

Annexe 6

Étude hydraulique 1



Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Direction des structures

ÉTUDE HYDRAULIQUE

Protection contre la mer
le long de la route 132
Municipalité : Bonaventure
C.E.P. : Bonaventure
N/Référence : P-80123 (#6)

Christian Poirier, ing. M. Sc.
Section hydraulique
Service de la conception

Québec, le 27 août 1999
CP/cp/cp

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION	3
2.0 MATÉRIEL UTILISÉ	4
3.0 MARÉES.....	4
4.0 VAGUES AU PIED DE L'OUVRAGE	5
5.0 EMPIERREMENT	5
5.1 Caractéristique de l'empierrement.....	5
5.2 Affouillement.....	8
5.3 Franchissement de la vague	8
8.0 CONCLUSION.....	9
ANNEXE A	10

1.0 INTRODUCTION

Cette étude fait suite à une demande de monsieur Huan Nguyen, du Service plan, analyse et soutien technique du ministère des Transports. Elle consiste à déterminer, d'un point de vue hydraulique, les solutions pour protéger la route 132 à Bonaventure (voir la figure 1.1).

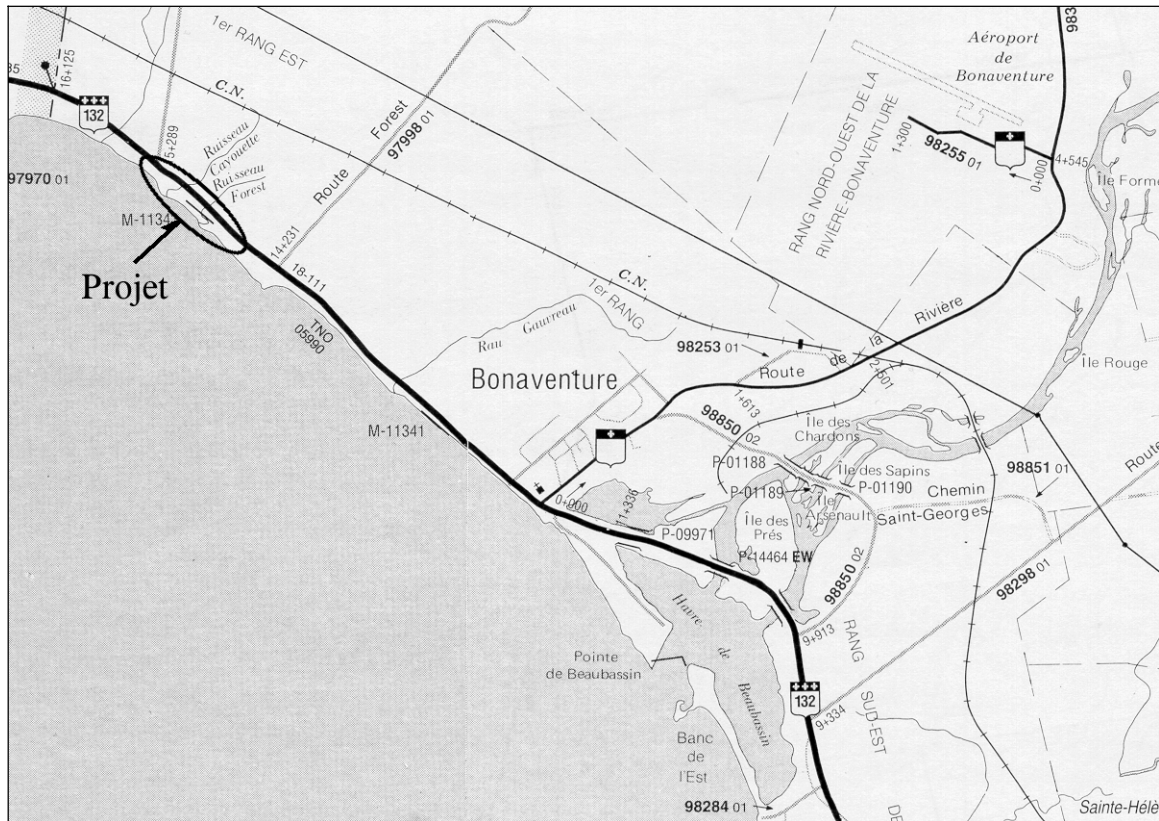


Figure 1.1 : Localisation du site à l'étude (carte municipale à l'échelle 1 : 50 000)

La route 132 est soumise à l'action des vagues provenant de la Baie des chaleurs. Les diverses inspections des lieux ont démontré que l'érosion est très active et que des travaux de protection seront bientôt nécessaires pour assurer la pérennité de la route. Une protection de pierre étant déjà présente dans une bonne partie du secteur, cette étude consiste à dimensionner l'empierrement dans le secteur non protégé.

2.0 MATÉRIEL UTILISÉ

Pour effectuer cette étude, les cartes suivantes ont été utilisées :

- topographiques : 22 A 3 (échelle 1 : 50 000) ;
- topographiques : 22 A 4 (échelle 1 : 50 000) ;
- topographiques : 22 A 3 -200-0101 (échelle 1 : 20 000) ;
- topographiques : 22 A 4 -200-0102 (échelle 1 : 20 000) ;
- carte marine : LC 4002 (échelle 1 : 750 000) ;
- carte marine : LC 4024 (échelle 1 : 350 000).

3.0 MARÉES

Les marées à ce site sont de type mixte semi-diurne, c'est-à-dire qu'il y a deux marées par jour de hauteur et d'intervalle de temps différents. Pour déterminer les hauteurs de marée, les tables des marées et courants du Canada, pour le port principal de Pointe-Saint-Pierre et les ports secondaires de Paspébiac et de Pointe Howatson, ont été utilisées. Ces niveaux d'eau sont présentés au tableau suivant. Les valeurs en coordonnées géodésiques ont été établies à l'aide de la différence entre l'élévation zéro des cartes versus l'élévation géodésique et déterminées à partir des données fournies par Institut Maurice Lamontagne.

Tableau 3.1 : Niveau des eaux en coordonnées marégraphiques (zéro des cartes) et en coordonnées géodésiques

MARÉES	COORDONNÉES MARÉGRAPHIQUES	COORDONNÉES GÉODÉSIQUES *
Marée haute extrême (H.Ex.)	3,05 m	2,10 m
Pleine mer supérieure de grande marée (H.V.E.)	2,45 m	1,50 m
Marée haute moyenne (H.M.)	2,00 m	1,05 m
Niveau moyen des eaux	1,10 m	0,15 m
Marée basse moyenne (B.M.)	0,25 m	-0,70 m
Basse mer inférieure de grande marée (B.V.E.)	0,05 m	-0,85 m
Marée basse extrême (B.Ex.)	-0,55 m	-1,45 m

* : Différence de -0,943 m entre les coordonnées marégraphiques et géodésiques pour ce site

Le niveau de marée haute extrême a été utilisé pour effectuer les différents calculs hydrauliques.

4.0 VAGUES AU PIED DE L'OUVRAGE

Le site à l'étude est soumis aux vagues provenant du secteur situé entre les directions est-nord-est (ENE) et nord-ouest (NW). Pour caractériser les vagues provenant de ces directions et de la réfraction, les « fetchs » ont été déterminés à deux points différents (voir la figure 4.1). À partir du fetch maximal pour ces directions (voir l'annexe A) et des vents susceptibles d'être observés, il fut possible d'établir une période de vague (T) maximale de 7,0 secondes et une hauteur de vague au large de l'ordre de 3,25 m.

La dimension des vagues à ce site est contrôlée par la profondeur d'eau au pied de l'ouvrage. Lorsque la vague atteint la région de faible profondeur, celle-ci déferle. Ceci se traduit habituellement par un gonflement de la hauteur de vague en premier lieu puis par une diminution lorsque l'on s'approche de la rive. Ainsi, à partir du relevé bathymétrique fourni par la Direction territoriale du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, il fut possible d'établir la vague maximale pouvant atteindre la rive.

Les calculs hydrauliques ont permis d'établir à 2,05 et 2,95 m la hauteur de la vague pouvant atteindre la protection (T=7,0 sec) pour des conditions respectives de pleine mer supérieure de grande marée et de marée haute extrême.

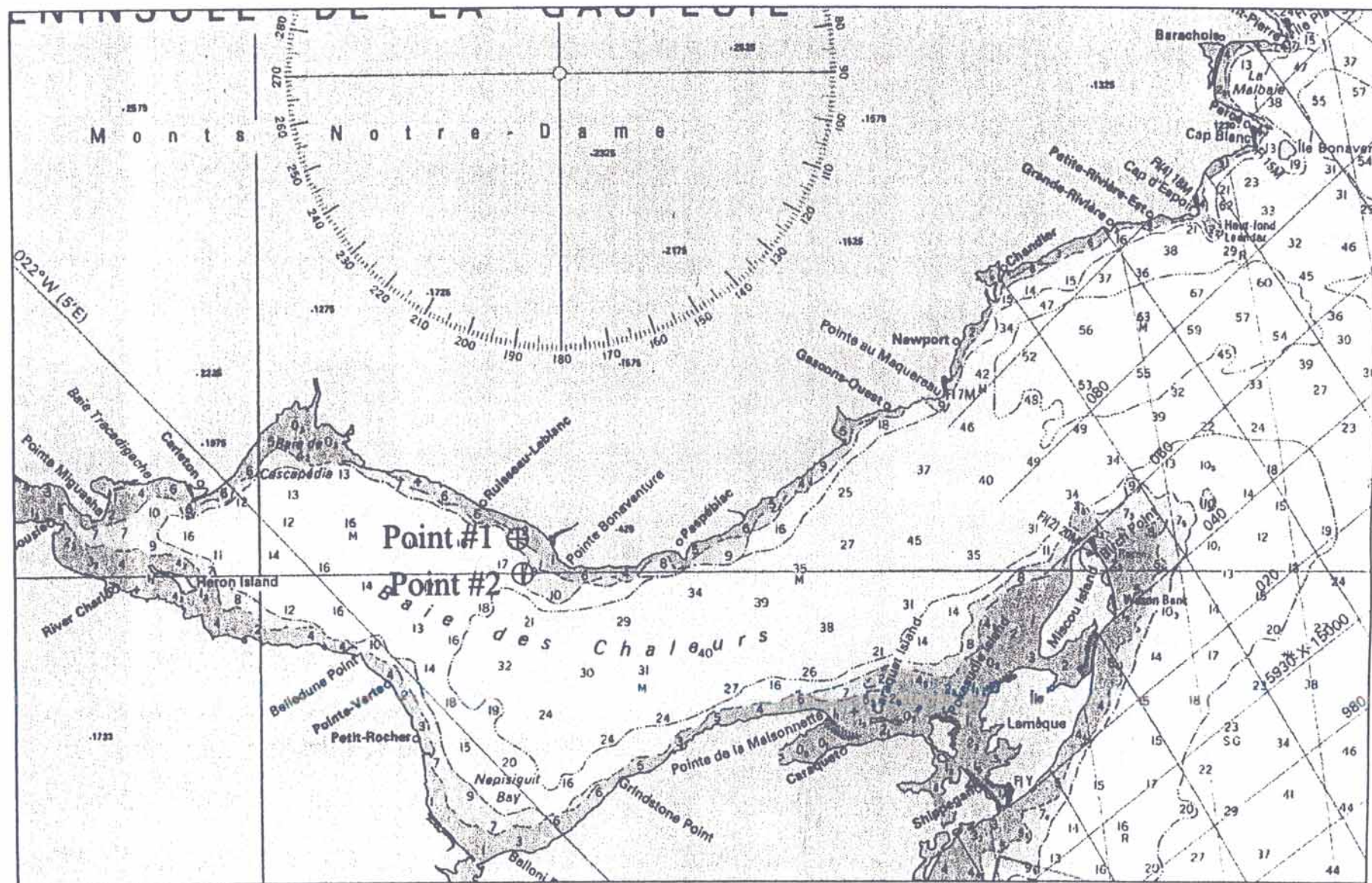
5.0 EMPIERREMENT

5.1 Caractéristique de l'empierrement

Le choix de la carapace à mettre en place étant relié à ces vagues, le calibre minimum de la carapace à anticiper est de 1200 à 1400 mm dont 50%, en masse, possède un diamètre supérieur à 1300 mm (période de la vague de 7,0 sec et hauteur de vague de 2,50 m).

Sous cette carapace, une pierre de calibre 500-700 mm de 1200 mm d'épaisseur ainsi qu'une pierre de calibre 0-200 mm de 400 mm d'épaisseur placées telles que montrées à la figure 5.1 devront être prévues.

Figure 4.1 : Localisation des points de calcul du "Fetch"



Échelle : 1:750 000

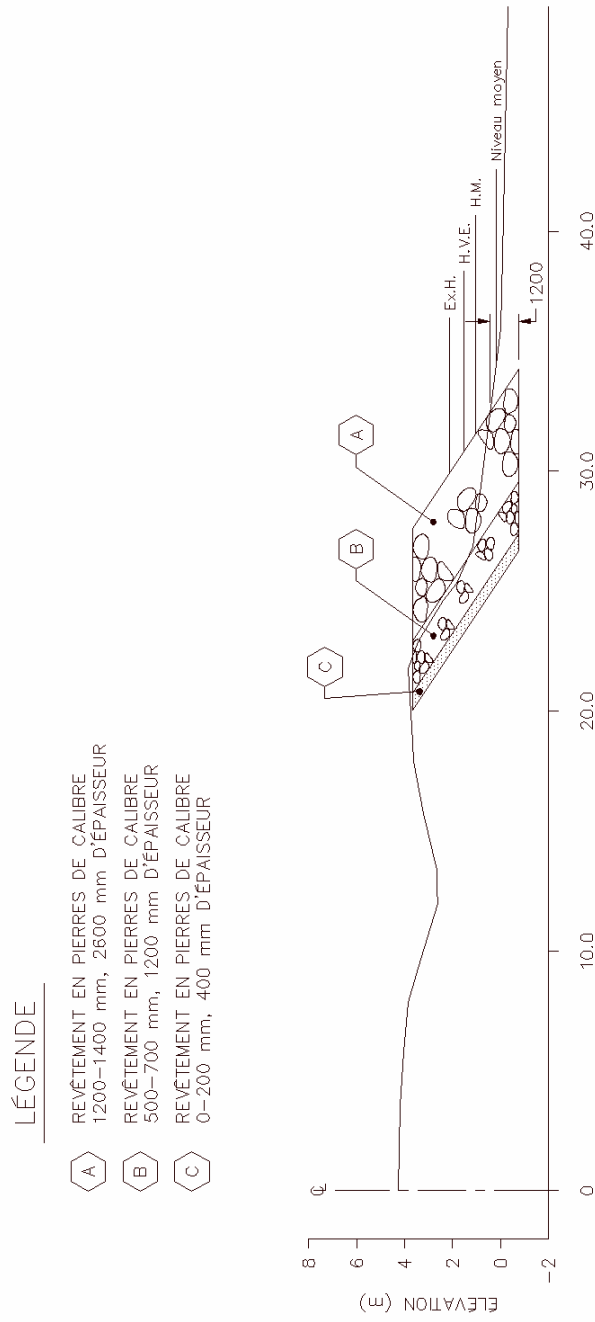


Figure 5.1 : Empierrement préconisé

5.2 Affouillement

Pour assurer la stabilité de l'empierrement, celui-ci devra être enfoui d'au minimum 1200 mm sous le niveau de la plage actuelle.

5.3 Franchissement de la vague

Lorsque la vague atteint une protection côtière, l'impact de celle-ci a pour conséquence de dévier les eaux vers le haut (fig. 5.2).

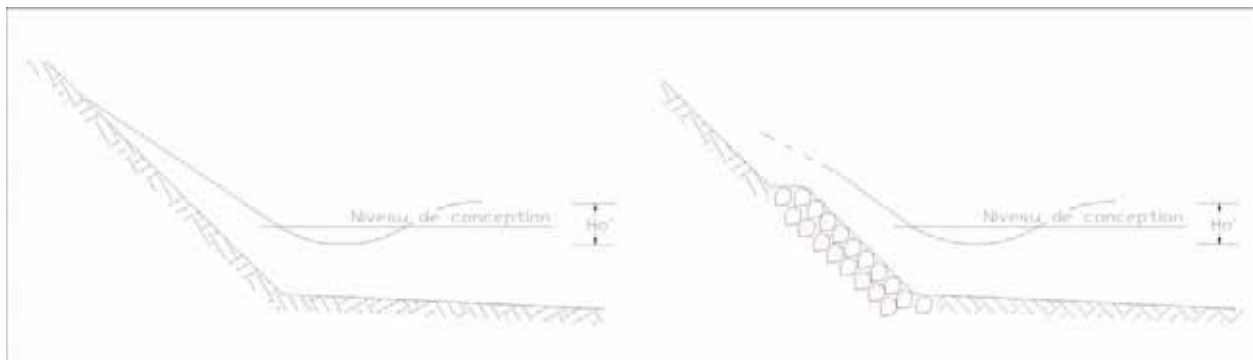


Figure 5.2 : Vague sur la rive

Les résultats des calculs hydrauliques démontrent qu'avec un dessus d'empierrement localisé au niveau du dessus de la berge (élévation géodésique 3,8 m), les conditions entraînant le franchissement seront exceptionnelles (niveau d'eau supérieur à la marée de vives eaux combiné avec de très violentes tempêtes).

8.0 CONCLUSION

Cette étude avait pour but de répondre à une demande de monsieur Huan Nguyen, du Service plan, analyse et soutien technique du ministère des Transports concernant la protection de la rive de la Baie des chaleurs le long de la route 132 à Bonaventure.

Étant donné la présence d'une protection de pierre dans le secteur, nous avons dans le cadre de cette étude, regardé une seule solution soit l'empierrement.

L'empierrement préconisé est une carapace possédant un calibre de 1400 à 1200 mm. Cette protection devra également prévoir des sous-couches telles que présentées à l'article 5.1 et être enfouie de 1200 mm sous le lit naturel existant pour prévenir d'éventuels risques d'affouillement.

ANNEXE A

« FETCHS »

Tableau 1 a - Radiales selon les directions au large de Bonaventure (point #1)

Radiales degrés	FETCHS POUR CHACUNE DES DIRECTIONS (en km)															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
-42	5.2	3.2	8.0	2.5	2.5	2.9	3.6	5.2	34.9	35.4	41.3	30.9	26.2	39.6	62.3	19.9
-39	4.7	3.1	3.1	2.5	2.5	3.0	3.8	5.5	34.4	36.5	42.0	29.5	26.6	43.7	56.4	17.5
-36	4.4	3.2	3.0	2.5	2.5	3.1	4.0	42.6	34.8	37.2	43.5	27.7	26.7	43.9	42.3	13.2
-33	4.1	3.3	2.9	2.6	2.6	3.1	4.1	39.8	34.5	38.8	41.8	27.2	26.4	48.6	39.8	9.5
-30	3.9	3.4	2.8	2.6	2.6	3.2	4.4	38.1	34.8	40.0	40.5	26.6	28.3	44.9	38.8	7.3
-27	3.7	3.3	2.8	2.6	2.7	3.4	4.7	36.9	34.9	41.0	39.1	26.1	29.8	50.0	38.5	6.5
-24	3.5	3.2	2.7	2.5	2.7	3.4	4.8	35.4	34.3	41.4	36.9	26.2	32.0	63.5	37.9	5.6
-21	3.4	3.1	2.6	2.5	2.8	3.6	5.0	34.9	34.3	41.3	33.3	26.2	35.6	62.3	37.0	5.2
-18	3.2	3.0	2.6	2.5	2.9	3.8	5.2	34.4	35.4	42.0	30.9	26.6	39.6	56.4	19.9	4.7
-15	3.1	2.9	2.5	2.5	3.0	4.0	5.5	34.8	36.5	43.5	29.5	26.7	43.7	42.3	17.5	4.4
-12	3.2	2.8	2.5	2.6	3.1	4.1	42.6	34.5	37.2	41.8	27.7	26.4	43.9	39.8	13.2	4.1
-9	3.3	2.8	2.5	2.6	3.1	4.4	39.8	34.8	38.8	40.5	27.2	28.3	48.6	38.8	9.5	3.9
-6	3.4	2.7	2.6	2.7	3.2	4.7	38.1	34.9	40.0	39.1	28.6	29.8	44.9	38.5	7.3	3.7
-3	3.3	2.6	2.6	2.7	3.4	4.8	36.9	34.3	41.0	36.9	26.1	32.0	50.0	37.9	6.5	3.5
0	3.2	2.6	2.6	2.8	3.4	5.0	35.4	34.3	41.4	33.3	26.2	35.6	63.5	37.0	5.6	3.4
3	3.1	2.5	2.5	2.9	3.6	5.2	34.9	35.4	41.3	30.9	26.2	39.6	62.3	19.9	5.2	3.2
6	3.0	2.5	2.5	3.0	3.8	5.5	34.4	36.5	42.0	29.5	26.6	43.7	56.4	17.5	4.7	3.1
9	2.9	2.5	2.5	3.1	4.0	42.6	34.8	37.2	43.5	27.7	26.7	43.9	42.3	13.2	4.4	3.2
12	2.8	2.6	2.5	3.1	4.1	39.8	34.5	38.8	41.8	27.2	26.4	48.6	39.8	9.5	4.1	3.3
15	2.8	2.6	2.6	3.2	4.4	38.1	34.8	40.0	40.5	26.6	28.3	44.9	38.8	7.3	3.9	3.4
18	2.7	2.6	2.6	3.4	4.7	36.9	34.9	41.0	39.1	26.1	29.8	50.0	38.5	6.5	3.7	3.3
21	2.6	2.5	2.7	3.4	4.8	35.4	34.3	41.4	36.9	26.2	32.0	63.5	37.9	5.6	3.5	3.2
24	2.6	2.5	2.7	3.6	5.0	34.9	34.3	41.3	33.3	26.2	35.6	62.3	37.0	5.2	3.4	3.1
27	2.5	2.5	2.8	3.8	5.2	34.4	35.4	42.0	30.9	26.6	39.6	56.4	19.9	4.7	3.2	3.0
30	2.5	2.5	2.9	4.0	5.5	34.8	36.5	43.5	29.5	26.7	43.7	42.3	17.5	4.4	3.1	2.9
33	2.5	2.6	3.0	4.1	42.6	34.5	37.2	41.8	27.7	26.4	43.9	39.8	13.2	4.1	3.2	2.8
36	2.6	2.6	3.1	4.4	39.8	34.8	38.8	40.5	27.2	28.3	48.6	38.8	9.5	3.9	3.3	2.8
39	2.6	2.7	3.1	4.7	38.1	34.9	40.0	39.1	26.6	29.8	44.9	38.5	7.3	3.7	3.4	2.7
42	2.6	2.7	3.2	4.8	36.9	34.3	41.0	36.9	26.1	32.0	50.0	37.9	6.5	3.5	3.3	2.6

Tableau 1 b - Fetchs effectifs selon les directions au large de Bonaventure (point #1)

Radiales (en degrés)	FETCHS POUR CHACUNE DES DIRECTIONS (en km)															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0	3.2	2.6	2.6	2.8	3.4	5.0	35.4	34.3	41.4	33.3	26.2	35.6	63.5	37.0	5.6	3.4
±3	3.2	2.6	2.6	2.8	3.4	5.0	35.7	34.6	41.2	33.7	26.1	35.7	58.5	31.6	5.8	3.4
±6	3.2	2.6	2.5	2.8	3.5	5.0	35.8	35.0	41.0	33.8	26.3	36.1	55.3	30.1	5.9	3.4
±9	3.2	2.6	2.5	2.8	3.5	10.2	36.1	35.1	40.9	33.8	26.4	36.0	52.3	28.8	6.1	3.4
±12	3.1	2.6	2.5	2.8	3.5	12.7	36.5	35.3	40.4	33.8	26.4	36.1	49.8	27.8	6.7	3.5
±15	3.1	2.6	2.5	2.8	3.5	14.0	33.4	35.4	39.8	33.8	26.7	35.8	48.1	27.1	7.3	3.5
±18	3.0	2.6	2.5	2.8	3.5	14.8	31.3	35.5	39.2	33.6	27.0	35.9	46.4	27.5	7.9	3.6
±21	3.0	2.6	2.5	2.8	3.5	15.3	29.7	35.5	38.4	33.3	27.4	36.7	44.9	28.1	9.3	3.6
±24	3.0	2.6	2.5	2.8	3.5	15.5	28.3	35.5	37.6	33.1	28.1	37.1	43.4	28.4	10.4	3.7
±27	3.0	2.6	2.5	2.8	3.5	15.6	27.3	35.4	36.8	32.8	28.8	37.1	41.3	28.0	11.2	3.7
±30	2.9	2.6	2.5	2.8	3.5	15.7	26.5	35.4	36.0	32.4	29.4	36.4	39.5	27.5	11.8	3.8
±33	2.9	2.6	2.5	2.8	4.7	15.7	25.8	35.3	35.2	32.0	29.9	35.8	37.7	27.0	12.3	3.9
±36	2.9	2.6	2.5	2.8	5.6	15.7	25.2	35.2	34.5	31.7	30.4	35.2	36.1	26.5	12.7	4.1
±39	2.9	2.6	2.5	2.8	6.2	15.6	24.7	34.1	33.8	31.3	30.7	34.6	34.6	26.0	13.3	4.3
±42	2.9	2.5	2.6	2.8	6.7	15.5	24.2	33.0	33.2	30.9	30.8	34.1	33.4	25.4	14.0	4.5
Moyenne	3.0	2.6	2.5	2.8	4.1	12.8	30.4	35.0	38.0	32.9	28.0	35.9	45.7	28.5	9.3	3.7
Écart-type	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	4.3	4.7	0.7	2.9	1.0	1.8	0.8	9.0	2.8	3.0	0.4
Fetch	3.1	2.6	2.5	2.8	4.7	14.9	32.8	35.3	39.4	33.4	28.9	36.3	50.2	29.9	10.9	3.9

Tableau 2 a - Radiales selon les directions au large de Bonaventure (point #2)

Radiales degrés	FETCHS POUR CHACUNE DES DIRECTIONS (en km)															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
-42	15.5	8.1	12.0	6.0	5.5	5.4	72.0	40.3	31.2	32.1	36.2	28.7	22.8	29.4	62.5	39.3
-39	13.3	7.8	6.9	5.9	5.4	5.7	69.8	37.2	31.0	32.8	37.1	26.7	22.7	34.8	61.6	38.6
-36	12.1	7.5	6.7	5.8	5.3	5.9	71.0	35.8	31.1	33.7	38.3	25.4	23.0	39.0	55.9	38.4
-33	10.6	7.2	6.5	5.7	5.3	6.2	66.5	33.9	30.9	34.5	36.9	24.9	23.4	42.9	54.6	22.8
-30	9.7	7.0	6.4	5.7	5.3	8.2	64.3	32.4	30.4	35.5	35.7	23.8	23.9	45.4	42.4	21.5
-27	9.4	7.0	6.3	5.7	5.3	12.9	64.7	31.6	29.9	36.1	34.7	23.5	23.9	44.8	40.7	20.1
-24	8.9	7.0	6.2	5.7	5.2	73.3	58.5	31.2	30.6	36.2	33.6	23.1	25.2	45.1	40.0	17.0
-21	8.5	6.9	6.1	5.5	5.2	72.0	53.3	31.2	31.2	36.2	31.3	22.8	27.4	62.5	39.6	15.5
-18	8.1	6.7	6.1	5.4	5.4	69.8	40.3	31.0	32.1	37.1	28.7	22.7	29.4	61.6	39.3	13.3
-15	7.8	6.5	6.0	5.3	5.7	71.0	37.2	31.1	32.8	38.3	26.7	23.0	34.8	55.9	38.6	12.1
-12	7.5	6.4	5.9	5.3	5.9	66.5	35.8	30.9	33.7	36.9	25.4	23.4	39.0	54.6	38.4	10.6
-9	7.2	6.3	5.8	5.3	6.2	64.3	33.9	30.4	34.5	35.7	24.9	23.9	42.9	42.4	22.8	9.7
-6	7.0	6.2	5.7	5.3	8.2	64.7	32.4	29.9	35.5	34.7	23.8	23.9	45.4	40.7	21.5	9.4
-3	7.0	6.1	5.7	5.2	12.9	58.5	31.6	30.6	36.1	33.6	23.5	25.2	44.8	40.0	20.1	8.9
0	7.0	6.1	5.7	5.2	73.3	53.3	31.2	31.2	36.2	31.3	23.1	27.4	45.1	39.6	17.0	8.5
3	6.9	6.0	5.7	5.4	72.0	40.3	31.2	32.1	36.2	28.7	22.8	29.4	62.5	39.3	15.5	8.1
6	6.7	5.9	5.5	5.7	69.8	37.2	31.0	32.8	37.1	26.7	22.7	34.8	61.6	38.6	13.3	7.8
9	6.5	5.8	5.4	5.9	71.0	35.8	31.1	33.7	38.3	25.4	23.0	39.0	55.9	38.4	12.1	7.5
12	6.4	5.7	5.3	6.2	66.5	33.9	30.9	34.5	36.9	24.9	23.4	42.9	54.6	22.8	10.6	7.2
15	6.3	5.7	5.3	8.2	64.3	32.4	30.4	35.5	35.7	23.8	23.9	45.4	42.4	21.5	9.7	7.0
18	6.2	5.7	5.3	12.9	64.7	31.6	29.9	36.1	34.7	23.5	23.9	44.8	40.7	20.1	9.4	7.0
21	6.1	5.7	5.3	73.3	58.5	31.2	30.6	36.2	33.6	23.1	25.2	45.1	40.0	17.0	8.9	7.0
24	6.1	5.5	5.2	72.0	53.3	31.2	31.2	36.2	31.3	22.8	27.4	62.5	39.6	15.5	8.5	6.9
27	6.0	5.4	5.2	69.8	40.3	31.0	32.1	37.1	28.7	22.7	29.4	61.6	39.3	13.3	8.1	6.7
30	5.9	5.3	5.4	71.0	37.2	31.1	32.8	38.3	26.7	23.0	34.8	55.9	38.6	12.1	7.8	6.5
33	5.8	5.3	5.7	66.5	35.8	30.9	33.7	36.9	25.4	23.4	39.0	54.6	38.4	10.6	7.5	6.4
36	5.7	5.3	5.9	64.3	33.9	30.4	34.5	35.7	24.9	23.9	42.9	42.4	22.8	9.7	7.2	6.3
39	5.7	5.3	6.2	64.7	32.4	29.9	35.5	34.7	23.8	23.9	45.4	40.7	21.5	9.4	7.0	6.2
42	5.7	5.2	8.2	58.5	31.6	30.6	36.1	33.6	23.5	25.2	44.8	40.0	20.1	8.9	7.0	6.1

Tableau 2 b - Fetchs effectifs selon les directions au large de Bonaventure (point #2)

Radiales (en degrés)	FETCHS POUR CHACUNE DES DIRECTIONS (en km)															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0	7.0	6.1	5.7	5.2	73.3	53.3	31.2	31.2	36.2	31.3	23.1	27.4	45.1	39.6	17.0	8.5
±3	6.9	6.0	5.7	5.3	52.7	50.7	31.3	31.3	36.1	31.2	23.1	27.3	50.7	39.6	17.5	8.5
±6	6.9	6.0	5.6	5.4	47.1	50.7	31.4	31.2	36.1	30.9	23.1	28.1	51.7	39.5	17.4	8.5
±9	6.9	6.0	5.6	5.4	44.6	50.3	31.6	31.4	36.1	30.7	23.3	28.9	50.9	39.6	17.4	8.5
±12	6.8	6.0	5.6	5.5	42.8	50.0	31.8	31.5	35.8	30.6	23.4	29.7	49.8	39.2	18.8	8.5
±15	6.8	6.0	5.5	5.6	41.0	50.0	32.0	31.6	35.3	30.5	23.6	30.3	47.5	38.9	19.6	8.7
±18	6.8	5.9	5.5	6.1	39.9	49.7	32.2	31.7	34.7	30.2	23.8	30.6	45.4	38.9	20.1	8.8
±21	6.8	5.9	5.5	10.0	38.6	49.5	33.1	31.6	34.2	29.9	24.1	30.7	43.6	38.7	20.5	9.0
±24	6.8	5.9	5.5	12.8	37.3	49.3	33.9	31.5	33.5	29.6	24.5	31.6	42.1	37.4	20.6	9.2
±27	6.8	5.9	5.4	14.9	35.6	46.4	34.8	31.5	32.8	29.2	24.9	32.2	40.7	36.3	20.8	9.5
±30	6.8	5.8	5.4	16.5	34.1	43.9	35.5	31.4	32.1	28.9	25.4	32.4	39.5	35.3	20.8	9.7
±33	6.8	5.8	5.4	17.5	32.8	41.7	36.0	31.2	31.4	28.5	25.9	32.5	38.5	34.3	21.2	9.9
±36	6.8	5.7	5.4	18.3	31.6	39.8	36.4	31.1	30.8	28.2	26.4	32.2	37.1	33.3	21.5	10.5
±39	6.9	5.7	5.3	18.9	30.6	38.2	36.7	30.9	30.2	27.8	26.7	31.8	35.8	32.3	21.9	10.9
±42	6.9	5.7	5.5	19.1	29.6	36.8	36.9	30.7	29.7	27.4	26.9	31.4	34.7	31.3	22.1	11.3
Moyenne	6.9	5.9	5.5	11.1	40.8	46.7	33.7	31.3	33.7	29.7	24.6	30.5	43.6	37.0	19.8	9.3
Écart-type	0.0	0.1	0.1	5.9	11.1	5.3	2.2	0.3	2.3	1.3	1.4	1.8	5.8	2.9	1.8	0.9
Fetch	6.9	6.0	5.6	14.0	46.3	49.3	34.8	31.5	34.8	30.3	25.3	31.4	46.4	38.4	20.7	9.8