18/18	SS	19			
		41.0	18/18	SS	1			
		43.0	24/24	ST	-	-	-	
		45.0	24/24	ST	-	3005	1096	
		47.0	24/24	ST	-	-	-	
		49.0	24/24	ST	-	3756	1815	
		51.0	24/24	ST	-	-	-	
		53.0	24/24	ST	-	4695	1690	
		55.0	24/24	ST	-	-	-	
		57.0	24/24	ST	-	3321	1815	
		59.0	18/18	SS	50			
		61.0	0/0		50			
		63.0	18/18	SS	17			
		65.0	18/18	SS	50			
		67.0	18/18	SS	50			
	ROC	69.0	18/18	SS	50			
	ROC 95%	71.0	18/18	SS	50			
	ROC 100%	73.0	18/18	SS	50			
	ROC 100%	75.0	18/18	SS	50			

FORAGE No. 4

EL. 0'	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE
	EAU				
	ARGILE GRISE SILTEUSE, SILT ET SABLE GRIS, QQ TRACES DE GRAVIER, QQ COQUILLAGES	3.0	12/24	SS	16
		5.0	18/24	SS	45
		7.0	18/24	SS	125
		9.0	18/24	SS	171
		11.0	18/24	SS	50
	EDC 42% REC	13.0	16/24	SS	50
	REC 50%	15.0	16/24	SS	50
	REC 71% REC 50%	17.0	16/24	SS	50
	REC 46% REC 83%	19.0	16/24	SS	50
	REC 80%	21.0	16/24	SS	50

FORAGE No. 6

EL. 0'	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE
	EAU				
		3.0	12/24	SS	10
		5.0	18/24	SS	11
		7.0	18/24	SS	16
		9.0	18/24	SS	50
	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, LITS D'ARGILE	11.0	18/24	SS	50
		13.0	18/24	SS	8
		15.0	18/24	SS	3
		17.0	18/24	SS	48
		19.0	18/24	SS	33
		21.0	18/24	SS	7
		23.0	18/24	SS	24
		25.0	18/24	SS	73
		27.0	18/24	SS	79
		29.0	18/24	SS	58
		31.0	18/24	SS	73
		33.0	18/24	SS	74
		35.0	18/24	SS	81
		37.0	18/24	SS	74
		39.0	18/24	SS	77
		41.0	18/24	SS	78
		43.0	18/24	SS	74
		45.0	18/24	SS	77
		47.0	18/24	SS	78
		49.0	18/24	SS	82
		51.0	18/24	SS	140
		53.0	18/24	SS	190
	SABLE ET SILT GRIS, QQ ROCS ARRONDIS, TRACES DE GRAVIER, QQ CAILLOUX	55.0	18/24	SS	62
		57.0	18/24	SS	50
	FRAGMENTS DE ROC ET SABLE	59.0	18/24	SS	50
	ROC	61.0	18/24	SS	50
	EDC 46%	63.0	18/24	SS	50
	REC 77%	65.0	18/24	SS	50
	REC 80%	67.0	18/24	SS	50

FORAGE No. 7

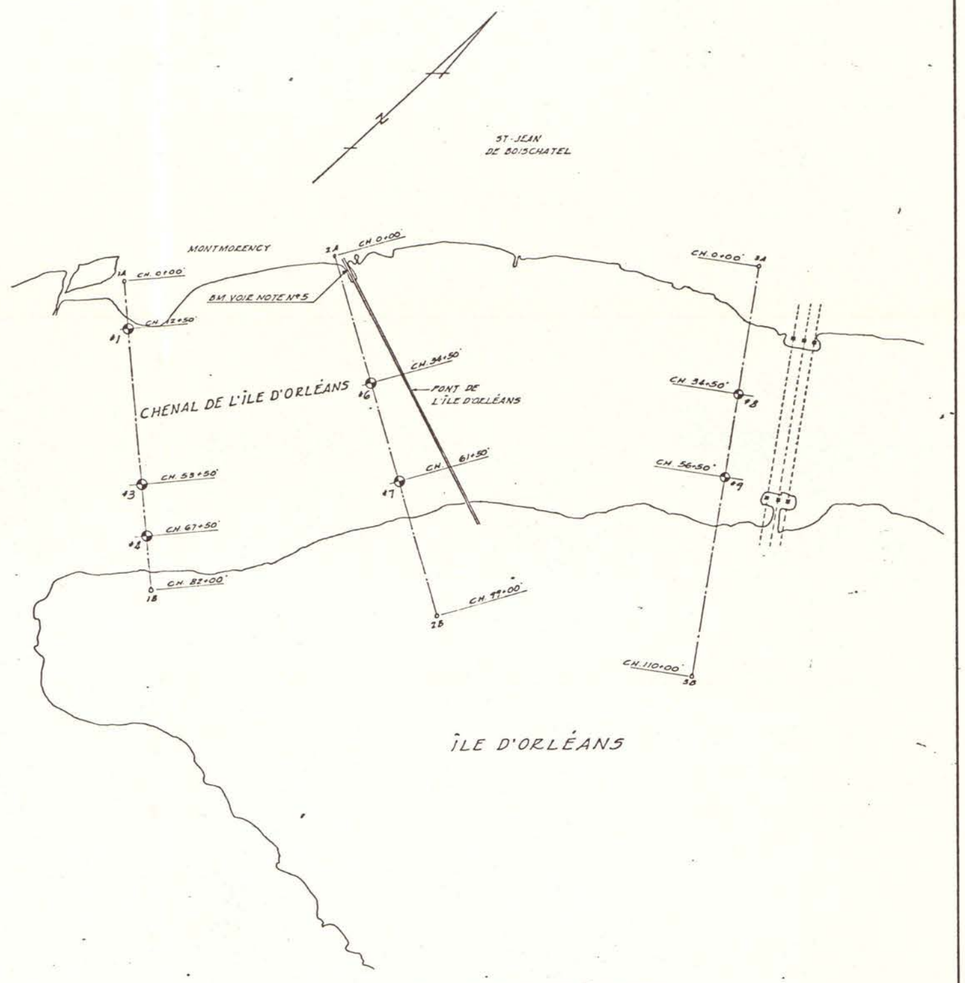
EL. 0'	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE
	ROC				
	EDC 71% REC	3.0	18/24	SS	121
		5.0	18/24	SS	74
	EDC 71% REC	7.0	18/24	SS	74
		9.0	18/24	SS	50
	EDC 100% REC	11.0	24/24	SS	50
		13.0	24/24	SS	50
	EDC 100% REC	15.0	24/24	SS	50

FORAGE No. 8

EL. 0'	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE
	EAU				
		53			
	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, TRACES DE BOIS	55.0	4/18	SS	7
		57.0	12/18	SS	24
		59.0	12/18	SS	73
		61.0	12/18	SS	79
		63.0	16/18	SS	58
		65.0	12/18	SS	73
		67.0	16/18	SS	74
		69.0	12/18	SS	81
	8 @ 71.5' - TRACES DE GRAVIER	71.5	4/18	SS	4

FORAGE No. 9

EL. 13'±	ÉCHANTILLONS	PROFONDEUR	RÉCUPÉRATION EN PO.	TYPE	INDICE DE RÉSISTANCE
	REMBLAI: SABLE GRIS, TRACES DE GRAVIER, QQ RACINES	0	4/18	SS	11
		2	12/18	SS	52
		4	12/18	SS	57
	SABLE GRIS-BRUN, UN PEU DE SILT, INCLUSIONS D'ARGILE, TRACES DE GRAVIER.	6	12/18	SS	99
		8	12/18	SS	28
		10	12/18	SS	28
		12	12/18	SS	24
	SABLE GRIS, LITS ET INCLUSIONS DE SILT.	14	12/18	SS	24
		16	12/18	SS	26
		18	12/18	SS	24
		20	4/18	SS	25
		22	4/18	SS	24
		24	4/18	SS	27
		26	4/18	SS	27
		28	4/18	SS	78
	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, COQUILLAGES OCCASIONNELS	30	18/24	SS	52
		32	0/24	SS	82
		34	4/18	SS	52
	SABLE GRIS, UN PEU DE SILT, TRACES DE GRAVIER.	36	4/18	SS	50
		38	4/18	SS	55



LOCALISATION DES FORAGES

1 : 20 000 ±

NOTE: LES ÉLÉVATIONS DES FORAGES NOS 8 ET 9 SONT APPROXIMATIVES.

TABLEAU DES FORAGES

1" = 10'

NOTES:

1° L'IDENTIFICATION DES COUCHES DE TERRAIN PROVIENT DE L'EXAMEN VISUEL DES ÉCHANTILLONS.

2° INDICE DE RÉSISTANCE: NOMBRE DE COUPS NÉCESSAIRES POUR ENFONCER LE DERNIER PIED DE L'ÉCHANTILLONNEUR STANDARD (CUILLÈRE FENDUE DE 2 PO. DE DIAMÈTRE). ÉNERGIE DE 4 200 LB-PO.

3° LA LOCALISATION DES FORAGES FUT FOURNIE PAR: MM. VANDRY, JOBIN ET ASSOCIÉS, INGÉNIEURS-CONSEILS.

4° LES ÉCHANTILLONS SERONT CONSERVÉS POUR UNE PÉRIODE D'UN AN.

5° REPÈRE BM (GÉODÉSIQUE) EL. 27.95': PLAQUE 5"-5" DANS LE TROTTOIR CÔTÉ SUD-OUEST DU PONT DE L'ÎLE D'ORLÉANS, SITUÉE À 6' DU GARDE-CORPS ET À 7.5' DE L'ASPHALTE, AU NIVEAU DE LA CULÉE RIVE NORD.

6° LE ROC FUT FORÉ À L'AIDE D'UN CAROTTIER DE CALIBRE "AXT" & "BXL" DIAMÈTRE DES CAROTTES: 1 3/16" & 1 5/8" RESPECTIVEMENT.

7° SS: (SPLIT SPOON) CUILLÈRE FENDUE.
VT: (VANE SHEAR TEST) ESSAI AU SCISSOMÈTRE.
ST: (SHELBY TUBE) TUBE SHELBY.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES TRANSPORTS

COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDAGE INC.
1130 ouest, rue sherbrooke, montréal H3A 2R5

DESSINÉ PAR: M BARCELO
APPROUVÉ PAR: Roland Charbonneau ing.
VÉRIFIÉ PAR: Henri Martyn ing.

NATURE	DATE	PAR
REVISION		

HOR. ---------
VERT. ---------
ÉCHELLE: INDIQUÉE
DOSSIER: 4716-10
DATE: MARS 1977

MUNICIPALITÉ
CIRCONSCRIPTION ÉLECTORALE
COMTÉ MUNICIPAL: MONTMORENCY

PROJET: 76-305
PLAN
CONTRAT

TRAVERSÉE DE L'ÎLE D'ORLÉANS
RIVE NORD

PLAN DES FORAGES

FIG. 6.4

CHAPITRE VII

H Y D R A U L I Q U E

7.0 LA SITUATION

La section hydraulique accuse un retard très net sur le reste de l'étude. Ce retard est principalement dû au fait que nous n'avons pu avoir de réponse du Ministère des Transports Fédéral quant à l'utilisation de deux modèles essentiels aux essais en laboratoire. Ces deux modèles sont les suivants:

1°: Le modèle principal à fond fixe (1/600 en plan et 1/150 en hauteur) limité à la région immédiate de Québec et propriété du Ministère des Transports Fédéral.

2°: Le modèle d'ensemble à fond mobile (1/10,000 en plan et 1/150 en hauteur) couvrant le territoire du lac St-Pierre à l'Ile aux Coudres et propriété du Ministère des Transports Fédéral.

D'autre part, il est à souligner que le Conseil National de la Recherche à Ottawa par l'entremise de Monsieur Joe Ploeg, directeur du Laboratoire d'Hydraulique, a confirmé de mettre à notre disposition le troisième modèle qui est un modèle à plus grande échelle que les deux précédents, mais à fond fixe. Ce modèle servira surtout à contrôler les indications du modèle à

à fond mobile en ce qui touche la marée (pour les dispositions définitives adoptées).

Cependant, il est à noter que la majeure partie de l'étude repose sur le premier modèle (i.e. 1/600 X 1/150) qui permettra en particulier d'évaluer les conséquences directes des aménagements alors que les deuxième et troisième modèles ne seront utilisés qu'à des fins de contrôle des conséquences indirectes.

Donc, il s'avère, à ce moment-ci, absolument essentiel de confirmer positivement la permission d'utiliser les modèles du Ministère des Transports Fédéral, de façon à ne pas retarder davantage le déroulement de l'étude, car la section hydraulique est essentielle à l'étaiement des autres sections.

Enfin, tout le programme des essais devant être effectués sur ces trois modèles est élaboré et prêt à démarrer dès que le Ministère des Transports Fédéral donne son approbation. Cette approbation est de la plus haute importance, car nous n'envisageons et ne recommandons pas la construction d'un nouveau modèle, étant donné l'existence de ces modèles.

7.1 LES ETUDES HYDRAULIQUES

Les études hydrauliques sont de deux types:

1°: Les études "locales"

2°: Les études "relatives à l'aménagement"

Le premier type d'études, les études "locales", s'attarderont particulièrement aux effets de l'eau et de la glace sur les ouvrages, par exemple, au niveau des piles ou des jetées. Ces études examineront la résistance à l'eau, à la glace, à l'érosion, aux alluvions et à l'effet des marées sur les structures.

Le deuxième type d'études consiste à effectuer des essais relatifs à l'aménagement, c'est-à-dire, des essais examinant les effets produits sur le St-Laurent par l'implantation de structures que sont un pont, un tunnel ou une jetée.

A titre de cadrage pour la deuxième phase, nous présentons par la suite des programmes d'essais sur modèle réduit de différents types de structure pour la traversée du St-Laurent qui seront effectués dès que le Ministère des Transports Fédéral aura signifié la possibilité de démarrer.

7.2 BUT DES ESSAIS SUR MODELE REDUIT

Reproduire les conditions hydrauliques résultant de la mise en place de différents types de structure dans les Bras Nord et Sud de l'Ile d'Orléans, afin de choisir le type de structure et de corridor qui minimise les impacts hydrauliques et qui en même temps minimise les coûts d'investissement. Cette vérification sur modèle réduit se situe au niveau de l'avant-projet préliminaire et doit être interprétée comme étant un des critères de sélection qui permettra

de retenir les solutions de liens les plus valables au point de vue technique et les plus rentables au point de vue économique.

7.3 PRINCIPAL MODELE UTILISE

Le principal modèle utilisé est le modèle du port de Québec, propriété de Transport Canada, localisé dans les laboratoires de ce ministère à Ville La Salle, et dont l'opération est actuellement effectuée par le personnel du Laboratoire d'Hydraulique La Salle.

Le modèle reproduit la zone comprise entre l'amont immédiat du Pont de Québec et un axe passant légèrement à l'aval de la ligne de 735KV de l'Hydro-Québec sur l'Ile d'Orléans. Le modèle est à fond fixe, avec une distortion de 4 (v = 1:150, H = 1:600).

Le modèle est actuellement calibré pour reproduire une marée forte moyenne de 17 pieds avec un débit d'apport d'eau du St-Laurent à l'entrée du modèle de 350,000 pi^3/s. La calibration est faite en respectant tant les niveaux que les courants naturels.

7.4 PROGRAMME DES ESSAIS

A la lumière des différents corridors et des différents types de structure retenus à l'étape de l'avant-projet préliminaire, un programme d'essai sur modèle a été défini qui prévoit les phases suivantes:

7.4.1 Remise en état de marche du modèle

- Corrections du modèle pour le ramener représentatif de l'état actuel et mise en eau du modèle (1 semaine).

- Calibration du modèle suivant les critères utilisés lors de l'étude du Port de Québec (2 semaines).

- Définition de l'état actuel de référence au point de vue niveaux, débits et courants (1 semaine).

7.4.2 Essais des différentes alternatives

7.4.2.1 Alternatives dans le Bras Sud de l'Ile d'Orléans

Vérification de l'influence de l'implantation d'un pont suspendu avec espacement de piles de 2,500 et 5,000 pieds sur trois corridors distincts (1,2A et 3), en susposant d'une part que le Bras Nord de l'Ile d'Orléans est complètement formé par une digue dans l'axe 2, ou d'autre part, que le lien Québec - Ile d'Orléans se compose d'un pont sur pile dans l'axe 2.

Cette étape-ci se compose donc de 12 essais.

Pour la première série de 6 essais, les résultats seront formulés sous forme de cartes de vitesses et de courants, sous forme d'observation sur l'alignement des piles, avec écoulement en eau libre.

Pour la deuxième série de 6 essais, le modèle reproduira l'écoulement avec glace. Les résultats donneront les caractéristiques de l'écoulement avec glace en fonction de l'espacement entre les piles du pont suspendu.

Ces douze essais dureront 3 semaines. Advenant que des alternatives autres que le pont suspendu soient testées (ex.: pont suspendu avec digue d'approche), il faut compter 3 semaines supplémentaires par alternative.

7.4.2.2 Alternatives dans le Bras Nord de l'Ile d'Orléans

Vérification de l'influence de l'implantation de trois variantes de structure dans trois corridors différents (1, 2 et 3) dans le Bras Nord de l'Ile d'Orléans. Les variantes de structure sont: digue complète, digue et pont, pont sur piles.

Les résultats devraient être présentés sous forme de carte des vitesses, répartition des débits, analyse du mouvement des glaces dans le chenal sud et la région portuaire, analyse de la sédimentation avec une digue à fermeture partielle ou totale.

Un test sur le mini-modèle (CNR-Ploeg) devrait compléter l'analyse sédimentologique.

Le temps requis pour cette phase des essais est de 5 semaines.

7.4.3 Analyse des résultats acquis

A l'étape 7.4.2, le Laboratoire transmet à l'Ingénieur-Conseil, sous forme de lettres et de croquis au brouillon les résultats des différents essais à mesure qu'ils sont acquis. A cette étape-ci, l'Ingénieur-Conseil fait connaître la ou les solutions les plus intéressantes au point de vue technique et économique qui méritent d'être analysées en détails sur le modèle réduit.

7.4.4 Essais détaillés des solutions optimales

Le but de ces essais est de raffiner davantage l'analyse sur des impacts hydrauliques des solutions qui présentent les meilleures chances de succès.

A cette étape, le modèle devrait permettre d'optimiser davantage l'espacement entre les piliers pour le lien Ile d'Orléans - Lévis et aussi optimiser la solution digue-pont dans le Bras Nord. Ces essais peuvent comprendre aussi la simulation d'autres débits et d'autres cycles de marée pour reproduire des conditions extrêmes.

Le programme à cette étape-ci ne peut être davantage défini sans connaître les résultats des essais de la phase 7.4.2. Cependant, il semble raisonnable de prévoir une durée d'essai de un à deux mois, plus quatre semaines pour la préparation et la rédaction du rapport sur ces essais.

7.5 CONCLUSION

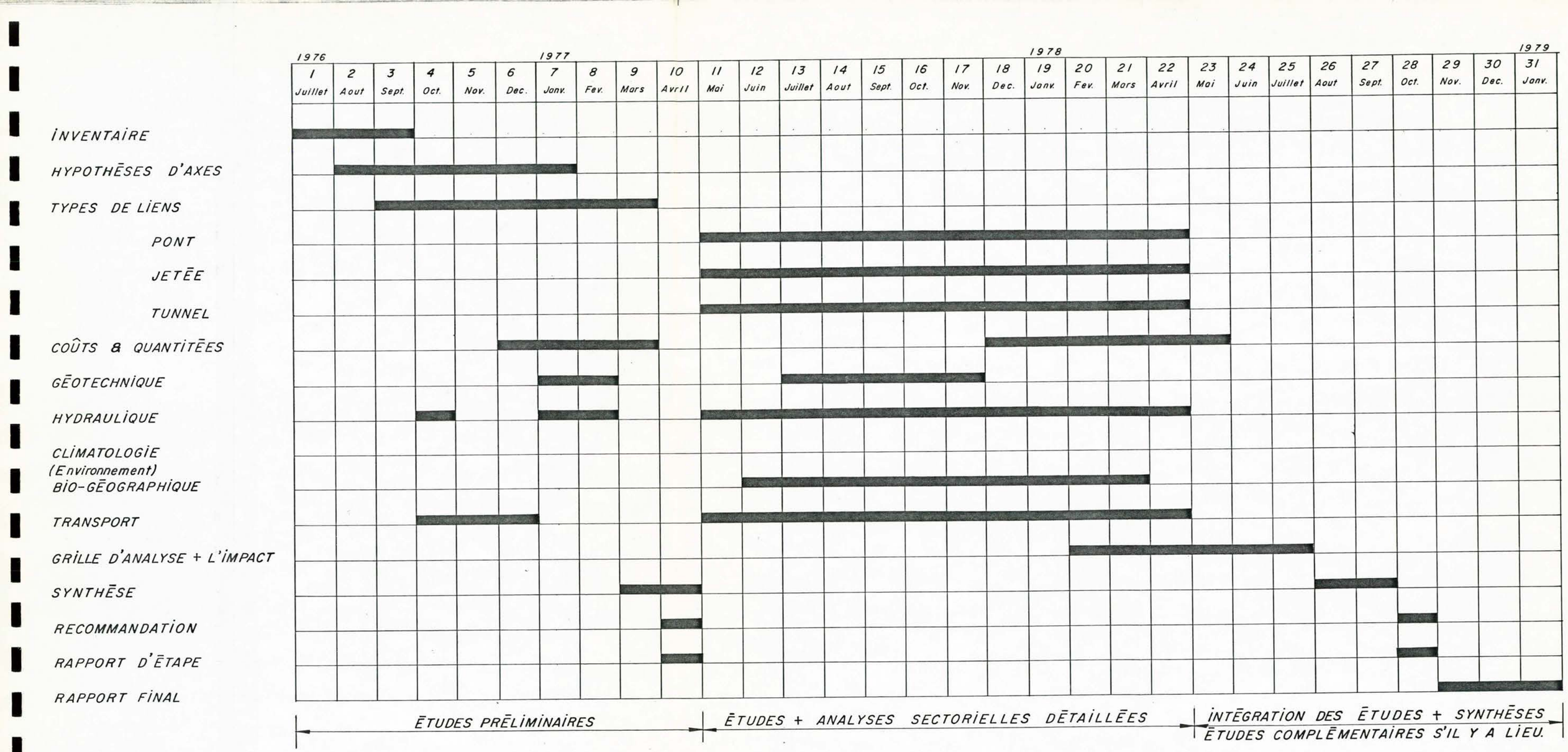
La conclusion de cette section, c'est évidemment de poursuivre les démarches et négociations avec le Ministère des Transports Fédéral, afin d'obtenir la mise en disposition des modèles réduits nécessaires aux essais.

CHAPITRE VIII

E C H E A N C I E R

Le lecteur retrouve à la page suivante le nouvel échéancier qui a été élaboré en tenant compte des travaux réalisés jusqu'à présent.

A date, le projet accuse un retard d'environ un mois sur l'échéancier prévu initialement. La prochaine phase devrait normalement rencontrer l'échéancier proposé.



ÉCHÉANCIER CORRIGÉ - AVRIL 1977

CHAPITRE IX

C O N C L U S I O N - R E C O M M A N D A T I O N

Le présent document, ce qui a été convenu d'appeler le rapport d'étape, présente l'état des travaux effectués au cours de cette phase d'études préliminaires.

Dans une deuxième étape, le travail débouchera sur les études et les analyses sectorielles détaillées qui permettront de préciser davantage au point de vue technique. En effet, cette prochaine étape consiste à étudier et à analyser plus en détails, afin que les résultats permettent une prise de décision la plus rationnelle possible, étant donné l'envergure et la complexité du projet concerné.

Donc, à ce moment-ci, une prudence s'impose quant au choix définitif d'une option, étant donné que même si certaines alternatives semblent plausibles, il n'en demeure pas moins que ces avancées devront être vérifiées par les études et analyses sectorielles détaillées appuyées par le modèle d'optimisation.

A ce stade-ci, aucune conclusion générale ne saurait être élaborée vu que le lecteur retrouve dans chaque chapitre les conclusions propres au chapitre traité ainsi qu'une évaluation de la poursuite du travail. Cependant, nos principales recommandations pour ce rapport d'étape concernent cinq sujets en particulier:

1°: La mise en disposition des données ainsi que le rapport d'environnement et d'aménagement du territoire devant être publié au début d'avril par le Service de Géographie du Ministère des Transports du Québec.(réf. Chap. III).

2°: La réponse du Ministère des Transports Fédéral quant à l'utilisation de deux modèles hydrauliques essentiels aux essais en laboratoire. (réf. Chap. VII).

3°: Les négociations menant à une entente au sujet des gabarits tant sur le Bras Nord que sur le Bras Sud. (réf. Chap. IV).

4°: La mise en disposition des documents encore manquants et identifiés comme tels. (réf. Chap. II).

5°: Des travaux de forages et sondages supplémentaires devront être réalisés afin de concrétiser les propositions déjà mises de l'avant. (réf. Chap. V).

Enfin, le choix arrêté sur la faisabilité d'une structure, tant sur le Bras Nord que sur le Bras Sud, dépend grandement des exigences pour les dégagements (horizontal et vertical) qui sont des variables contrôlantes lors de dimensionnement préliminaire. Dans cette première étape, nous avons présenté les types de structures ayant une possibilité de réalisation. Reste maintenant à voir de quelle façon la meilleure solution peut être élucidée.