

ÉTUDE HYDROSÉDIMENTOLOGIQUE DANS LE
SECTEUR DU BASSIN DES REMORQUEURS ET DU
QUAI N° 2 DE LA COMPAGNIE MINIÈRE IRON ORE
(IOC)

ÉTUDE HYDROSÉDIMENTOLOGIQUE DANS LE SECTEUR DU BASSIN DES
REMORQUEURS ET DU QUAI N° 2 DE LA COMPAGNIE MINIÈRE IRON ORE (IOC)

Présentée à la

Compagnie minière IOC

Par

GENIVAR Société en commandite

SEPTEMBRE 2010

Q124219

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Compagnie minière IOC

Chef ingénieur
Secteur manutention & centrale SM 2 : Alain Garneau

Stagiaire en génie civil : Nicolas Guy

GENIVAR Société en commandite

Directeur de projet : Steve Renaud

Chargé de projet : Nicolas Guillemette

Collaborateurs : Julie Simard
Marc Pelletier

Traitement de texte et édition : Nancy Paquet

Référence à citer :

GENIVAR. 2010. Étude hydrosédimentologique dans le secteur du Bassin des Remorqueurs et du quai n° 2 de la Compagnie minière Iron Ore (IOC). Rapport de GENIVAR Société en commandite à la Compagnie minière IOC. 52 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Équipe de réalisation	i
Table des matières	ii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures.....	iv
Liste des annexes.....	vi
1. CADRE ET OBJECTIFS DU PROJET	1
2. LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	3
3. DONNÉES DISPONIBLES.....	11
3.1 Sources de données consultées	11
3.1.1 Topographie	11
3.1.2 Photographies aériennes	11
3.1.3 Bathymétrie	11
3.1.4 Granulométrie et courantométrie.....	12
3.2 Campagne de terrain 2010.....	12
3.2.1 Profilage des courants (ADCP)	12
3.2.2 Échantillonnage et analyses des sédiments	14
3.2.3 Topographie des berges	15
4. GÉOMORPHOLOGIE LITTORALE.....	17
4.1 Composantes géomorphologiques.....	17
4.2 Déplacement du trait de côte.....	17
4.3 Évolution de la largeur des plages	19
4.4 Analyse des photographies aériennes de 1950 et 1965	19
5. RÉGIME HYDRODYNAMIQUE.....	23
5.1 Marée et niveaux d'eau	23
5.2 Régime des vagues.....	23
5.3 Courantométrie.....	25
6. CARACTÉRISATION ET ÉVOLUTION DU LITTORAL.....	31
6.1 Échantillonnage de sédiments	31
6.1.1 Granulométrie.....	31
6.1.2 Évaluation de la teneur en fer	34

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

	Page
6.2 Historique du dragage	35
6.3 Relevés bathymétriques	36
6.4 Évolution littorale	38
6.4.1 Secteur du Bassin des Remorqueurs.....	38
6.4.2 Zone transitoire entre le Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2	39
6.4.3 Quai n° 2	40
7. POINTS SAILLANTS ET IMPACTS DE L'ARRÊT DES DRAGAGES AU BASSIN DES REMORQUEURS	47
8. CONCLUSION.....	49
9. RÉFÉRENCES	51

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 1	Caractéristiques de la marée dans le secteur de Sept-Îles (SDMM, 2010).....	23
Tableau 2	Composition granulométrique des sédiments prélevés lors de la campagne de relevés de GENIVAR (2007).	31
Tableau 3	Composition granulométrique des sédiments prélevés lors de la campagne de relevés de 2010.....	32
Tableau 4	Teneur en fer des échantillons prélevés dans le secteur du quai n° 2.....	35
Tableau 5	Sommaire des volumes dragués au quai n° 2 et au Bassin des Remorqueurs depuis 1984 (GENIVAR, 2003).	36

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1	Localisation des infrastructures portuaires de Sept-Îles.....	5
Figure 2	Vue oblique de la zone d'étude.....	7
Figure 3	Vue en trois dimensions de la bathymétrie dans le secteur de la pointe aux Basques et au large de Sept-Îles.....	8
Figure 4	Photographie de la zone entre l'entrée du Bassin des Remorqueurs et le quai n 2, printemps 2010.	9
Figure 5	Photographie du quai n 2, printemps 2010.	9
Figure 6	Localisation du transect de mesures des courants avec l'ADCP, des trajectoires des dériveurs utilisés de part et d'autre du Bassin des Remorqueurs et des stations de caractérisation des sédiments (GENIVAR, 2007).....	13
Figure 7	Localisation des transects de mesures des courants avec l'ADCP lors de la campagne de relevés de 2010.	14
Figure 8	Localisation des stations de caractérisation des sédiments lors de la campagne de relevés de 2010.	15
Figure 9	Position des points de levés topographiques entre le Bassin des Remorqueurs et le quai no 2.....	16
Figure 10	Localisation des secteurs (a, b, c, d et e) analysés dans le cadre de l'étude de l'évolution côtière historique du secteur de Sept-Îles (Bernatchez et al., 2008).	18
Figure 11	Photographie aérienne de 1950 (Ligne de vol A12859, Gouv féd.).....	20

LISTE DES FIGURES (SUITE)

	Page
Figure 12	Photographie aérienne de 1965 (Ligne de vol Q65321, Gouv. du Québec).....21
Figure 13	Évolution de la flèche littorale au nord des installations portuaires de Sept-Îles (Dubois et al., 2005).....22
Figure 14	Rose des vents à Sept-Îles pour la période 2003-2005 (Ropars, 2007).24
Figure 15	Rose des vagues à Sept-Îles pour la période 2003-2005 (Ropars, 2007).24
Figure 16	Courants induits par une tempête (Hs =4,1 m) du sud-est, le 16 octobre 2005 (Ropars, 2007).25
Figure 17	Courants induits par une tempête (Hs =4,6 m) du sud-sud-ouest le 25 novembre 2005 (Ropars, 2007).26
Figure 18	Direction et intensité des courants vis-à-vis du quai no 2, au milieu du jusant, le 16 mai 2010 à 8 h 23.28
Figure 19	Direction et intensité des courants vis-à-vis du Bassin des Remorqueurs, au milieu du jusant, le 16 mai 2010 à 8 h 23.29
Figure 20	Direction et intensité des courants vis-à-vis du Bassin des Remorqueurs, à la fin du flot, le 24 mai 2007 à 8 h 00.....30
Figure 21	Photographie présentant les boulettes de fer rencontrées près du quai no 2 (GENIVAR, 2010).....33
Figure 22	Photographie présentant les boulettes de fer rencontrées près du quai no 2 (GENIVAR, 2010).....34
Figure 23	Localisation des relevés bathymétriques et des coupes utilisées pour le suivi de l'évolution du littoral.....37
Figure 24	Évolution bathymétrique interannuelle selon la coupe 1.38
Figure 25	Accrétion notable en eau profonde selon la coupe 5 entre 2007 et 2010.40
Figure 26	Évolution bathymétrique entre 2002 et 2010 selon la coupe 8.41
Figure 27	Évolution bathymétrique entre 2002 et 2010 selon la coupe 9.42
Figure 28	Évolution bathymétrique entre 2002 et 2010 selon la coupe 7.42
Figure 29	Variation spatiale des profils bathymétriques au quai n° 2 entre 2002 et 2010.45

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 Analyse granulométrique des échantillons prélevés de part et d'autre de la pointe aux Basques en 2010
- Annexe 2 Analyse de la teneur en fer des échantillons prélevés dans le secteur du quai n° 2 en 2010
- Annexe 3 Évolution des profils bathymétriques au Bassin des Remorqueurs
- Annexe 4 Évolution des profils bathymétriques situés entre le Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2
- Annexe 5 Évolution des profils bathymétriques au quai n° 2
- Annexe 6 CD - Données GENIVAR en 2010

1. CADRE ET OBJECTIFS DU PROJET

La Compagnie minière Iron Ore (IOC) possède des installations portuaires dans la baie de Sept-Îles, à l'ouest du secteur des plages et de la pointe aux Basques. D'est en ouest, on retrouve tout d'abord l'ancien Bassin des Remorqueurs du Port de Sept-Îles, suivi respectivement des quais n^{os} 2 et 1, propriétés d'IOC. Afin d'assurer une navigabilité sécuritaire près de ces quais, IOC procède à des dragages d'entretien au voisinage de ces installations. Le dernier dragage à avoir été réalisé au quai n° 2 date de 2002, alors qu'aucun dragage n'est habituellement réalisé au quai n° 1. Un dragage est toutefois projeté pour 2010.

En 2006, la compagnie minière IOC a cessé l'utilisation du Bassin des Remorqueurs et depuis aucun dragage n'a été réalisé au droit du site.

De nombreuses études ont été réalisées dans le secteur de Sept-Îles et ses environs, notamment dans le cadre de programmes de dragage au Port de Sept-Îles, d'analyse du problème d'érosion dans le secteur des plages plus à l'est, ainsi que dans le cadre d'études portant sur les rivières Moisie et Sainte-Margueritte, situées respectivement à l'ouest et à l'est des installations d'IOC. Il est reconnu que la résultante du transport littoral le long du secteur des plages est orientée vers l'ouest, et c'est ce transport qui serait la principale source de sédimentation au Bassin des Remorqueurs. Ce transport littoral résulte d'un transport par les vagues qui a lieu dans une bande caractérisée par de faibles profondeurs (généralement inférieures à 6 m) qui longe le littoral. À mesure que l'on s'approche de la pointe aux Basques (où est implanté le Bassin des Remorqueurs), l'observation visuelle indique que la largeur de plage diminue, fort probablement en raison de la présence de courants de marée appréciables transitant par le chenal de l'est. Ainsi, le mode de transport des sédiments deviendrait une combinaison du transport du sable en profondeur par les courants marins et du transport longitudinal le long des plages produit par les courants générés par le déferlement des vagues. La dynamique de transport serait probablement la même entre le bassin et le quai n° 2, quoiqu'en raison de la modification de l'orientation du trait de la côte, les vagues de tempêtes du sud et du sud-ouest doivent alors avoir un impact plus significatif sur le transport.

Dans ce contexte, la présente étude vise à confirmer ces hypothèses sur la dynamique sédimentaire, de mieux comprendre la dynamique de transport et de déposition des sédiments aux installations portuaires d'IOC et d'évaluer les impacts de l'arrêt du dragage au Bassin des Remorqueurs.

2. LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Les infrastructures d'IOC sont situées à l'ouest de la pointe aux Basques à environ 2 km du centre-ville de Sept-Îles. Ces installations comprennent, d'est en ouest : le Bassin des Remorqueurs, le quai n° 2 et le quai n° 1. La figure 1 présente le site d'étude et les installations portuaires de Sept-Îles, dont celles d'IOC.

À l'est du Bassin des Remorqueurs, on retrouve le secteur des plages de Sept-Îles (Monaghan, Fergusson, Routhier). Au large de la pointe des Basques, on retrouve le chenal de l'Est qui est un des corridors reliant la baie de Sept-Îles et le golf du Saint-Laurent. Le chenal est bordé au sud par l'île La Grande Basque, située à environ 1 km de la pointe des Basques (figures 2 et 3).

Les figures 4 et 5 montrent des photographies des installations d'IOC au quai n° 2.



Étude hydrosédimentologique dans le secteur du bassin des Remorqueurs et du Quai n°2 de la Compagnie minière IOC

**FIGURE 1
LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES
PORTUAIRES DE SEPT-ÎLES**

Installations portuaires d'IOC

- ① Quai n° 1
- ② Quai n° 2
- ③ Bassin des Remorqueurs

Autres infrastructures portuaires

- ④ Quai municipal (public)
- ⑤ Marina (privée)
- ⑥ Havre de pêche (public)
- ⑦ Quai Monseigneur-Blanche
- ⑧ Quai des pétroliers

Échelle 1 : 20 000
0 m 500 1 000 m

Septembre 2010

Fond de carte : 22J01-200-0201, échelle 1 : 20 000,
Ministère des Ressources naturelles du Québec
Source du site de rejet : Roche, 1991, échelle 1 : 50 000,
Fichier : Q124219_F1_100901.fh10





Réf. : Google Earth, 2010.

Figure 2 Vue oblique de la zone d'étude.

Figure 3 Vue en trois dimensions de la bathymétrie dans le secteur de la pointe aux Basques et au large de Sept-Îles.

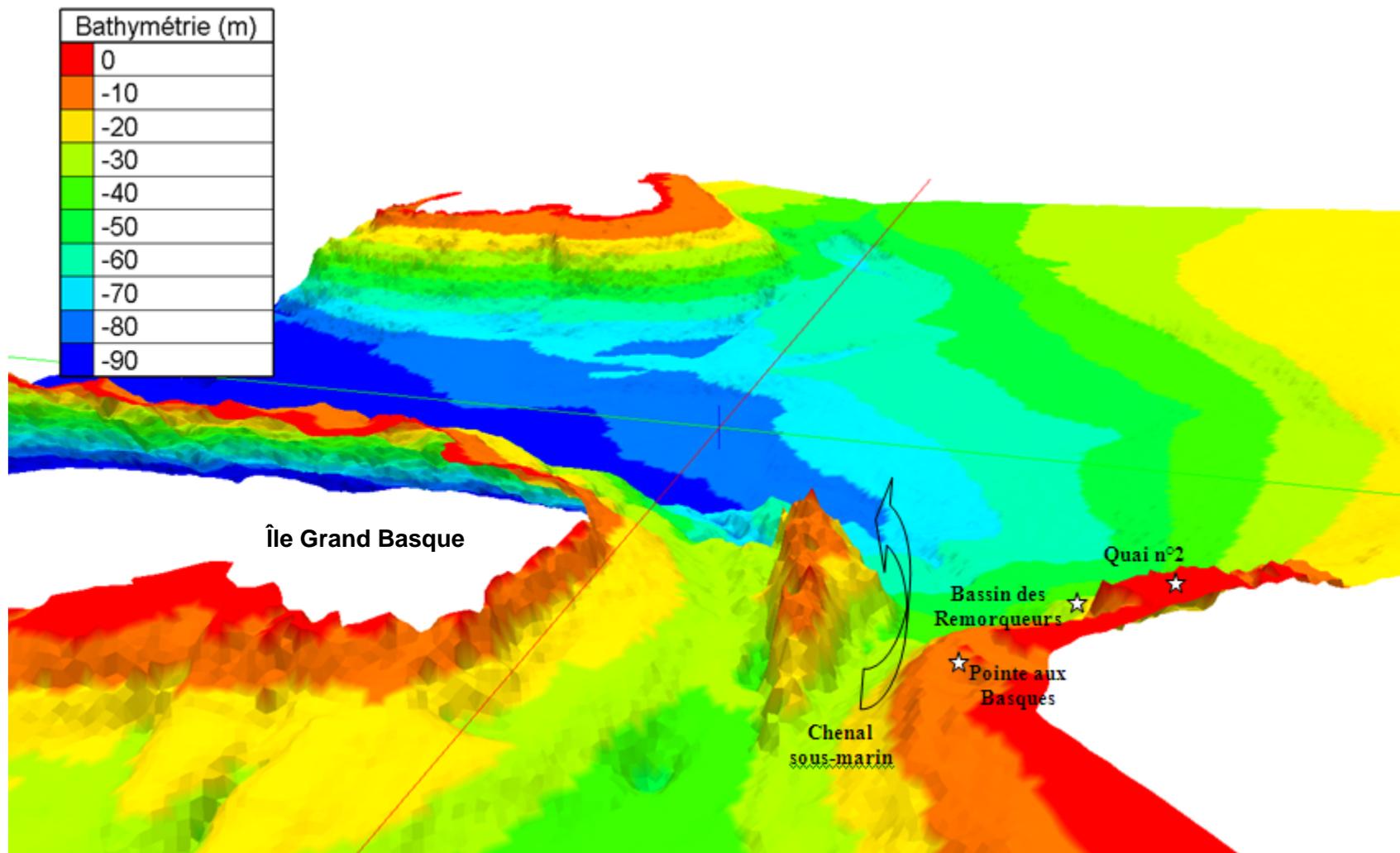




Figure 4 Photographie de la zone entre l'entrée du Bassin des Remorqueurs et le quai n 2, printemps 2010.

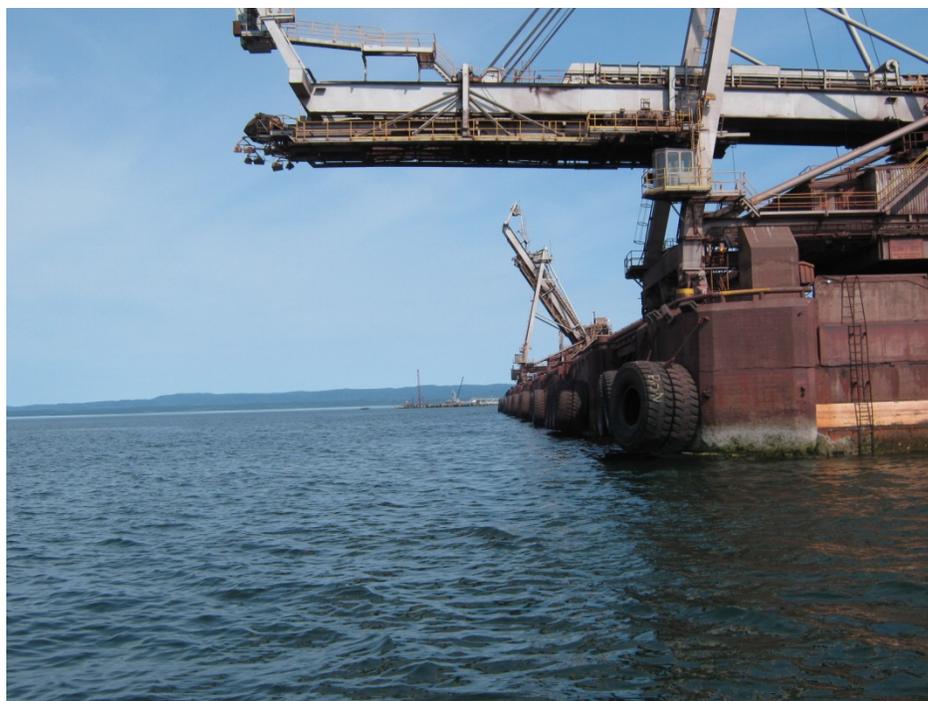


Figure 5 Photographie du quai n 2, printemps 2010.

3. DONNÉES DISPONIBLES

3.1 Sources de données consultées

3.1.1 Topographie

La localisation de la zone d'étude et des infrastructures présentes sur les rives de Sept-Îles, ainsi qu'au droit des installations d'IOC proviennent des données topographiques suivantes :

- Base de données topographiques du Québec (BDTQ) 22J01-201 à l'échelle 1 :20 00 du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF, 2010);
- Base nationale de données topographiques (BNDT) 22J01 à l'échelle 1 : 50 000 du ministère des Ressources naturelles Canada (RNC, 2010).

3.1.2 Photographies aériennes

Des photographies aériennes multidates de la zone d'étude ont été consultées afin d'aider à la caractérisation du trait côtier et des différentes infrastructures en périphérie de la zone d'étude.

Les photographies consultées sont les suivantes :

- 2006, Photographie, Google Earth;
- 1965, Ligne de vol Q65321 (Gouv. du Québec);
- 1950, Ligne de vol A12859 (Gouv. fédéral).

3.1.3 Bathymétrie

Les données bathymétriques utilisées dans le cadre de ce mandat ont été fournies par GENIVAR Société en commandite (GENIVAR) (2007), les Entreprises Normand Juneau inc. (2010), IOC (2010) en périphérie de leurs installations et par le Service hydrographique du Canada (SHC, 2010) afin de couvrir tout le secteur au large de Sept-Îles. Les jeux de données suivants ont été fournis :

- données bathymétriques de 2004 à 2010 couvrant les eaux bordant les installations d'IOC (IOC, 2010);
- données bathymétriques tirées du fichier 22J_50m_trim_DD (données maillées au 50 m) provenant du Service hydrographique du Canada (SHC, 2010);
- données bathymétriques relevées par les Entreprises Normand Juneau inc. (ENJI, 2010);

- données bathymétriques relevées par GENIVAR (2007) dans le cadre de l'étude de faisabilité du projet de démantèlement et de restauration du Bassin des Remorqueurs.

3.1.4 Granulométrie et courantométrie

Des prélèvements d'échantillons de sédiments, ainsi que des mesures de courants effectuées à l'aide d'un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) et de dériveurs ont été effectués par GENIVAR en 2007 dans le cadre de l'étude de faisabilité du projet de démantèlement et de restauration du Bassin des Remorqueurs. La figure 6 présente la localisation des relevés.

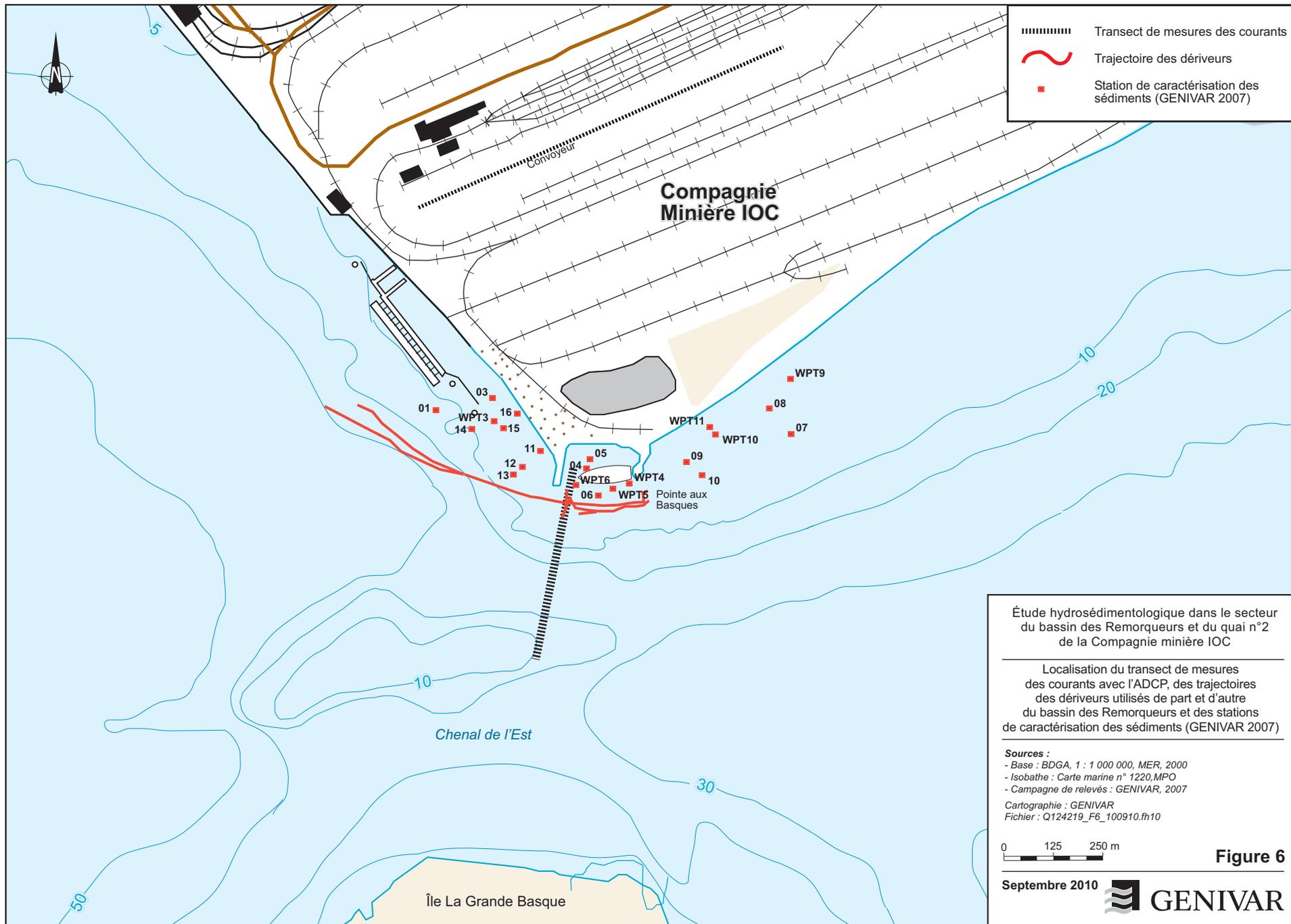
3.2 **Campagne de terrain 2010**

Une campagne de relevés a été effectuée par GENIVAR en mai 2010 afin de collecter des données additionnelles de granulométrie et de courantométrie au droit des installations portuaires d'IOC. Les principales activités effectuées lors de cette campagne de terrain sont décrites dans la présente section et les résultats sont présentés dans les chapitres suivants.

3.2.1 Profilage des courants (ADCP)

Les relevés ont été effectués avec un courantomètre ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Workhorse Sentinel d'une fréquence de 1200kHz couplé à un DGPS en mode dynamique. Cet appareil enregistre en continu la direction et la vitesse du courant sur toute la colonne d'eau, et ce, en corrigeant le déplacement du bateau. La précision des vitesses est de l'ordre de 3 à 5 cm/s.

L'enregistrement et l'analyse des données ont été faits avec le logiciel Winriver version 2.07 de RD Instrument. La figure 7 montre l'emplacement des transects où le profilage des courants a été réalisé. Les transects ont été effectués le 16 mai, du début du baissant à 5 h 45 jusqu'au début du montant à 13 h 16, heure à laquelle les relevés ont été interrompus à raison du mauvais temps.



Étude hydrosédimentologique dans le secteur du bassin des Remorqueurs et du quai n°2 de la Compagnie minière IOC

Localisation du transect de mesures des courants avec l'ADCP, des trajectoires des dériveurs utilisés de part et d'autre du bassin des Remorqueurs et des stations de caractérisation des sédiments (GENIVAR 2007)

Sources :

- Base : BDGA, 1 : 1 000 000, MER, 2000
- Isobathe : Carte marine n° 1220, MPO
- Campagne de relevés : GENIVAR, 2007

Cartographie : GENIVAR
 Fichier : Q124219_F6_100910.fh10

0 125 250 m

Figure 6

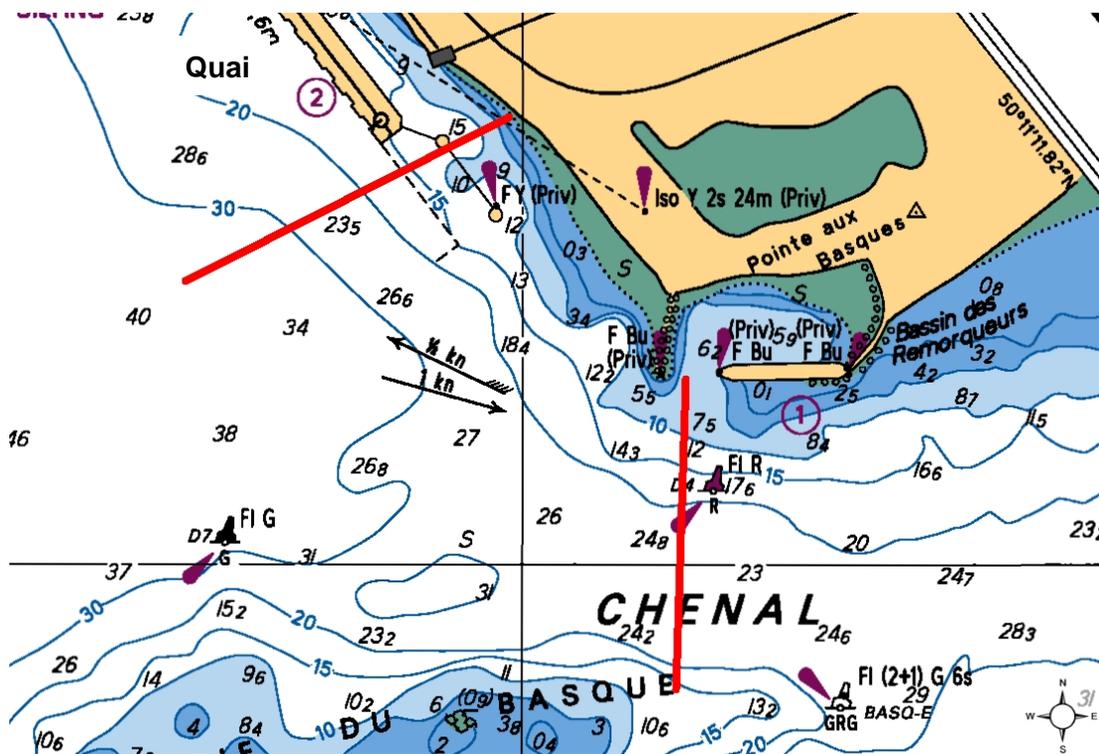


Figure 7 Localisation des transects de mesures des courants avec l'ADCP lors de la campagne de relevés de 2010.

3.2.2 Échantillonnage et analyses des sédiments

En zone submergée, des échantillons du fond ont été prélevés à l'aide de bennes Ponar (grosse et petite), tandis que des échantillons en zone émergée ont été prélevés à la main afin de caractériser la nature des sédiments de l'avant-plage. Au total, quatre échantillons par transect ont été prélevés au droit des axes A, B, C et D (A1, A2,..., B1, B2,..., etc.). La figure 8 présente la localisation des transects A à D, ainsi que les sites d'échantillonnage. Les résultats des analyses granulométriques de ces échantillons sont présentés à l'annexe 1.

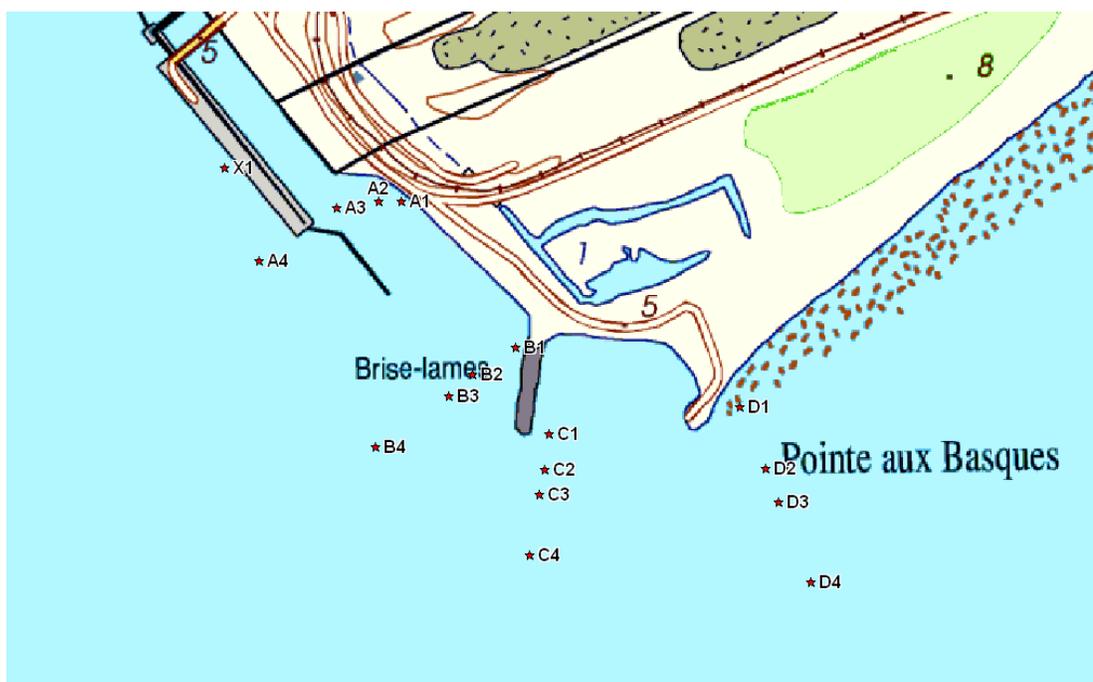
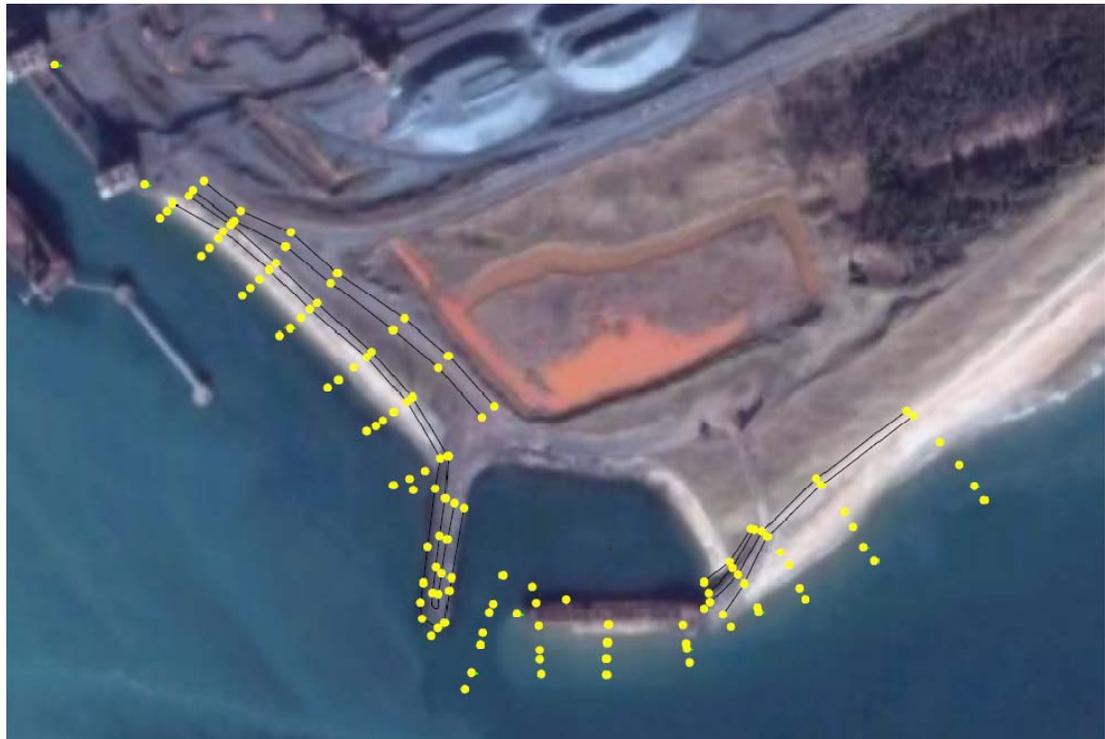


Figure 8 Localisation des stations de caractérisation des sédiments lors de la campagne de relevés de 2010.

Des analyses de la teneur en fer ont aussi été effectuées sur les échantillons A1, A3 et A4, ainsi que sur un échantillon supplémentaire prélevé à l'ouest du secteur A, afin de tenter d'évaluer l'apport potentiel à l'ensablement de pertes de minerais durant les travaux de transbordement. Les résultats de ces analyses sont présentés à l'annexe 2.

3.2.3 Topographie des berges

Des relevés topographiques des berges ont été réalisés entre l'est du Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2 afin de documenter le profil du littoral, et au besoin, afin d'élaborer un modèle numérique de terrain complet. La figure 9 présente la position des points de levés topographiques.



Photographie aérienne : Google Earth, 2006.

Figure 9 Position des points de levés topographiques entre le Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2.

4. GÉOMORPHOLOGIE LITTORALE

4.1 Composantes géomorphologiques

Le littoral de Sept-Îles est situé sur le delta proglaciaire de la rivière Moisie qui fait une trentaine de kilomètres de diamètre. Au cours de l'Holocène, le soulèvement glacio-isostatique et les fluctuations du niveau eustatique ont incisé dans le delta plusieurs niveaux de terrasses, soit marines ou fluviales. Sur chacun des replats de terrasse, les processus littoraux ont remanié les sédiments deltaïques anciens et récents, formant de nombreux cordons de plages successifs, à l'image du littoral actuel où plus de 85 % est composé de plages.

La poussée glacio-isostatique est aujourd'hui très faible sur la Côte-Nord, faisant en sorte que l'émersion des terres est presque nulle. Cependant, il est probable qu'une hausse du niveau eustatique fait en sorte que la dynamique littorale de la région de Sept-Îles soit de type transgressif. Dans la zone d'étude, le littoral de la pointe aux Basques est qualifié de stable, puisque la haute plage est soit colonisée par de la végétation (littoral est) ou artificialisée par les infrastructures portuaires (littoral ouest) (Bernatchez *et al.*, 2008).

Des relevés bathymétriques multifaisceaux pris au large de la baie et du littoral « est » de Sept-Îles mettent en évidence la présence de chenaux incisés sur plus d'une dizaine de mètres de profondeur dans les unités quaternaires prodeltaïques de la rivière Moisie. Formés par des écoulements gravitaires, il est fort probable que ces chenaux prennent en charge les sédiments érodés de la zone côtière provenant de la dérive littorale dominante vers l'ouest, au droit de la pointe aux Basques (Lajeunesse *et al.*, 2007).

4.2 Déplacement du trait de côte

Entre la rivière du Poste et la rivière Moisie, pour la période de 1931 à 2006, il y a eu accretion globale sur les côtes naturelles, avec une moyenne positive des taux de déplacement de la ligne de rivage. Seuls les intervalles 1965-1979 et 1996-2006 montrent des épisodes érosifs. Ces deux phases de recul du littoral entre la rivière Moisie et la pointe aux Basques seraient attribuables à l'augmentation de la fréquence des tempêtes d'est, le seul moment où le littoral encaisse des vagues supérieures à 2 m de hauteur (Savard *et al.*, 2008).

L'analyse de Bernatchez *et al.* (2008) sous-divise le trait de côte entre la rivière Moisie et la ville de Sept-Îles en cinq secteurs en isolant le secteur ouest (a), qui est artificialisé et le secteur (b), formé par la partie à l'est de la pointe aux Basques. Les secteurs plus à l'est (c, d et e) étant considérés comme la source sédimentaire de la cellule hydrosédimentaire. La figure 10 illustre chacun des secteurs analysés par Bernatchez *et al.* (2008).

1b. Évolution côtière historique du secteur de Sept-Îles de 1931 à 2006 (Rivière du Poste à la pointe de Moisie)

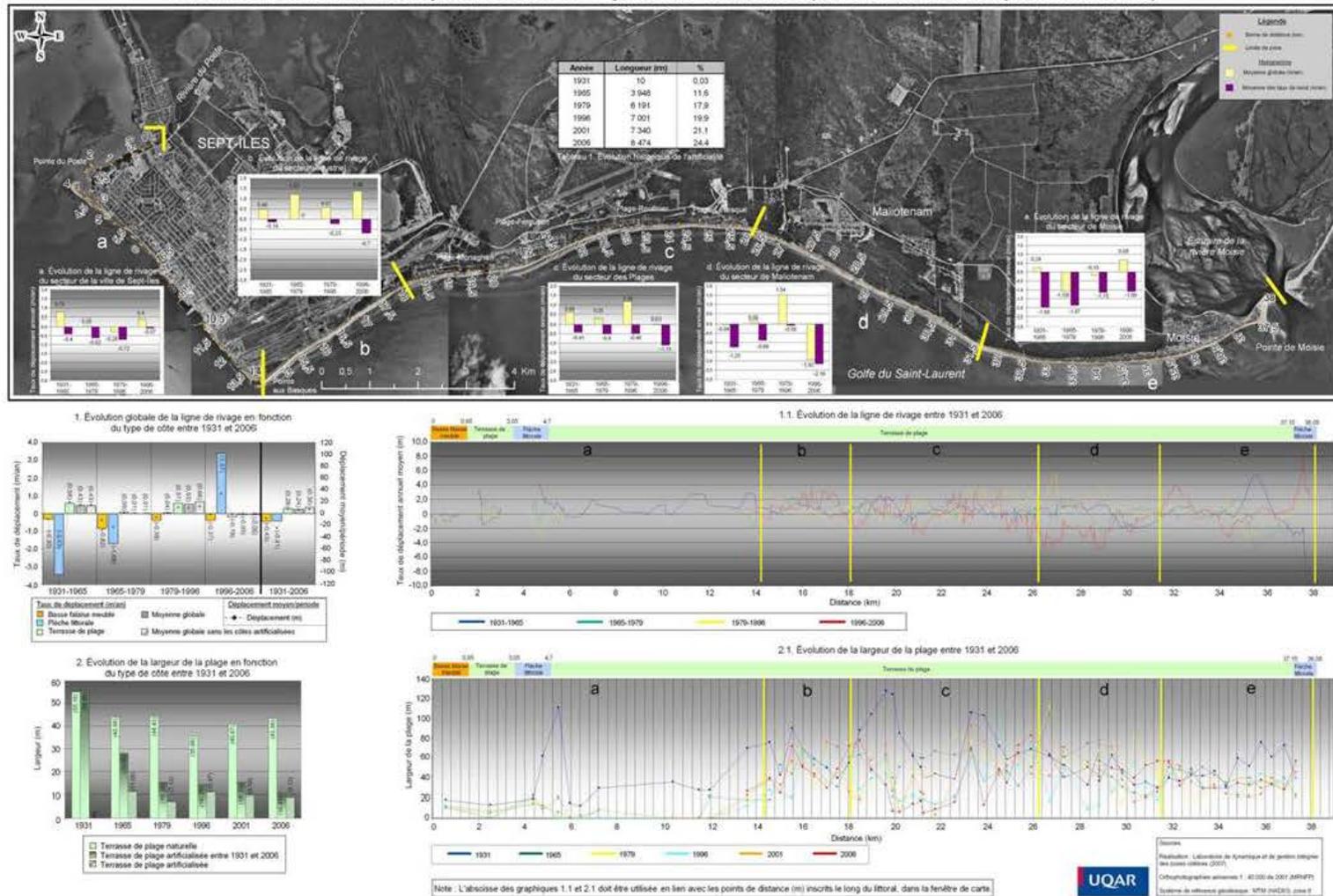


Figure 10

Localisation des secteurs (a, b, c, d et e) analysés dans le cadre de l'étude de l'évolution côtière historique du secteur de Sept-Îles (Bernatchez *et al.*, 2008).

Pour chacun de ces secteurs, les taux de recul du trait de côte augmentent dans le temps et la moyenne d'accumulation globale est souvent négative. Le secteur (b) montre une accumulation globale positive depuis 1931, avec de faibles taux de recul du trait de côte. Cette zone est considérée comme la fin du transit sédimentaire vers l'ouest et c'est ce qui explique la progradation de la pointe aux Basques observée par Bernatchez *et al.* (2008).

Toujours selon Bernatchez *et al.* (2008), le secteur « a » était une zone d'accumulation sédimentaire avant l'artificialisation du littoral. Depuis, la présence de structures rigides a limité le recul du trait de côte, mais a aussi réduit l'accumulation sédimentaire devant les structures. Entre 1931 et 1965 (date à partir de laquelle l'artificialisation des berges prend de l'ampleur), les taux d'accumulation globale ont été de 0,76 m/an. La moyenne globale des taux d'accumulation est par la suite restée nulle jusqu'en 2006. Les zones naturelles de ce secteur ont quant à elles toutes enregistré des taux de recul de la ligne de rivage entre 1931 et 2006.

4.3 Évolution de la largeur des plages

Pour l'ensemble du littoral de Sept-Îles (secteur des plages), la largeur des plages naturelles a diminué d'une dizaine de mètres entre 1931 et 1965 passant en moyenne de 55 à 44 m, une largeur qui s'est par la suite maintenue jusqu'en 2006. Les côtes artificialisées sont quant à elles devenues jusqu'à 4 fois plus étroites que les plages naturelles, avec des largeurs comprises entre 7 et 11 m (Bernatchez *et al.*, 2008).

4.4 Analyse des photographies aériennes de 1950 et 1965

Selon nos propres observations sur les photographies aériennes, les images satellitaires et les cartes bathymétriques, nous avons constaté :

- l'absence de flèche littorale à la pointe aux Basques sur les photographies de 1950 et de 1965, ce qui démontre que le sable ne s'accumule pas particulièrement dans le secteur (figures 11 et 12);
- un transport sédimentaire vers le NO le long du littoral ouest de la pointe aux Basques avec des accumulations sédimentaires derrière le quai municipal et la formation graduelle de flèches littorales complètement en aval du système depuis 1950 (figure 13).

Basée sur ces observations et la revue des principales sources d'informations, l'hypothèse est que la cellule hydrosédimentaire qui débute à la rivière Moisie s'étirerait jusqu'à la pointe des Basques (Bassin des Remorqueurs). À cet endroit, les sédiments sableux s'accumuleraient sous forme d'un cône sous-marin où la

majorité des sédiments seraient emportés vers les canyons sous-marins décrits par Lajeunesse (2007). Il est possible qu'une faible dérive littorale secondaire se poursuive le long du littoral à l'ouest de la pointe aux Basques. Ce phénomène serait toutefois peu fréquent. La progression de la flèche sableuse observée au cours de la dernière décennie à l'ouest des infrastructures portuaires de Sept-Îles serait essentiellement le résultat d'un déplacement des sédiments disponibles le long de la côte, laquelle est maintenant en grande partie artificialisée, limitant par le fait même les apports de sable transportés vers la flèche.

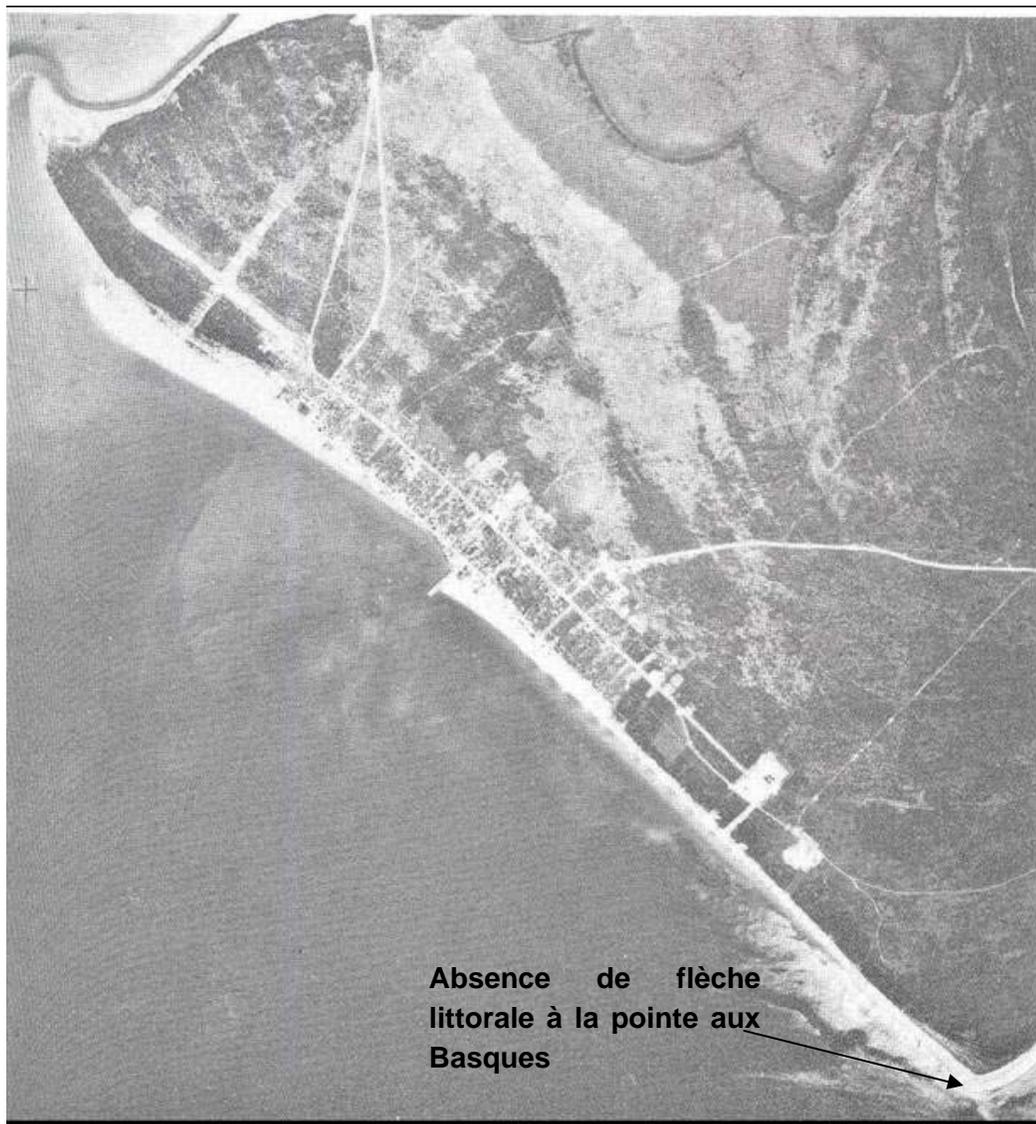


Figure 11 Photographie aérienne de 1950 (Ligne de vol A12859, Gouv féd.).



Figure 12 Photographie aérienne de 1965 (Ligne de vol Q65321, Gouv. du Québec).

Figure 5.11
Évolution de la flèche à l'embouchure est
de la baie des Sept-Îles,
de 1931 à 1996



Figure 13 Évolution de la flèche littorale au nord des installations portuaires
de Sept-Îles (Dubois *et al.*, 2005).

5. RÉGIME HYDRODYNAMIQUE

5.1 Marée et niveaux d'eau

Les données officielles du Service de données sur le milieu marin (SDMM) donnent pour Sept-Îles les caractéristiques de marées suivantes (tableau 1).

Tableau 1 Caractéristiques de la marée dans le secteur de Sept-Îles (SDMM, 2010).

Caractéristique	Niveau marégraphique (m)	Niveau géodésique (m)
Pleine mer supérieure, marée moyenne (PMSMM)	2,7	1,2
Pleine mer supérieure, grande marée (PMSGM)	3,4	1,9
Niveau moyen de l'eau (NME)	1,5	0,0
Basse mer inférieure, marée moyenne (BMIMM)	0,4	-1,1
Basse mer inférieure, grande marée (BMIGM)	-0,2	-1,7
Extrême de pleine mer ² (H. Ex.)	4,0	2,5
Extrême de basse mer ² (B. Ex.)	-0,6	-2,1

1 Différence de l'ordre de -1,5 m entre les coordonnées marégraphiques et géodésiques pour ce site.

L'étude de Ropars réalisée en 2007 révèle que pour la période comprise entre novembre 2002 et octobre 2006, le niveau d'eau le plus haut enregistré à Sept-Îles a atteint l'élévation géodésique 2,3 m, tandis que le niveau le plus bas atteint a été de -2,0 m.

5.2 Régime des vagues

Les figures 14 et 15 présentent respectivement la rose des vents et la rose des vagues au large pour la région de Sept-Îles entre 2003 et 2005 (tirés de Ropars, 2007).

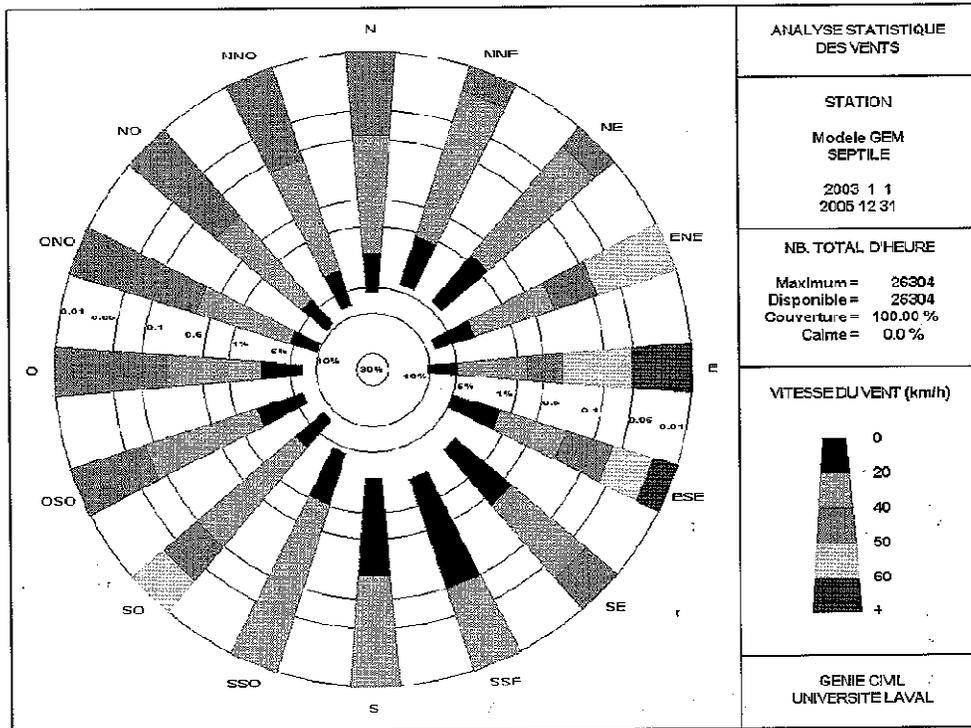


Figure 14 Rose des vents à Sept-Îles pour la période 2003-2005 (Ropars, 2007).

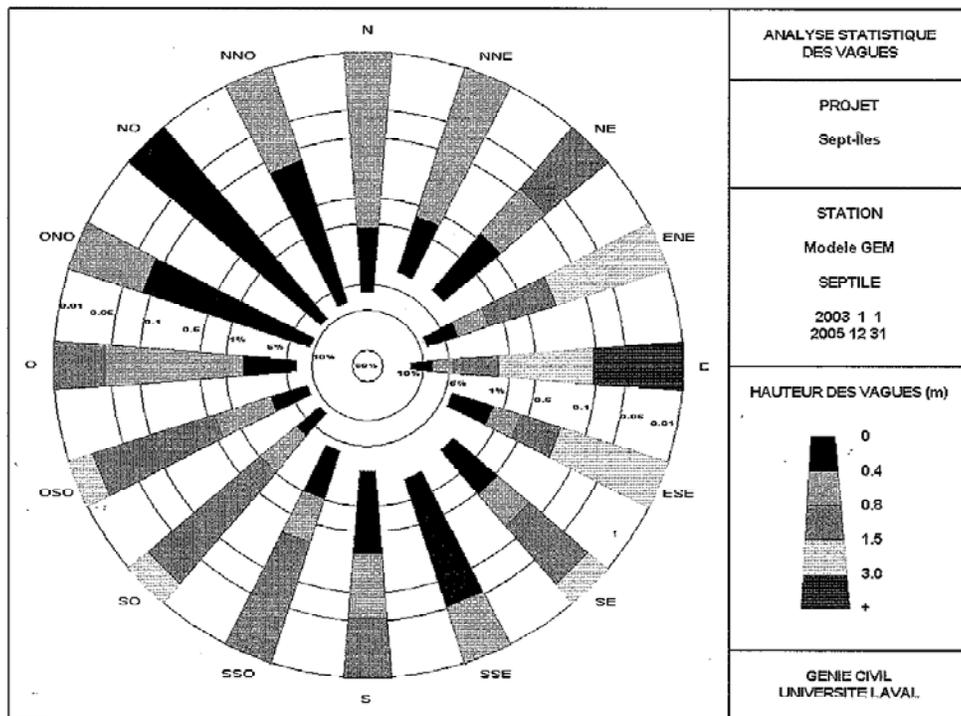


Figure 15 Rose des vagues à Sept-Îles pour la période 2003-2005 (Ropars, 2007).

L'analyse de la rose des vagues indique clairement l'importance des vagues en provenance des secteurs ENE, E, ESE, SE, SO et OSO, soit des secteurs où les intensités de vents sont maximales (figure 14) et où les longueurs de fetchs demeurent les plus étendues.

Enfin, les vagues de tempêtes ($H_s > 3\text{m}$) sont majoritairement en provenance du secteur est (E) pour la période 2003 à 2005 (Ropars, 2007).

5.3 Courantométrie

Secteur est de la pointe aux Basques

Ropars (2007) a évalué la direction du transport sédimentaire pendant les tempêtes en analysant les résultats de la modélisation de la réfraction des vagues le long du secteur des plages à l'est de la pointe aux Basques. Les tempêtes d'est induisent des courants de l'est vers l'ouest sur l'ensemble du domaine modélisé, tandis que les tempêtes de l'ouest génèrent des courants plus faibles de directions variables. La tendance prédominante propose un transport sédimentaire de l'est vers l'ouest, tel que décrit au chapitre 4. Les figures 16 et 17 présentent les courants induits par des tempêtes en provenance du sud-est (SE) et du sud-sud-ouest (SSO) respectivement.

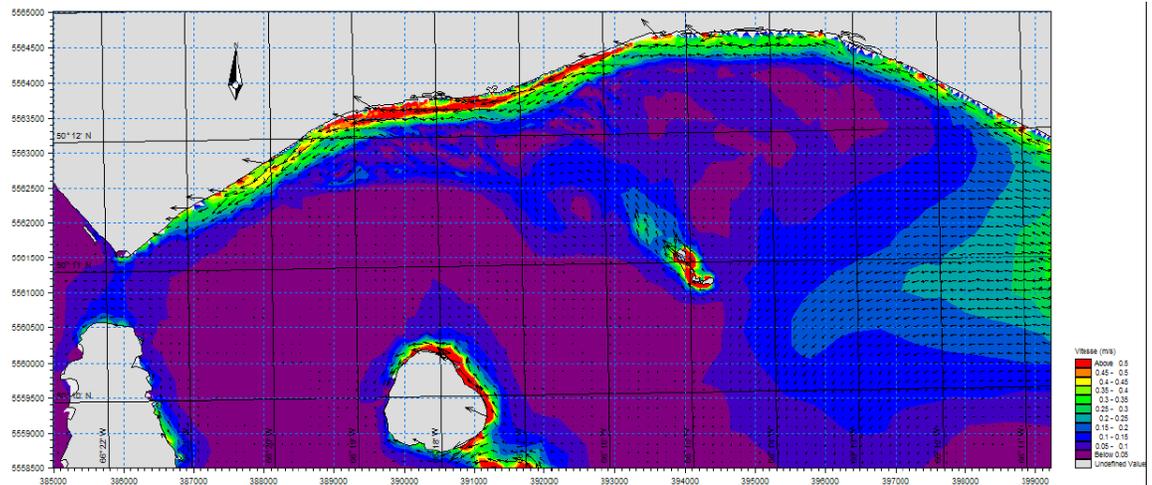


Figure 16 Courants induits par une tempête ($H_s = 4,1\text{ m}$) du sud-est, le 16 octobre 2005 (Ropars, 2007).

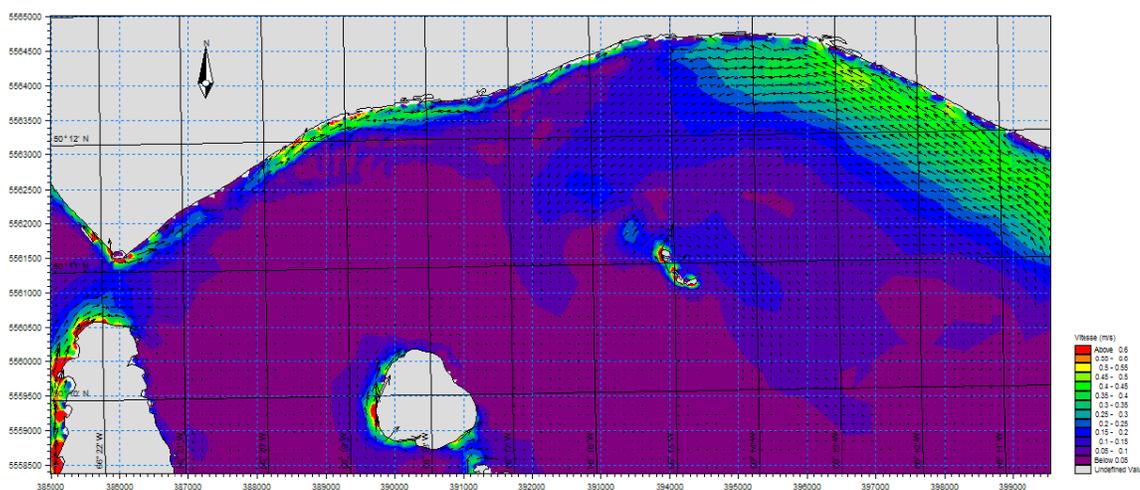


Figure 17 Courants induits par une tempête ($H_s = 4,6$ m) du sud-sud-ouest le 25 novembre 2005 (Ropars, 2007).

Toujours selon Ropars (2007), pour les vagues de plus faibles amplitudes ($H_s < 2$ m), celles-ci présentent un potentiel de transport nettement inférieur aux vagues de tempêtes ($H_s > 3$ m) avec une dérive prépondérante de l'est vers l'ouest également.

Secteur de la pointe aux Basques au droit des installations d'IOC

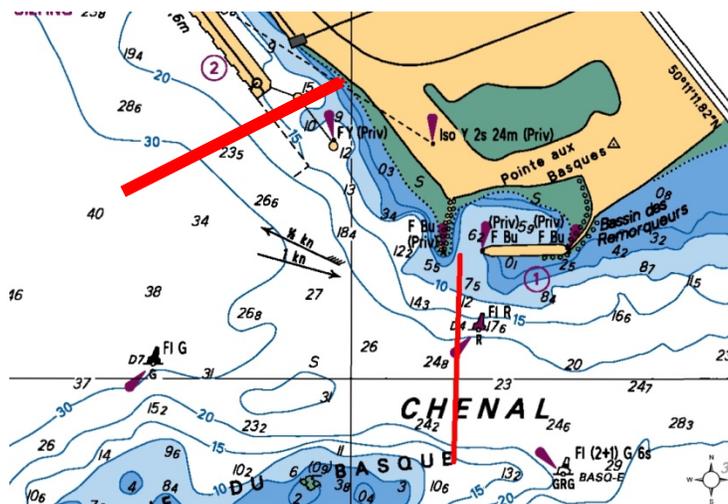
L'étude de faisabilité de GENIVAR (2007) réalisée dans le cadre du projet de démantèlement et de restauration du Bassin des Remorqueurs, ainsi que la campagne de relevés de 2010 effectuée dans le cadre du présent mandat ont permis de caractériser les vitesses et les directions de courants au droit des installations portuaires d'IOC pour différentes conditions hydrodynamiques.

Lors de la campagne réalisée par GENIVAR en 2007, les courants dans le secteur de la pointe aux Basques ont été caractérisés selon deux approches, soit avec des dériveurs et avec un ADCP. La figure 6 présentée au chapitre 3 illustre la trajectoire des dériveurs ainsi que la localisation du transect de mesures des courants effectuées à l'aide de l'ADCP. Au cours de la campagne de 2010, deux transects ont aussi été caractérisés à l'aide de l'ADCP (figure 7), soit un transect à l'extrémité est du quai n° 2 et un transect plus à l'est, en face du Bassin des Remorqueurs.

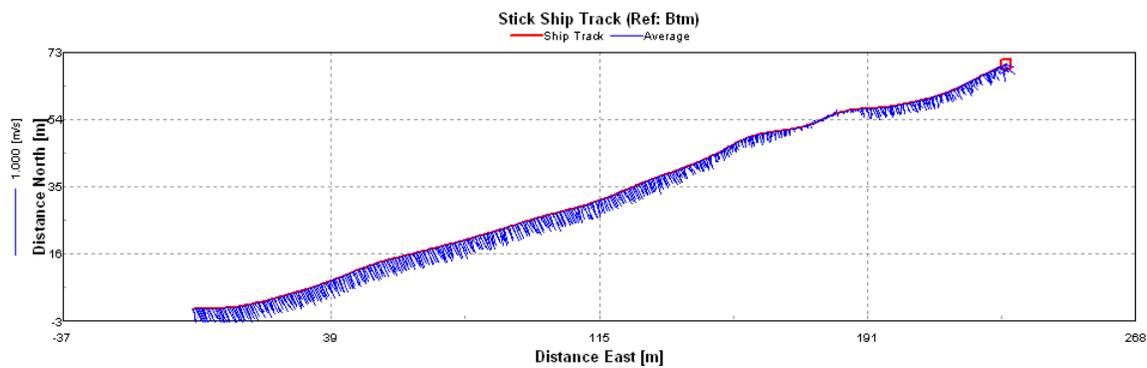
Par ailleurs, l'étude de GENIVAR (2007) avait révélé la présence d'un jet côtier à proximité de la pointe aux Basques (en face de l'entrée du Bassin des Remorqueurs). Le jet côtier est un courant fort qui se développe au large des

pointes ou de remontée bathymétrique brusque. Comme l'indiquent les résultats de l'ADCP à la figure 19, le jet côtier est confirmé en 2010, puisque des vitesses de courants avoisinant en moyenne 0,5 m/s et orientées vers le sud-ouest ont été mesurées lors du jusant. Au droit du quai n° 2, le courant perd toutefois de son intensité (figure 18), pour atteindre l'ordre de 0,2 à 0,3 m/s. Enfin, la figure 20 montre les mesures d'ADCP réalisées le 24 mai 2007 à la fin du flot, qui indique la présence de courants longeant la côte à une vitesse de l'ordre de 0,2 à 0,3 m/s. Les courants de jusant seraient donc supérieurs à ceux de flot, comme l'indique d'ailleurs la carte marine du secteur.

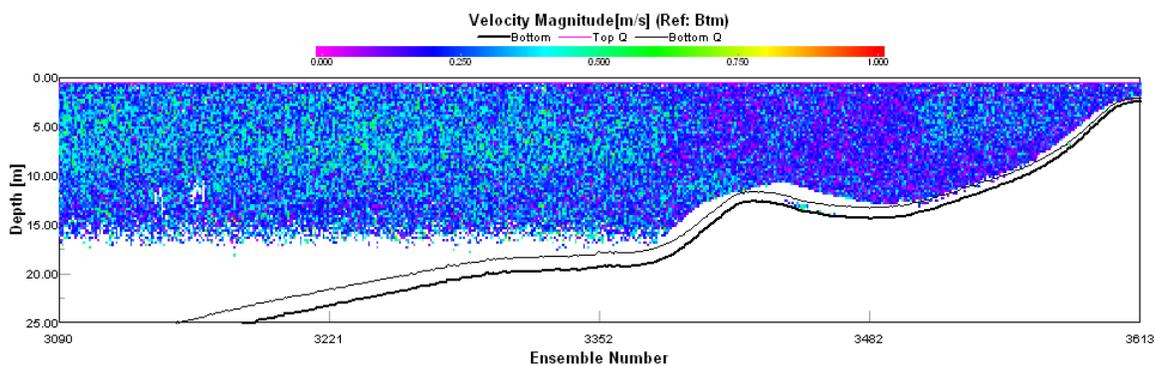
Les prochaines sections du rapport présentent respectivement l'évolution du littoral à l'ouest de la pointe aux Basques, une analyse des sédiments prélevés ainsi qu'une analyse détaillée de l'impact de l'arrêt du dragage au Bassin des Remorqueurs.



a) Position des transects de mesures

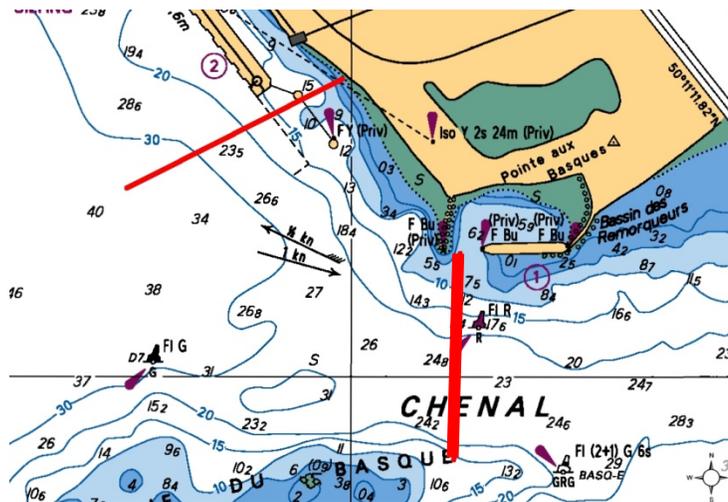


b) Direction des courants

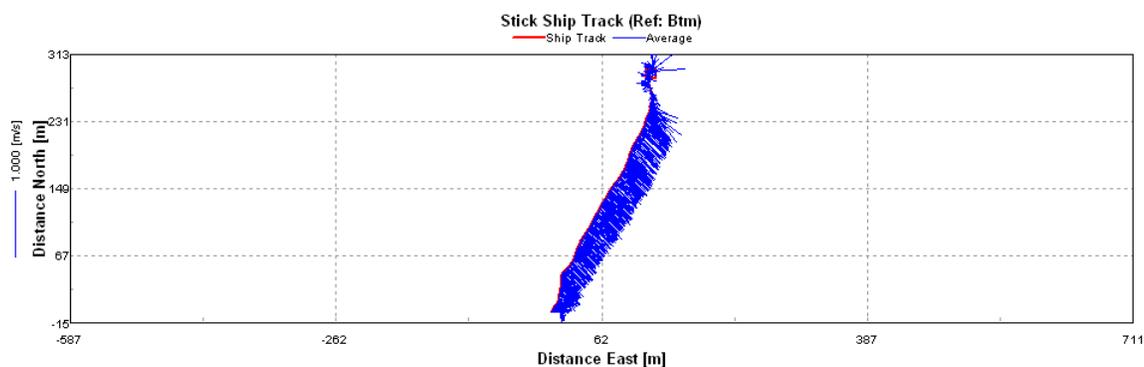


c) Profils des vitesses

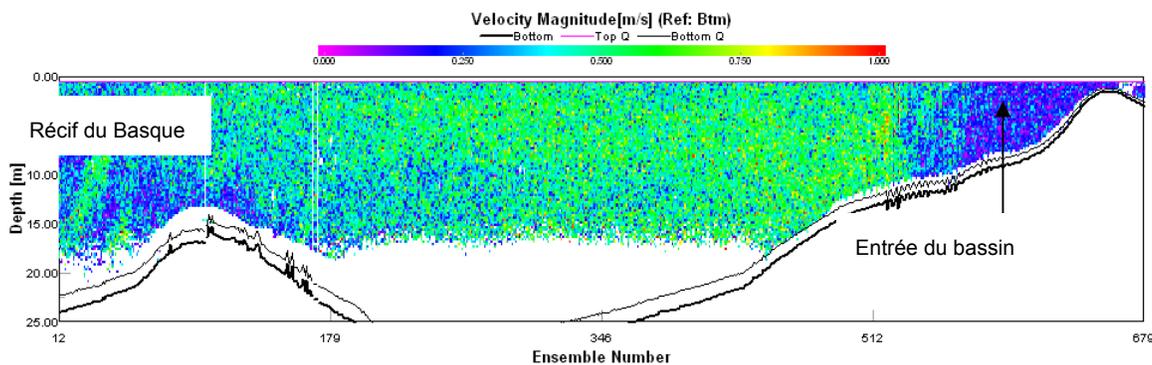
Figure 18 Direction et intensité des courants vis-à-vis du quai n° 2, au milieu du jusant, le 16 mai 2010 à 8 h 23.



a) Position des transects de mesures

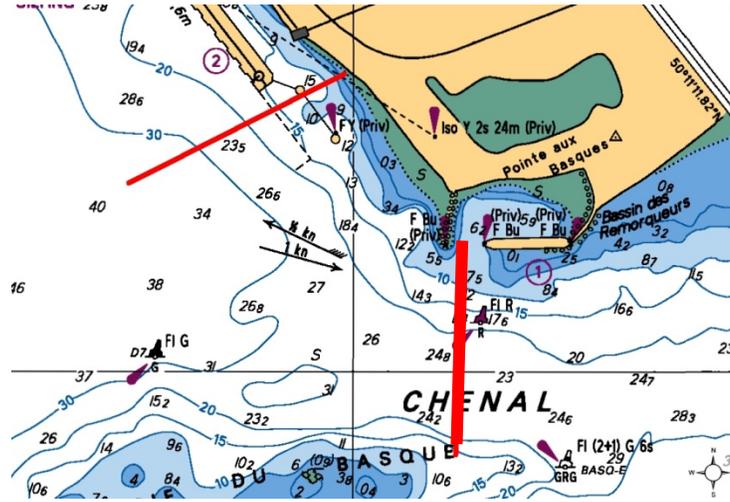


b) Direction des courants

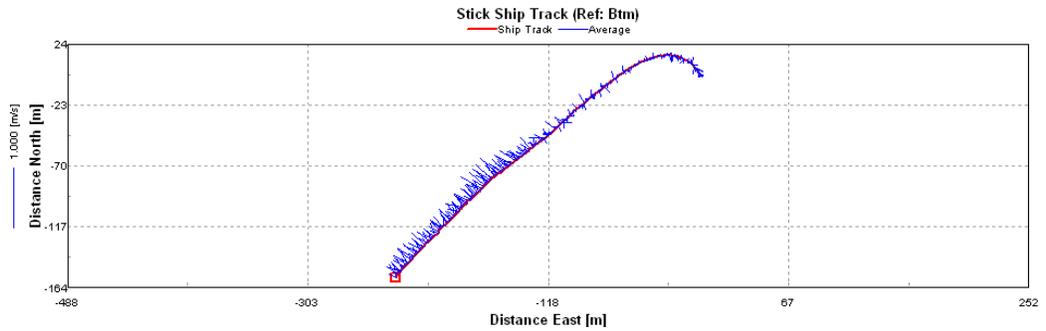


c) Profils des vitesses

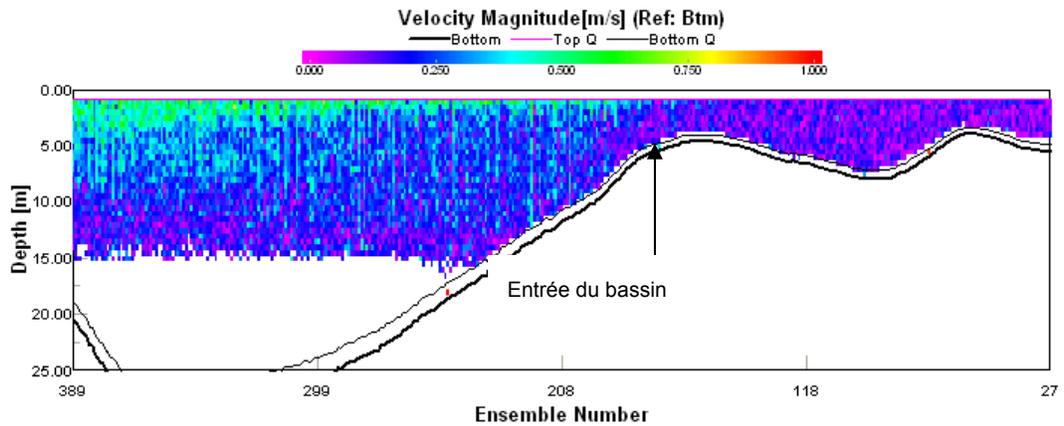
Figure 19 Direction et intensité des courants vis-à-vis du Bassin des Remorqueurs, au milieu du jusant, le 16 mai 2010 à 8 h 23.



a) Position des transects de mesures



b) Direction des courants



c) Profils des vitesses

Figure 20 Direction et intensité des courants vis-à-vis du Bassin des Remorqueurs, à la fin du flot, le 24 mai 2007 à 8 h 00.

6. CARACTÉRISATION ET ÉVOLUTION DU LITTORAL

6.1 Échantillonnage de sédiments

6.1.1 Granulométrie

La nature des sédiments récoltés lors de la campagne de 2007 (figure 6, chapitre 3) est composée principalement de sable fin dont le diamètre des grains varie de 100 à 300 μm dans les zones de profondeurs supérieures à 2 m et peuvent aller jusqu'à près de 1 000 μm dans les zones fortement affectées par les vagues sur la plage. La fraction plus fine (silt et argile) est présente dans les stations plus profondes et son importance augmente avec la profondeur. Les sables fins présents dans la zone de la pointe aux Basques sont très mobiles et sont présents partout entre l'avant-plage où les vagues déferlent et les zones plus profondes jusqu'à plus de 15 m. Le tableau 2 présente les caractéristiques granulométriques des échantillons récoltés en 2007.

Tableau 2 Composition granulométrique des sédiments prélevés lors de la campagne de relevés de GENIVAR (2007).

Classe granulométrique ¹	Station										
	01	03	07	09	010	013	014	016	WPT5	WPT10A	
Description	Sable Un peu de silt Traces d'argile	Sable et silt Traces de gravier et d'argile	Sable Traces de silt	Sable Traces de silt	Sable Un peu de silt Traces de gravier	Sable Un peu de silt Traces de gravier et d'argile	Sable Un peu de silt Traces d'argile	Sable Un peu de silt Traces d'argile	Sable Un peu de silt Traces d'argile	Sable	Sable Traces de silt
Gravier	0	1	0	0	4	1	0	0	0	0	
Sable	84	59	98	99	85	85	80	94	99	99	
Silt	15	37	2	1	11	13	17	6	1	0	
Argile	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	
Mode granulométrique (μm)	150	80	210	220	100	160	150	200	900	650	

¹ Granulométrie exprimée en pourcentage du poids total de l'échantillon;

Taille des particules : argile : < 0,002 mm; silt : 0,002-0,08 mm; sable : 0,08-5,0 mm; gravier > 5,0 mm.

Au cours de la campagne de relevés de 2010, des échantillons de sédiments ont été prélevés en zone submergée et émergée de part et d'autre de la pointe aux Basques jusque dans le secteur du quai n° 2 (figure 8). Les analyses granulométriques ont été effectuées par le laboratoire Qualitas et le sommaire des résultats est présenté au tableau 3. L'annexe 1 présente par ailleurs les fiches techniques produites par Qualitas pour chacun des échantillons. Les échantillons numérotés 1 et 2 ont été prélevés sur la plage, alors que les échantillons numérotés 3 et 4 proviennent du fond marin, la profondeur s'accroissant avec le numéro de l'échantillon.

Tableau 3 Composition granulométrique des sédiments prélevés lors de la campagne de relevés de 2010.

Transect	# échantillon	Description	Classe granulométrique en % du poids total de l'échantillon		
			Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)
A (Extrémité est du Quai n°2)	1	Sable, traces de gravier (sphère), traces de silt	5	91	3.9
	2	Gravier (sphères), traces de sable, traces de silt	98	1	1.1
	3	Sable et silt (traces de matière organique)	0	60	39.4
	4	Sable, un peu de silt, (traces de débris de coquillage et matière organique)	0	83	16.8
B	1	Sable, traces de gravier, traces de silt	7	93	0.4
	2	Sable, trace de silt, (traces de matière organique)	0	94	6.2
	3	Sable, un peu de silt, (traces de débris de coquillage et matière organique)	0	86	13.8
	4	Sable, traces de silt	0	98	1.6
C (Entrée du bassin des Remorqueurs)	1	Sable, traces de silt (traces de débris de coquillage)	0	99	1.1
	2	Sable, traces de silt	0	99	1.1
	3	Sable, traces de silt (traces de débris de coquillage)	0	99	0.7
	4	Sable, traces de silt, traces de gravier (traces de débris de coquillage)	1	97	2
D (Secteur des plages)	1	Sable, traces de silt	0	99	0.6
	2	Sable, traces de silt (traces de débris de coquillage)	0	98	1.6
	3	Sable, traces de silt (traces de débris de coquillage)	0	97	2.8
	4	Sable, traces de silt (traces de débris de coquillage)	0	95	4.6

Note : taille des particules : argile < 0.002 mm; silt : 0.002-0.08 mm; sable 0.08-5.0 mm; gravier > 5.0 mm.

En analysant les résultats du tableau 4, on constate à quel point la composition des échantillons est similaire à l'exception des échantillons A2, A3, A4 et B3. En effet, on retrouve essentiellement des échantillons composés de plus de 90 % de sable fin à moyen (0,08 à 2 mm), accompagnés de traces de silt la plupart du temps. Les échantillons A1, A2 et B1 contiennent des particules sphériques de fer de la taille du gravier. Ces boulettes de fer sont particulièrement abondantes à l'échantillon A2 qui est localisé directement dans la zone de cargaison du quai n° 2 (figures 21 et 22). On soupçonne donc que ces boulettes de fer recouvrent le fond sur une épaisseur relativement grande, ce qui explique l'absence de sable pour cet échantillon. On remarque aussi sur la figure 22 la présence de bloc le long de la berge.



Figure 21 Photographie présentant les boulettes de fer rencontrées près du quai n° 2 (GENIVAR, 2010).



Figure 22 Photographie présentant les boulettes de fer rencontrées près du quai n° 2 (GENIVAR, 2010).

Par ailleurs, les échantillons A3, A4 et B3 indiquent des pourcentages de silt plus élevés, soit des échantillons qui ont été prélevés en zone submergée à des profondeurs de l'ordre de 10 à 25 m.

La présence de particules silteuses dans les transects A et B et l'uniformisation de la granulométrie vers une composition uniquement sableuse dans le secteur du Bassin des Remorqueurs démontrent le caractère très dynamique de la pointe aux Basques par rapport au secteur des quais.

6.1.2 Évaluation de la teneur en fer

Étant donné la présence d'une grande quantité de boulettes de fer dans les échantillons prélevés près du quai n° 2, un échantillon supplémentaire (échantillon X1 localisé sur la figure 8) a été prélevé directement dans la zone de transbordement et des analyses de la teneur en fer ont été effectuées par le laboratoire Exova sur ce nouvel échantillon, ainsi que sur des échantillons provenant directement des transects A et B. Les résultats obtenus sont présentés au tableau 4 (les fiches d'analyse sont présentées à l'annexe 2).

Tableau 4 Teneur en fer des échantillons prélevés dans le secteur du quai n° 2.

Échantillons	Concentration de fer (mg/kg)
X1	24 000
A1	13 000
A3	27 000
A4	16 000
B1	10 000
B2	11 000
B3	15 000
B4	9 700

L'échantillon X1 récolté directement dans la zone de transbordement, ainsi que l'échantillon A3 indiquent une forte teneur en fer, avoisinant les 25 000 mg/kg, soit près du double de ce qui est retrouvé dans les autres échantillons analysés. On retrouve des teneurs légèrement plus faibles en se déplaçant vers l'est ou encore en s'éloignant de la zone de transbordement dans l'axe A. À noter que l'échantillon A2 n'a pas été analysé en raison de la nette prédominance des boulettes de fer (pratiquement que des boulettes).

La teneur relativement élevée en fer des échantillons prélevés dans le secteur bordant le quai n° 2 est un élément qui permet de croire que les zones de sédimentation de ce secteur sont en partie associées aux activités de transbordement qui ont lieu aux installations du quai n° 2. Les pertes lors du transbordement seraient alors composées de boulettes de fer, mais aussi de particules plus fines, lesquelles sont retrouvées dans les échantillons analysés.

6.2 Historique du dragage

Le tableau 5 présente l'historique du dragage au quai n° 2 et au Bassin des Remorqueurs entre 1984 et 2004. Le volume moyen dragué au Bassin des Remorqueurs à tous les 2 ans est de 21 216 m³, soit un peu plus de 10 000 m³ par année. Le Bassin des Remorqueurs constitue une modification importante au transit naturel du sable de l'est vers l'ouest et forme une zone de sédimentation nécessitant de nombreux dragages afin de permettre l'accès du bassin aux embarcations. Au quai n° 2, des dragages ont été effectués à 6 reprises entre 1984 et 2010. Les 2 plus récents dragages d'entretien ont été réalisés en 2002 et en 2010, représentant moins de 1 500 m³/an. Les dragages les plus importants (avant 2002) ont probablement été réalisés de façon à permettre l'accostage de navires possédant des tirants d'eau plus grands.

Tableau 5 Sommaire des volumes dragués au quai n° 2 et au Bassin des Remorqueurs depuis 1984 (GENIVAR, 2003).

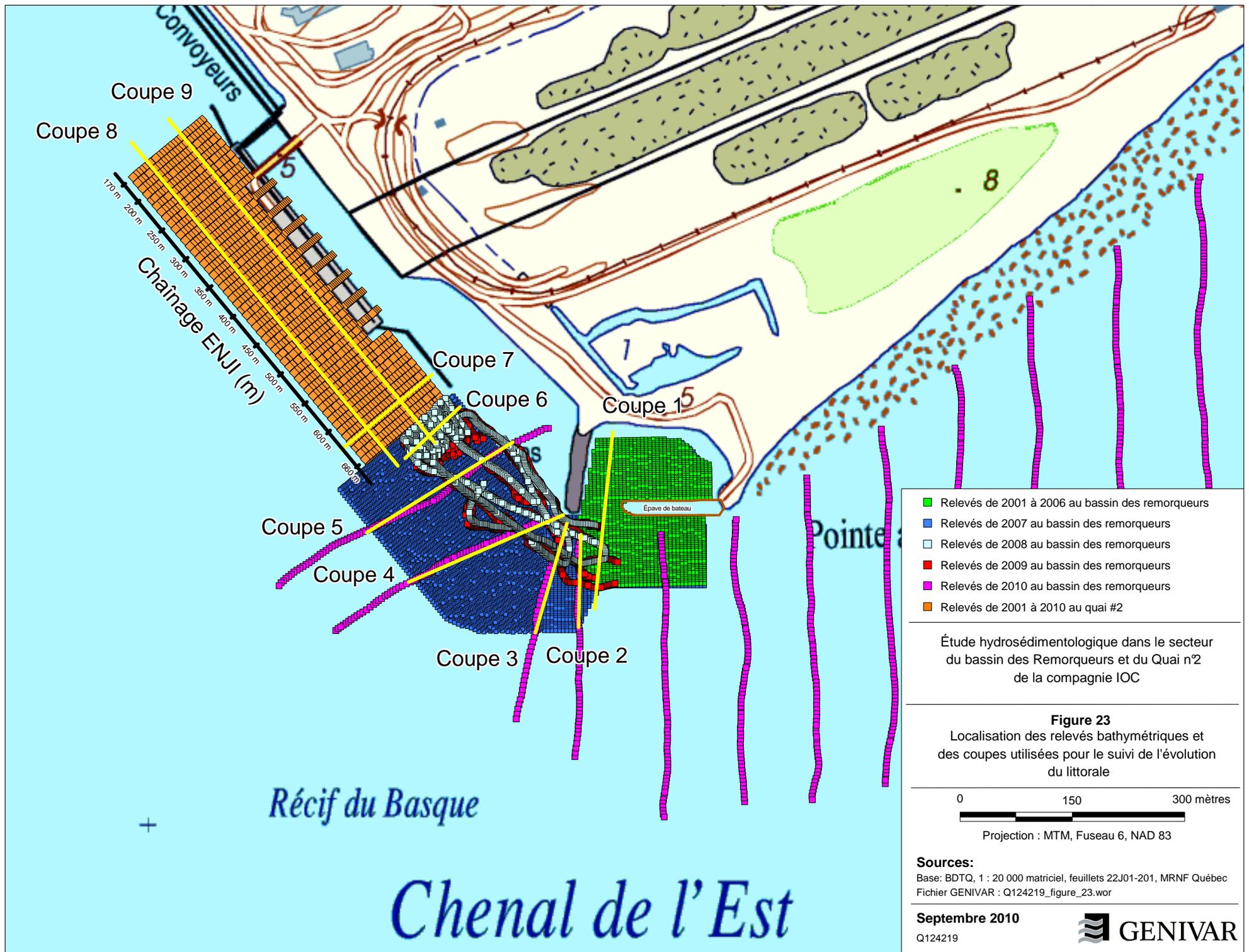
Année	Volume dragué au quai n° 2 (m³)	Volume dragué au Bassin des Remorqueurs (m³)	Total (m³)
1984	3 031	11 780	14 811
1986	3 815	15 293	19 108
1988	0	20 086	20 086
1990	0	20 547	20 547
1992	0	21 328	21 328
1994	0	22 003	22 003
1996	10 286	24 117	34 403
1998	7 934	25 008	32 942
2000	0	30 000	30 000
2002	1 480	22 000	23 480
2004	0	30 000	30 000

Il est à noter qu'aucun dragage n'a été fait au Bassin des Remorqueurs depuis 2004.

6.3 Relevés bathymétriques

Des relevés bathymétriques au Bassin des Remorqueurs et au quai n° 2 ont été effectués à chaque année depuis 2001 par les Entreprises Normand Juneau inc. (ENJI). Ces relevés ont pour but de vérifier la profondeur navigable et d'effectuer le suivi des zones d'accrétion.

La figure 23 présente la position des relevés bathymétriques effectués depuis 2001 au Bassin des Remorqueurs et au quai n° 2, en plus d'indiquer la localisation des sections d'analyses (coupes 1 à 9) où une comparaison des profils bathymétriques a été effectuée. Des relevés ont été effectués à chaque année au même endroit à proximité du Bassin des Remorqueurs entre 2001 et 2006, tandis que des relevés allant de 2007 à 2010 ont été effectués de part et d'autre de la pointe aux Basques. À noter sur la figure 23 la présence d'une zone directement au sud de l'épi bordant le Bassin des Remorqueurs qui a été caractérisée à la fois en 2007, ainsi que lors des relevés de 2001 à 2006. Finalement, les relevés bathymétriques au quai n° 2 ont été effectués de 2001 à 2010 selon une grille d'analyse fixe, de façon à permettre une comparaison rapide de l'évolution bathymétrique d'une année à l'autre. Le système de référence utilisé sur cette grille d'analyse correspond au chaînage mis en place par ENJI et présenté à la figure 23.



- Relevés de 2001 à 2006 au bassin des remorqueurs
- Relevés de 2007 au bassin des remorqueurs
- Relevés de 2008 au bassin des remorqueurs
- Relevés de 2009 au bassin des remorqueurs
- Relevés de 2010 au bassin des remorqueurs
- Relevés de 2001 à 2010 au quai #2

Étude hydrosédimentologique dans le secteur du bassin des Remorqueurs et du Quai n°2 de la compagnie IOC

Figure 23
 Localisation des relevés bathymétriques et des coupes utilisées pour le suivi de l'évolution du littoral

6.4 Évolution littorale

6.4.1 Secteur du Bassin des Remorqueurs

Le suivi de l'évolution bathymétrique au Bassin des Remorqueurs s'est fait au droit des coupes 1, 2 et 3 où des relevés bathymétriques étaient disponibles (figure 23). La coupe 1 permet de suivre l'évolution de la bathymétrie entre 2001 et 2010 (figure 24), tandis que les coupes n^{os} 2 et 3 comparent l'année 2007 à l'année 2010 (annexe 3).

La coupe 1 présente des variations bathymétriques importantes principalement dans la première couche d'eau située entre 0 et 8 m de profondeur, soit une zone peu profonde où la dynamique de transport est contrôlée principalement par l'action des vagues. Ces variations annuelles de la bathymétrie montrent une accumulation importante de sédiments (sable) à l'intérieur du bassin, surtout depuis 2007 où la profondeur à l'entrée du bassin a rapidement évolué, passant de 4 m à 1 m en 2010. L'accrétion observée dans l'entrée du bassin s'étend environ à 70 m au large de l'épi en enrochement.

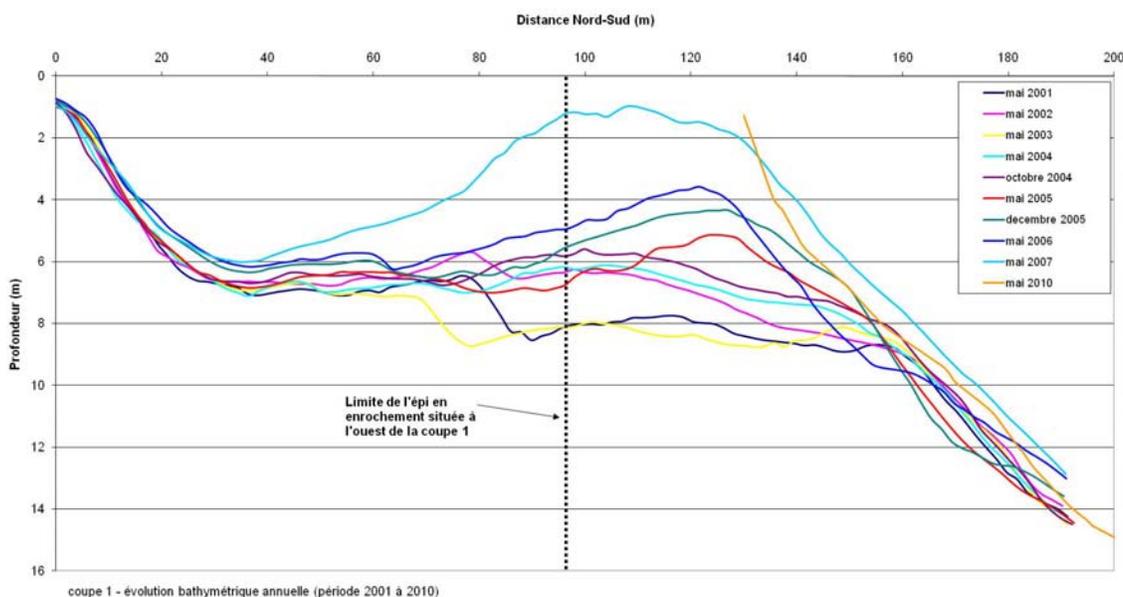


Figure 24 Évolution bathymétrique interannuelle selon la coupe 1.

L'analyse des profils interannuels montre successivement les accumulations puis les dragages faits à l'entrée du bassin (figure 24). Notamment, on remarque une accumulation importante de 2 m entre mai 2001 et mai 2002, suivi d'un dragage entre mai 2002 et mai 2003. En ce qui concerne le dernier dragage effectué en novembre 2004, la comparaison des profils d'octobre 2004 et mai 2005 démontre un abaissement local du profil bathymétrique d'environ 1 m entre les chaînages 75 m et 110 m. Le profil d'avril 2010, comparativement au profil de mai 2007, semble indiquer une légère érosion de la pente infralittorale (entre les chainages 135 m et 190 m). Il est cependant important de noter que les variations bathymétriques le long de la pente infralittorale sont relativement fortes et que cette dernière est jugée à l'équilibre.

Finalement, entre mai 2007 et avril 2010, l'analyse de la coupe 3 (annexe 3), située dans l'axe de l'épi ceinturant le Bassin des Remorqueurs, révèle une accumulation importante de sédiments (1 à 4 m de sable) dans la couche d'eau moins profonde, soit une zone où l'action des vagues contrôle le transport de sédiments. La coupe 2 (annexe 3) quant à elle laisse voir un profil faiblement érodé à des profondeurs de 5 à 6 m.

6.4.2 Zone transitoire entre le Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2

Les coupes 4, 5 et 6, localisées sur la figure 23, caractérisent la zone d'extension potentielle vers l'ouest de la zone d'accumulation des sédiments dans le secteur du Bassin des Remorqueurs. L'analyse de l'évolution des profils bathymétriques entre 2007 et 2010 pour ce secteur permet donc de mieux comprendre la dynamique de transport vers le quai n° 2 (annexe 4).

La coupe 4 laisse voir une accumulation de sable variant de 0,5 à 3 m dans la première couche d'eau comprise entre 0 et 6 m de profondeur, soit dans la zone d'action des vagues. Cette zone peu profonde est située à proximité de l'entrée du Bassin des Remorqueurs et semble donc être influencée par l'apport sédimentaire qui contourne l'épi situé à l'ouest de l'entrée du bassin. Par ailleurs, les coupes n^{os} 5 et 6 ne permettent pas de se prononcer quant à une progression importante des sédiments vers le quai n° 2 dans la première couche peu profonde gouvernée par l'action des vagues. Cependant, la coupe 5 indique tout de même une accumulation de sable notable (max. 2 m) lorsque la profondeur atteint 15 m et plus (figure 25). Ce constat n'est par contre pas observé selon les coupes 4 et 6. Il est à noter que le transport sédimentaire dans cette zone plus profonde est gouverné par les courants induits par la marée ainsi que par écoulement gravitaire le long des pentes du fond marin.

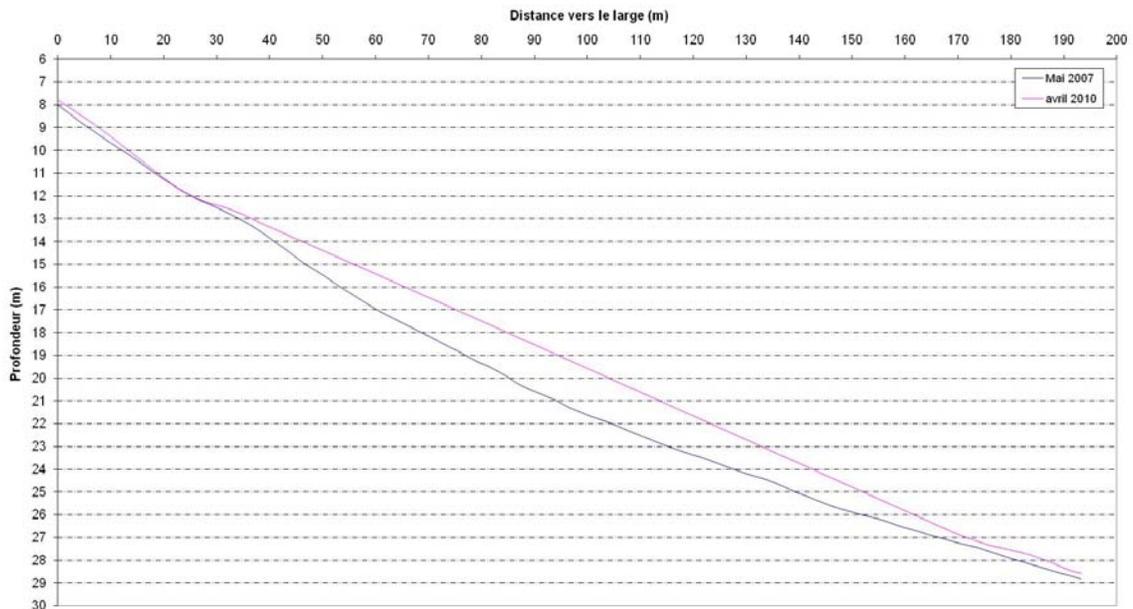


Figure 25 Accrétion notable en eau profonde selon la coupe 5 entre 2007 et 2010.

Bref, des variations bathymétriques peu marquées sont observées à l'intérieur de la couche peu profonde contrôlée par l'action des vagues à l'exception de l'entrée du Bassin des Remorqueurs (coupe 4). Quant à l'accrétion observée en eau profonde selon la coupe 5, rien ne porte à croire que les sédiments proviennent de la pointe aux Basques, puisqu'aucune accumulation pour ces mêmes profondeurs n'est observée selon la coupe 4 située à l'est.

Il est donc possible que des conditions de sédimentation soient présentes uniquement au niveau de la coupe 5. Ainsi, au niveau des coupes 3 et 4, les conditions de transport par le jet côtier sont peut-être suffisantes pour permettre un certain transit sédimentaire des particules les plus fines (de l'ordre de 200 μm et moins) sans toutefois que des accumulations soient observées au droit celles-ci. Si ce phénomène existe, il n'est toutefois pas dominant puisque les courants de jusant sont nettement plus élevés que ceux de flot (voir chapitre 5).

6.4.3 Quai n° 2

Les coupes 7, 8 et 9 (localisées sur la figure 23) ont été sélectionnées pour faire le suivi de l'évolution bathymétrique au quai n° 2 pour la période allant de 2002 à 2010. Puisqu'aucun dragage n'a été effectué durant cette période, il demeure pertinent d'analyser les zones d'accrétion et d'érosion dans ce secteur. L'annexe 5 présente les analyses bathymétriques effectuées dans le secteur du quai n° 2 (coupes et interpolations).

Les coupes 8 et 9 (figures 26 et 27) permettent d'observer l'évolution bathymétrique directement dans la zone de transbordement du quai n° 2 entre 2002 et 2010. Le secteur ouest de ces deux profils (chaînage 350 m et moins selon le système de référence utilisé par ENJI) possède une profondeur supérieure à 20 m et est caractérisé par une zone d'érosion allant de 100 à 150 m de longueur, avec des écarts bathymétriques qui varient entre 10 à 100 cm. Pour le secteur plus à l'est où se situe la zone d'accostage (chaînage 350 m et plus), ces deux coupes démontrent qu'un ensablement s'est produit entre 2002 et 2010, avec une accumulation totale variant entre 20 et 50 cm au maximum. Par ailleurs, la superposition des profils bathymétriques annuels selon la coupe 9 (annexe 5) révèle une certaine variabilité interannuelle du fond marin dans la zone d'accostage avec des écarts d'au plus 30 cm. Ces variations pourraient être le résultat de l'action des hélices des navires qui peuvent remanier le fond.



Figure 26 Évolution bathymétrique entre 2002 et 2010 selon la coupe 8.

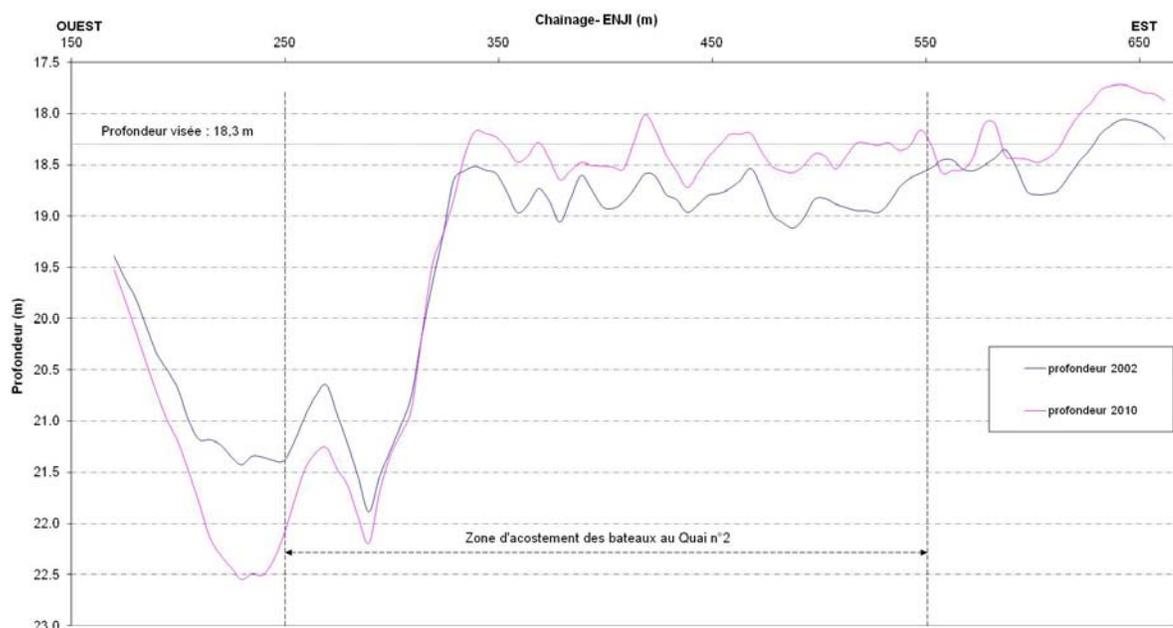


Figure 27 Évolution bathymétrique entre 2002 et 2010 selon la coupe 9.

L'évolution bathymétrique à la coupe 7 indique une zone de faible accrétion entre 2002 et 2010, soit un constat valide sur la pleine longueur du profil. L'accumulation de sable est relativement uniforme variant de 15 à 50 cm sur une période de 8 ans. La figure 28 illustre cette évolution.



Figure 28 Évolution bathymétrique entre 2002 et 2010 selon la coupe 7.

Finalement, l'analyse des relevés bathymétriques au quai n° 2 a aussi été effectuée en transposant l'information sur une grille de calcul, afin d'obtenir les variations spatiales de la bathymétrie d'année en année. L'interprétation de ces grilles permet donc de visualiser à l'aide d'une vue en plan les zones d'érosion et d'accrétion au droit du quai n° 2 (figure 29). Comme le démontraient les coupes 8 et 9, la variation spatiale de la bathymétrie présentée sur les grilles entre mai 2002 et avril 2010 indique une zone d'érosion locale dans le secteur ouest du quai n° 2. L'apparition graduelle d'une zone plus profonde (érosion) en orange-rouge est notable entre mai 2002 et mai 2004 et s'accroît légèrement en avril 2010.

À l'opposé, le secteur est, situé à proximité du quai, montre de faibles accrétions en bleu, principalement entre 2004 et 2006, pour ensuite demeurer relativement nulles jusqu'en 2010. Bref, l'analyse spatiale des grilles bathymétriques permet de capter des variations relativement marquées en raison de l'échelle retenue pour l'analyse. Aucune tendance forte à l'accumulation de sable n'est observée dans le secteur est du quai et le taux d'accrétion est relativement faible avec au plus 50 cm d'accumulation en 8 ans.

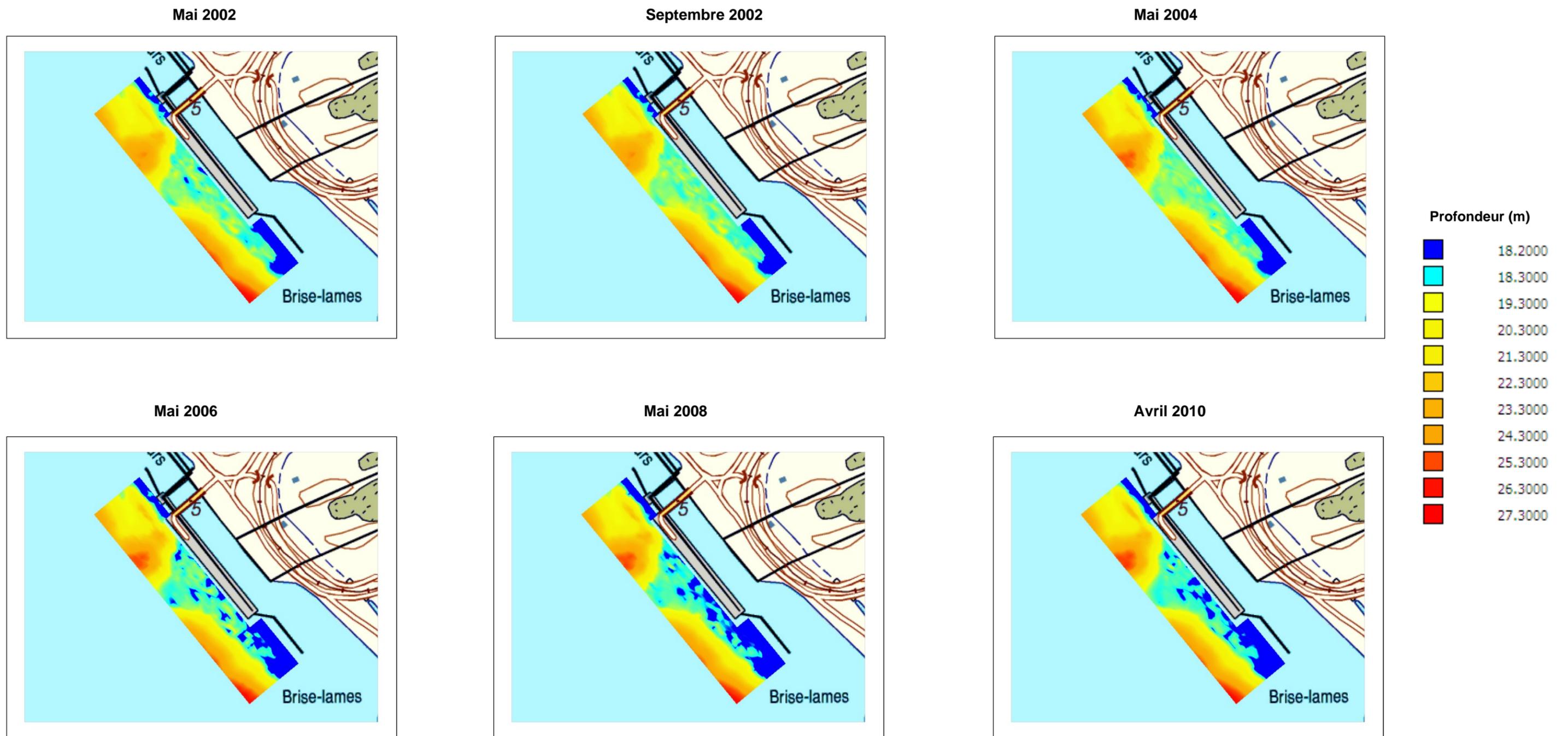


Figure 29 Variation spatiale des profils bathymétriques au quai n° 2 entre 2002 et 2010.

7. POINTS SAILLANTS ET IMPACTS DE L'ARRÊT DES DRAGAGES AU BASSIN DES REMORQUEURS

Les sections précédentes décrivent en détail la géomorphologie, l'hydrodynamique et l'évolution du littoral dans le secteur des installations d'IOC, notamment à partir d'études existantes, mais aussi de relevés effectués sur le terrain et d'analyses bathymétriques multidates. La présente section fournit les points saillants de nos analyses pour bien comprendre la dynamique hydrosédimentaire et l'évolution du littoral. Une évaluation des impacts du dragage au Bassin des Remorqueurs depuis 2004 et pour les prochaines années est aussi présentée.

Au niveau du transport sédimentaire et de la dérive littorale, les principales conclusions sont les suivantes :

- la dérive littorale entre la rivière Moisie et la pointe aux Basques s'effectue essentiellement vers l'ouest. La majorité des études réalisées jusqu'à maintenant abonde en ce sens (chapitre 4). Les tempêtes de l'est, avec des vagues de 3 m et plus, ont une capacité importante de transport vers l'ouest (chapitre 5);
- à mesure que l'on s'approche de la pointe des Basques, la largeur de la plage diminue et les conditions hydrodynamiques (chapitre 5) sont moins propices au transport des sédiments par les vagues, ce qui mène en partie à une accumulation de sédiments, puis à une reprise en charge graduelle par les courants marins et par écoulement gravitaire le long des talus infralittoraux;
- le jet côtier observé en face de la pointe des Basques amène des courants plus forts lors du jusant (0,5 m/s ou 1 nœud), ce qui pourrait favoriser l'évacuation des sédiments vers l'est (par le chenal de l'Est);
- comme le montre la vue en trois dimensions du secteur (figure 4, données colligées fournies par IOC et le SHC), la pente du fond marin s'accroît davantage vers l'ouest, ce qui fait en sorte que de plus faibles courants combinés aux forces gravitaires pourraient aussi permettre d'acheminer la majorité des sédiments vers le sud-ouest.

En somme, au niveau de la pointe des Basques, le transport le long des plages diminuerait de manière importante et la charge sédimentaire serait essentiellement reprise par les courants marins et les écoulements gravitaires le long des pentes sous-marines.

Les principaux points saillants de l'étude sur l'évolution du littoral dans le secteur des installations d'IOC et notre évaluation des impacts de l'arrêt du dragage au Bassin des Remorqueurs sont les suivants :

- à la suite de l'arrêt des dragages au Bassin des Remorqueurs depuis 2004 (en moyenne 10 500 m³/an), une quantité de sable relativement importante s'est accumulée à l'entrée du bassin. Une diminution du captage des sédiments au niveau du Bassin des Remorqueurs est donc à prévoir pour les prochaines années puisque le bassin commence à se remplir (profondeur nulle dans l'entrée du bassin en 2010);
- n'étant plus captée, une partie du sable provenant de la dérive littorale par les vagues contourne l'épi du Bassin des Remorqueurs et une autre partie est prise en charge par les courants de marée le long des pentes sous-marines;
- la présence d'un jet côtier vis-à-vis du Bassin des Remorqueurs et dominant lors du jusant pourrait contribuer à déplacer les sédiments vers l'est;
- la plus forte pente du fond marin à l'ouest pourrait permettre aux sédiments d'être évacués dans cette direction sous l'effet d'écoulements gravitaires (voir la vue 3D à la figure 3);
- autour du brise-lame du Bassin des Remorqueurs, on remarque que la plage s'est accrue alors que plus loin à l'ouest, aucune accumulation n'est notable pour les profondeurs 0-6 m. Par contre, plus en profondeur, la pente est demeurée stable entre 2007 et 2010;
- tout juste à l'est du quai n° 2 (environ 50 m à l'est), on remarque une accrétion de l'ordre de 2 m d'épaisseur le long de la pente infralittorale entre 2007 et 2010. Il est possible qu'à cet endroit la capacité de transport des courants faiblit par rapport au secteur plus à l'est, résultant en une accrétion locale. Une attention particulière devrait être portée à ce secteur afin d'identifier une éventuelle progression de cette accrétion vers le quai n° 2, quoique celle-ci ne semble pas inquiétante à court et moyen terme;
- les observations faites dans le secteur du quai n° 2 montrent des variations bathymétriques faibles d'au plus 50 cm en 8 ans. L'ensablement semble être réparti de manière sporadique sans patron défini et aucune structure bathymétrique ne semble avoir évolué jusqu'à ce secteur depuis l'arrêt des dragages;
- les autres sources potentielles de sédiments provoquant l'accrétion au quai n° 2 sont à première vue la sédimentation des particules fines (retrouvées dans la composition des échantillons analysés et présentes dans la panache de turbidité clairement visible sur la photo aérienne de la figure 2). La perte de matériaux lors de transbordement (boulettes et poussières de fer) est aussi un apport potentiel pour expliquer l'accrétion observée depuis 2002;
- l'influence des hélices des navires pourrait aussi contribuer à la mobilisation et à la redistribution des sédiments dans le secteur d'accostage au quai n° 2 (variabilité interannuelle observée de l'ordre de 30 cm).

8. CONCLUSION

La dynamique hydrosédimentaire littorale est un phénomène complexe qui intègre la combinaison d'une multitude de phénomènes naturels ayant une grande variabilité saisonnière et interannuelle. Dans de telles conditions, la compréhension d'un système côtier requiert des années d'investigations et des moyens variés d'analyses. Aussi, chaque modification apportée au milieu côtier (dragage, construction d'un quai, etc.) mène lentement à un nouvel équilibre dans le transport sédimentaire, comme c'est le cas pour l'arrêt des dragages au Bassin des Remorqueurs.

En somme, l'arrêt des dragages ne semble pas pour l'instant avoir eu d'impacts sur l'ensablement au quai n° 2 et rien ne laisse croire pour que la situation puisse s'aggraver rapidement, malgré que la capacité de captage des sédiments au Bassin des Remorqueurs est maintenant presque nulle. Ainsi, aucune modification au Bassin des Remorqueurs n'est recommandée pour l'instant (tant son démantèlement que son prolongement).

L'équilibre du système n'est toutefois peut-être pas complètement encore atteint et il est donc fortement recommandé qu'IOC continue de procéder à des levés bathymétriques annuels systématiques entre le Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2. Au minimum, le plan de levés devrait permettre d'obtenir la bathymétrie selon les coupes présentées dans la présente étude et un suivi de l'évolution des profils, tel que présenté dans la présente étude, est préconisé.

9. RÉFÉRENCES

- BERNATCHEZ P., C. FRASER, S. FRIESINGER, Y. JOLIVET, S. DUGAS, S. DREJZA ET A. MORISSETTE. 2008. *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. 280 p. Rapport de recherche remis au Consortium, OURANOS et au FACC. 256 p.
- DUBOIS, J.-M. M., BERNATCHEZ, P., BOUCHARD, J.-D., DAIGNEAULT, B., CAYER, D., DUGAS, S. 2005, *Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période de 1996-2003*. Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, 291 pages, annexes.
- GENIVAR. 2003. *Programme décennal de dragage d'entretien des installations portuaires de la compagnie minière IOC à Sept-Îles. Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministère de l'Environnement*. Rapport préparé par GENIVAR pour la Compagnie minière IOC. 84 pages + annexes.
- GENIVAR. 2007. *Projet de démantèlement et de restauration du Bassin des Remorqueurs. Compagnie minière Iron Ore (IOC)*. Étude de faisabilité – Étape 2. 44 p.
- LAJEUNESSE, P. ST-ONGE, G., LABBÉ, G., LOCAT, J. 2007. *Morphosedimentology of submarine mass-movements and gravity flows offshore Sept-îles, NW gulf of St. Lawrence (Québec, Canada)*. In: V. LYKOUSIS, D. SAKELLARIOU AND J. LOCAT (eds.), *Submarine Mass Movements and Their Consequences*, Springer: 287-296.
- MRNF. 2010. *Base de données topographiques du Québec (BDTQ) 22J01-201 à l'échelle 1 :20 00*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune.
- RNC. 2010. *Base nationale de données topographiques (BNDT) 22J01 à l'échelle 1 : 50 000*. Ministère des Ressources naturelles Canada.
- ROCHE. 2006. *Dynamique sédimentaire aux installations portuaires de Sept-Îles. Iron ore Compagny*. 53 p.
- ROPARS, Y. 2007. *Ville de Sept-Îles, Érosion des berges, études techniques et d'opportunité*. Rapport technique. 61 p.

SAVARD J.P. 2010. *Changements climatiques et gestion intégrée des zones côtières du golfe du Saint-Laurent, Québec*. Présentation Power Point, 54 diapos.

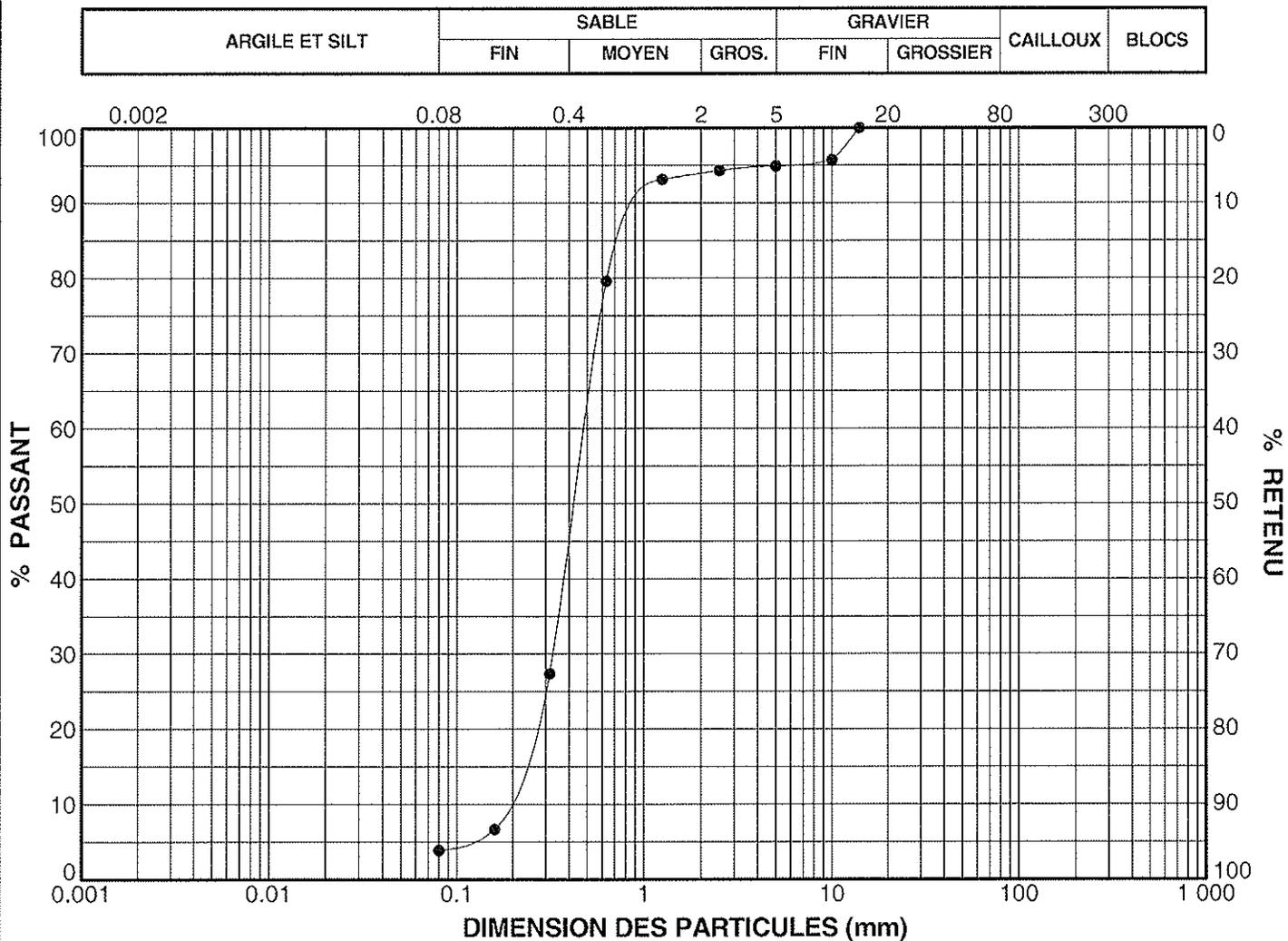
SAVARD J.P., BERNATCHEZ P., MORNEAU F., SAUCIER F., GACHON P., SENNEVILLE S., FRASER C., JOLIVER Y. 2008. *Étude de la sensibilité des côtes et de la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques - Sommaire*. Ouranos. 58 p.

SHC. 2008. *Marées, courants et niveaux d'eau*. Internet. Adresse. <http://www.lau.chs-shc.gc.ca/>

ANNEXE 1

Analyse granulométrique des échantillons prélevés
de part et d'autre de la pointe aux Basques en 2010

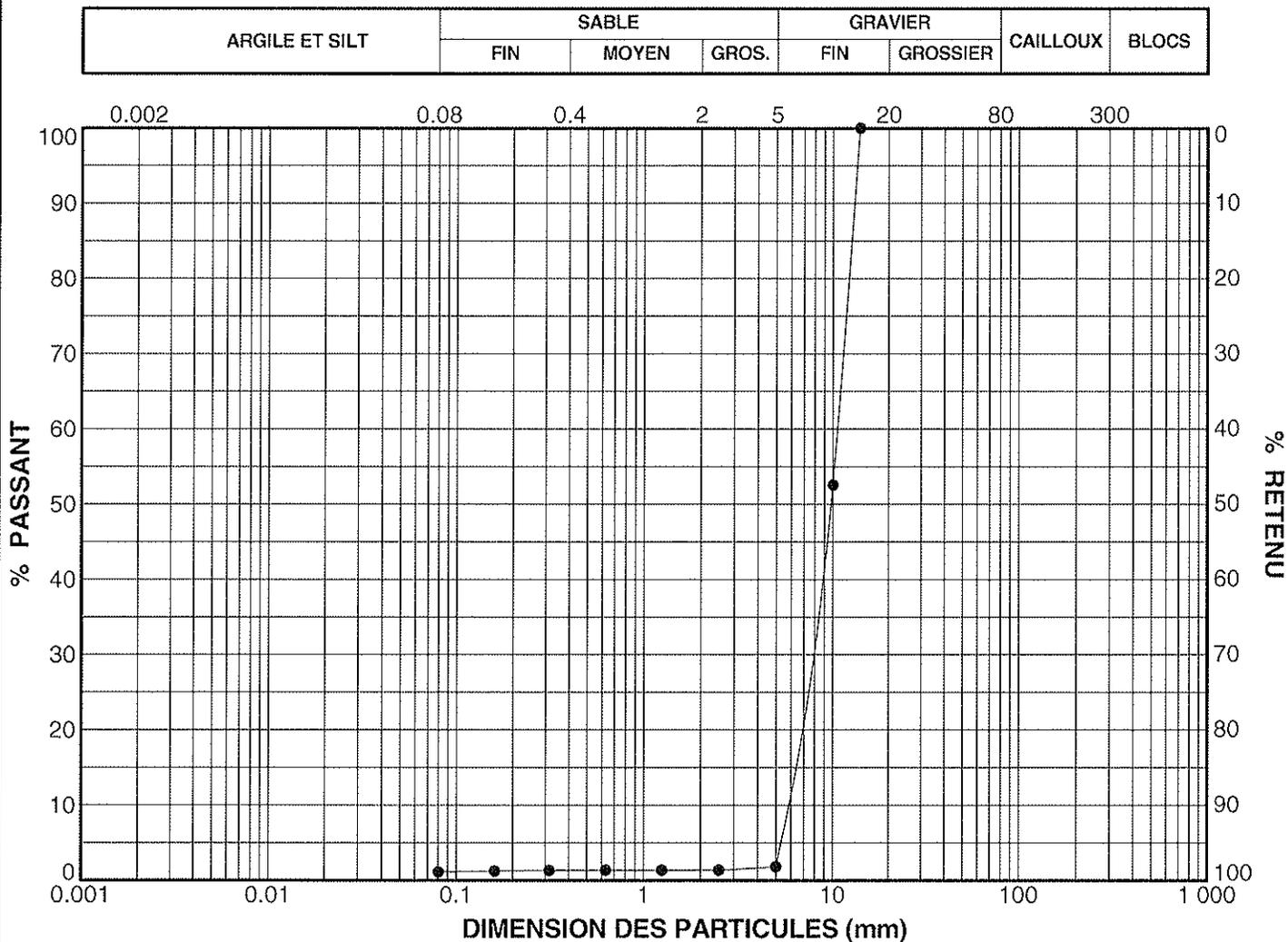
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	A-1		à	5	91	3.9	Sable, traces de gravier (sphère), traces de silt.

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

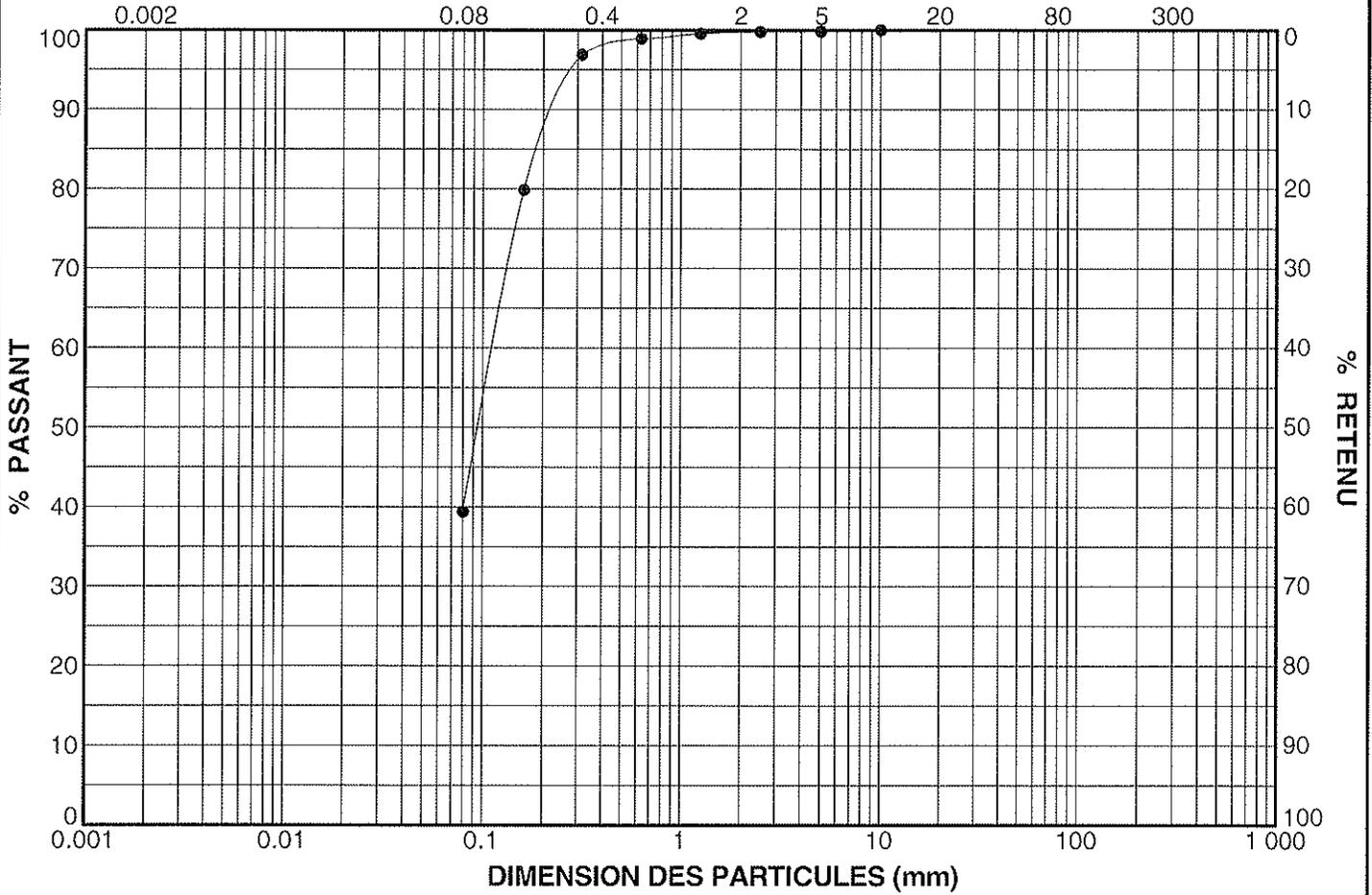


	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	A-2		à	98	1	1.1	Gravier (sphères), traces de sable, traces de silt.

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

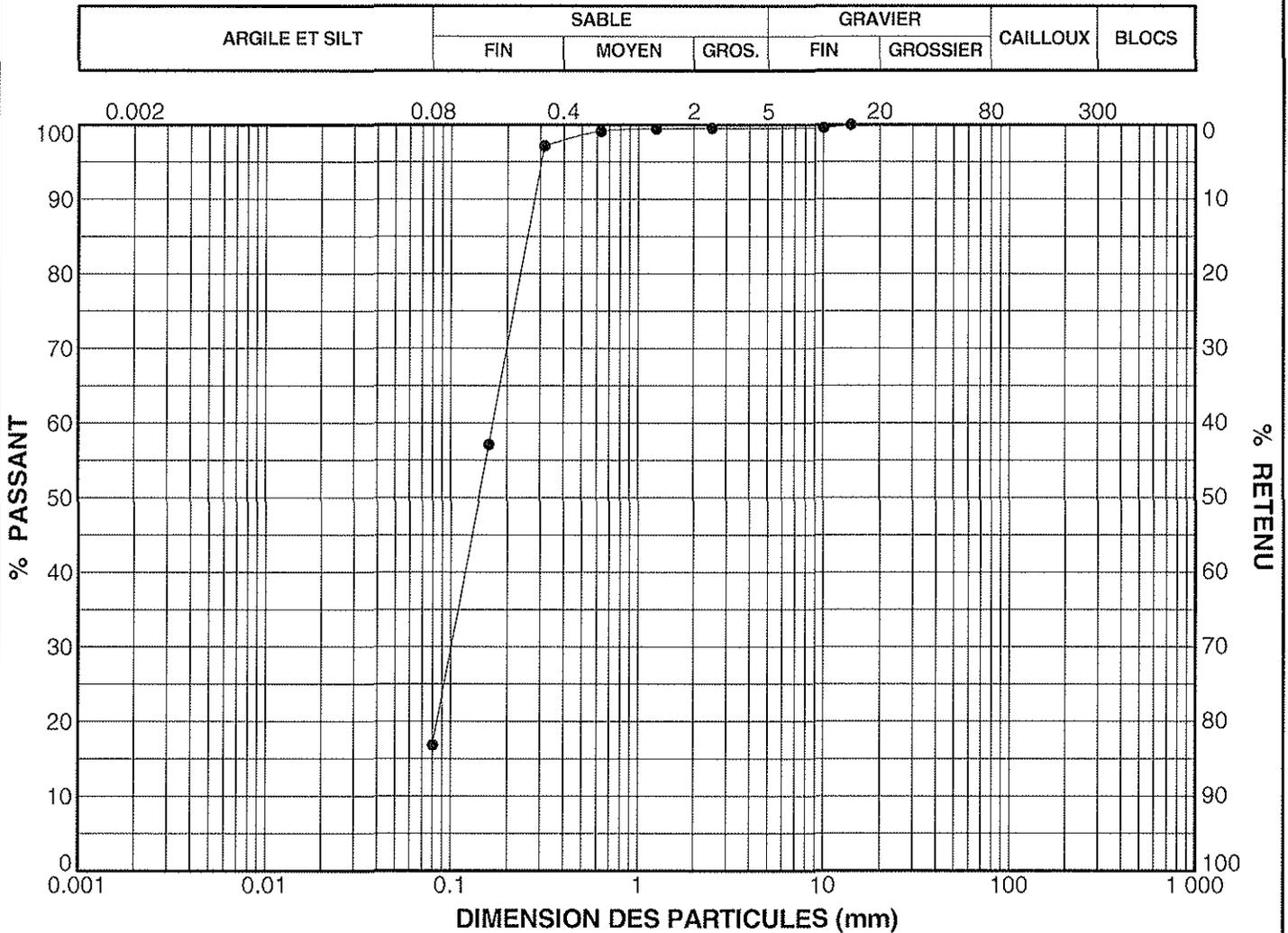
ARGILE ET SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX	BLOCS
	FIN	MOYEN	GROS.	FIN	GROSSIER		



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	A-3		à	0	60	39.4	Sable et silt. (tr. de matière organique)

REMARQUES:

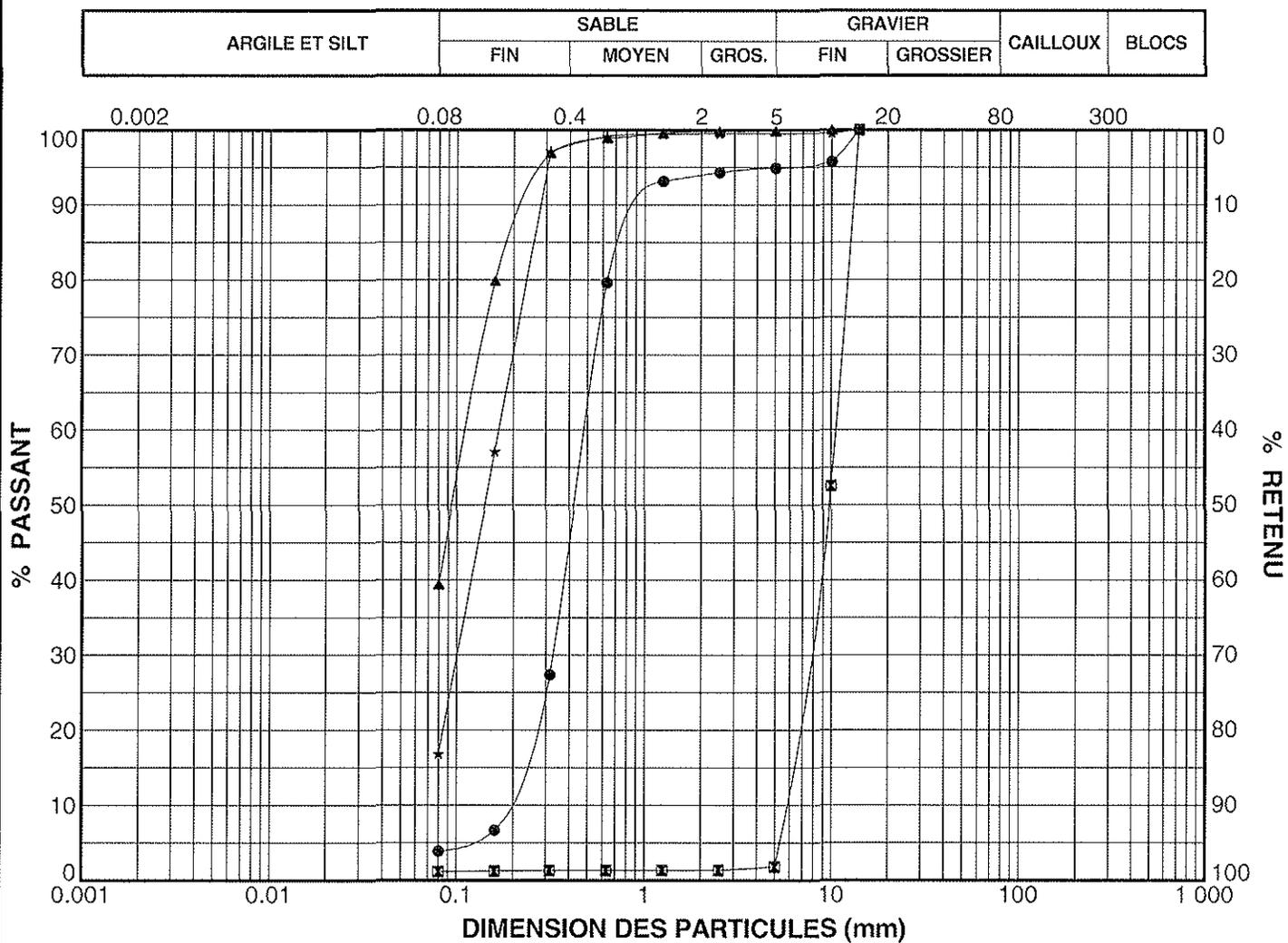
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
● A-4		à	0	83	16.8	Sable, un peu de silt. (tr. débris de coquillages et matière organique)

REMARQUES:

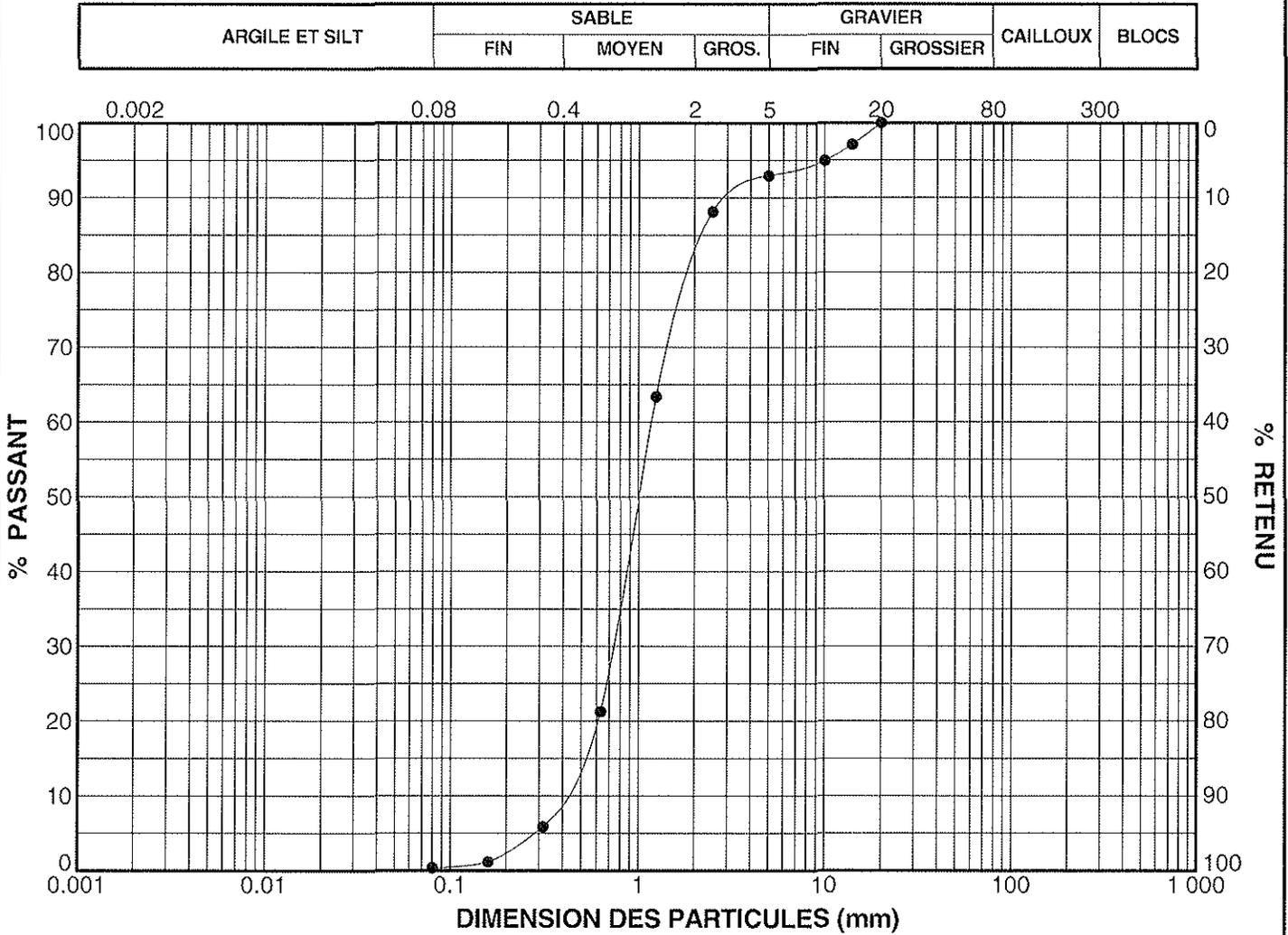
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	A-1		à	5	91	3.9	Sable, traces de gravier (sphère), traces de silt.
■	A-2		à	98	1	1.1	Gravier (sphères), traces de sable, traces de silt.
▲	A-3		à	0	60	39.4	Sable et silt. (tr. de matière organique)
★	A-4		à	0	83	16.8	Sable, un peu de silt. (tr. débris de coquillages et matière organique)

REMARQUES:

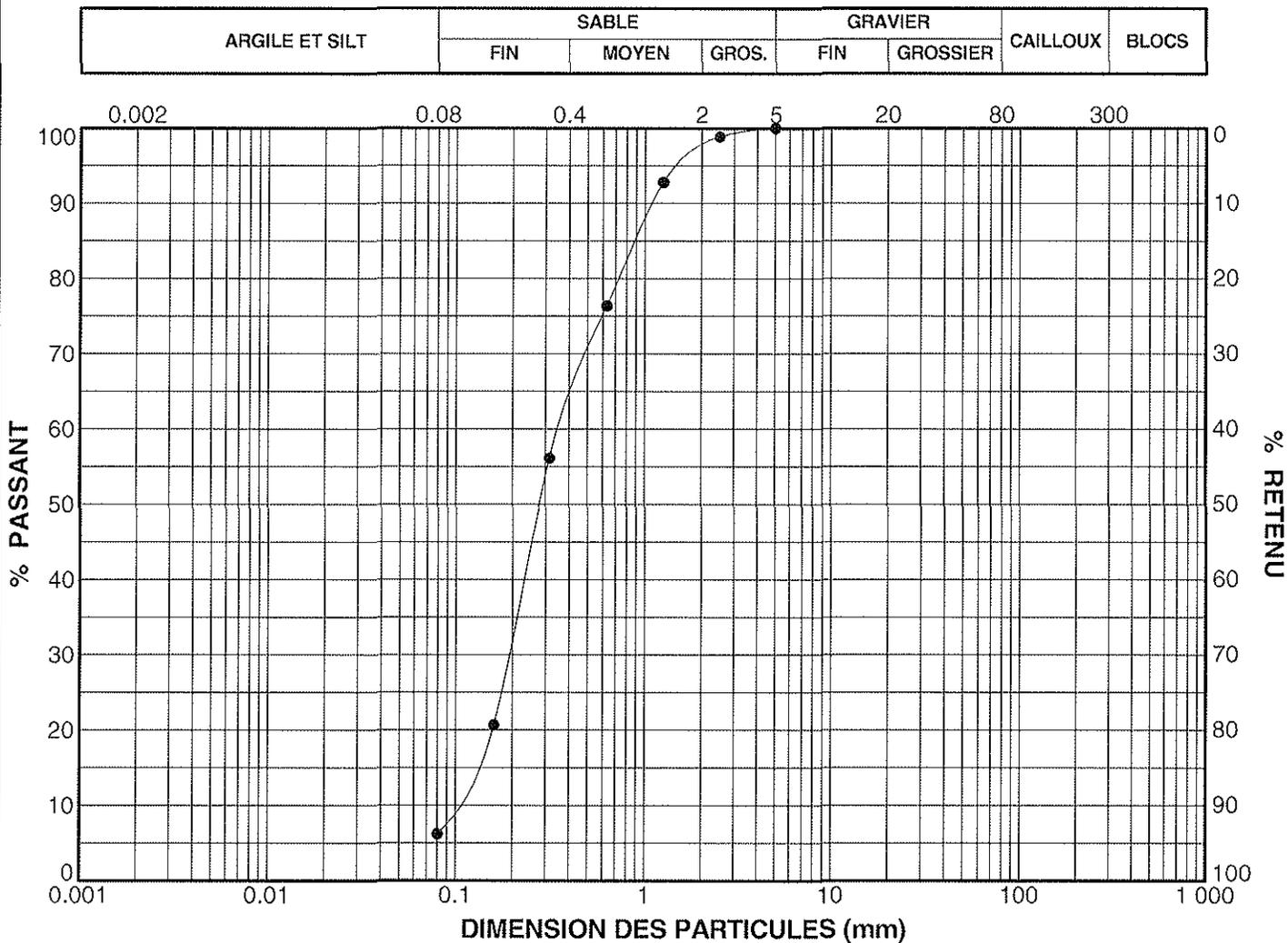
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
● B-1		à	7	93	0.4	Sable, traces de gravier, traces de silt.

REMARQUES:

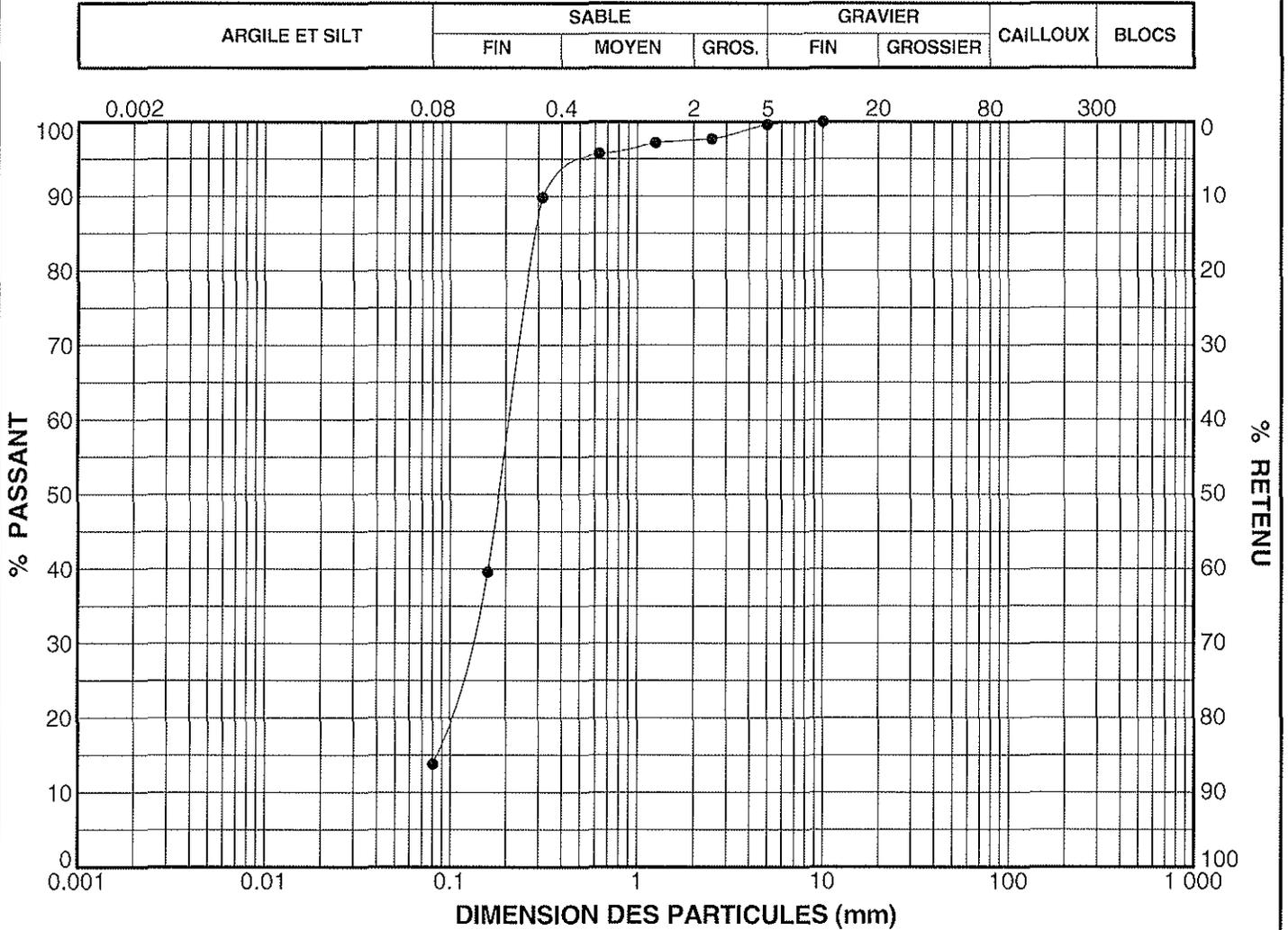
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	B-2	à	0	94	6.2	Sable, traces de silt. (tr. de matière organique)

REMARQUES:

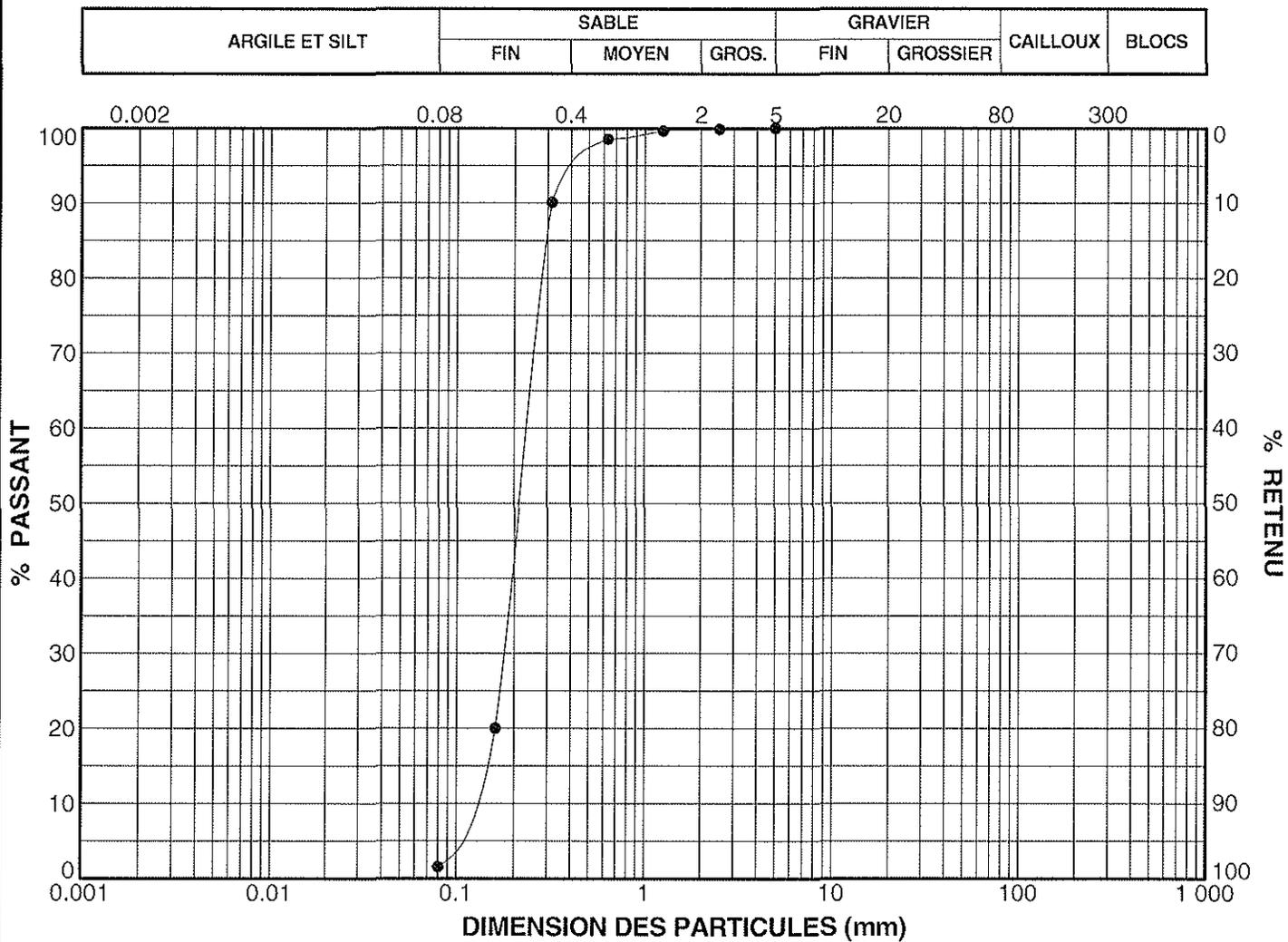
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	B-3		à	0	86	13.8	Sable, un peu de silt. (tr. débris de coquillages et matière organique)

REMARQUES:

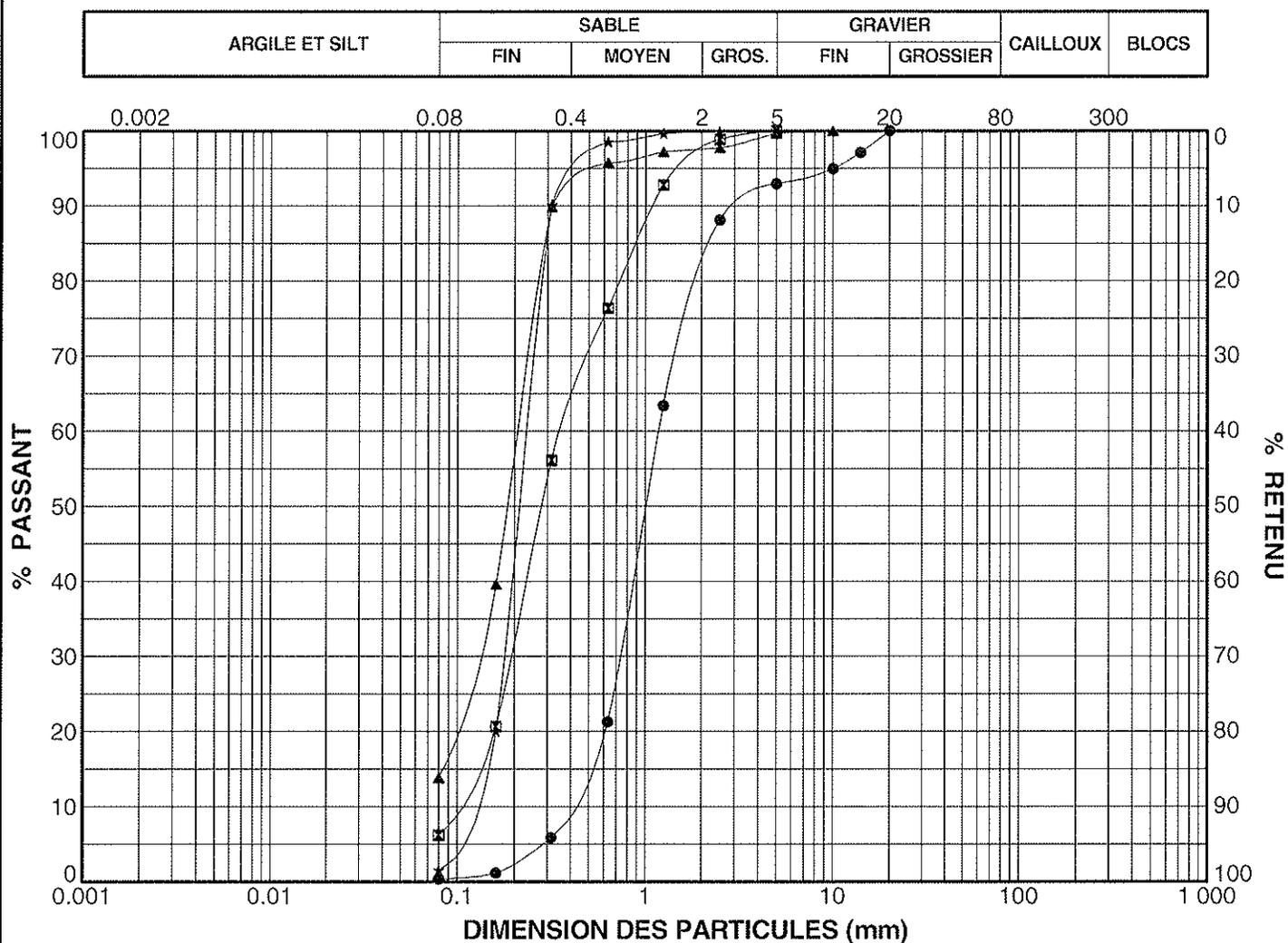
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	B-4	à	0	98	1.6	Sable, traces de silt.

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

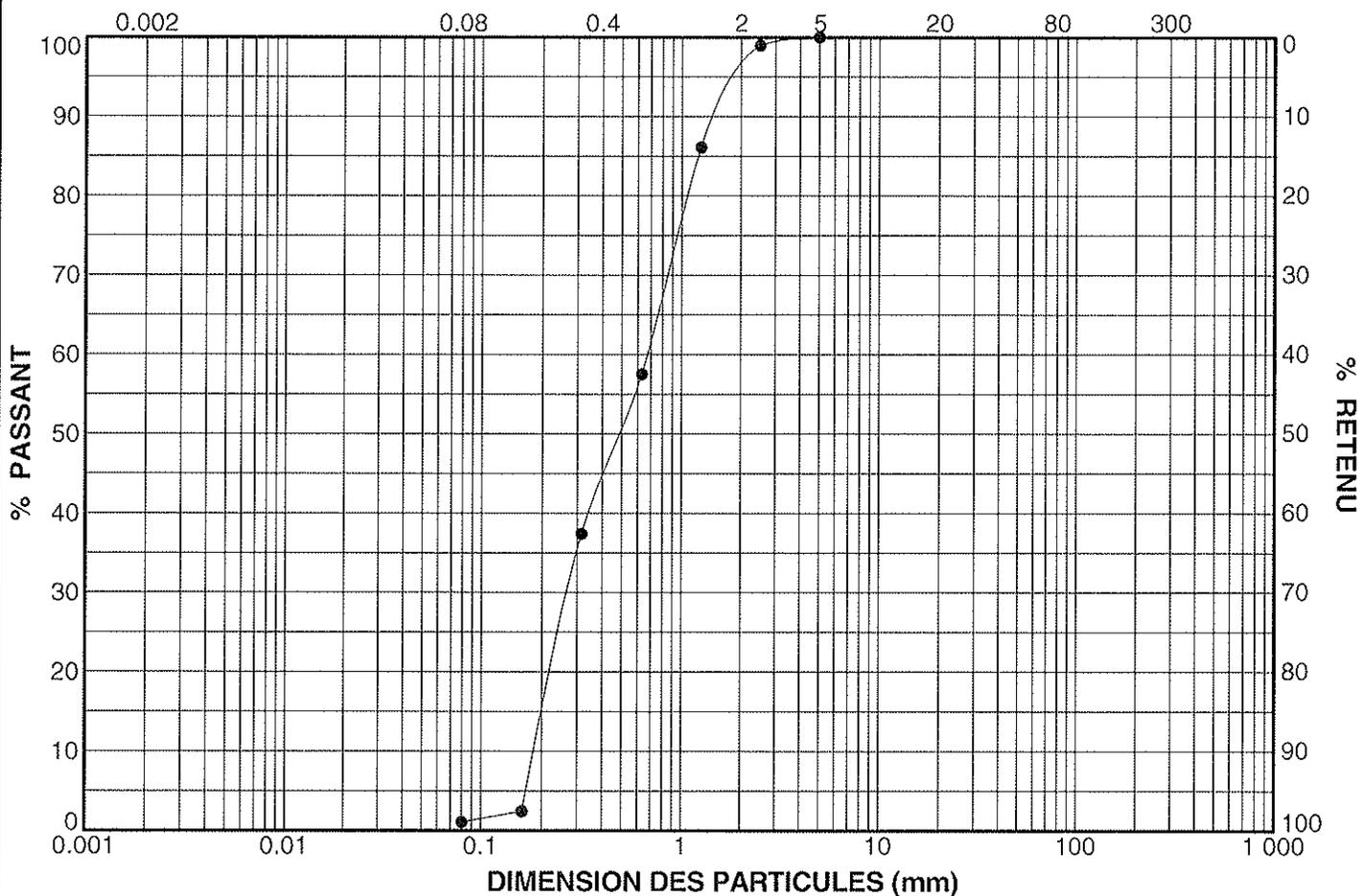


	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	B-1		à	7	93	0.4	Sable, traces de gravier, traces de silt.
■	B-2		à	0	94	6.2	Sable, traces de silt. (tr. de matière organique)
▲	B-3		à	0	86	13.8	Sable, un peu de silt. (tr. débris de coquillages et matière organique)
★	B-4		à	0	98	1.6	Sable, traces de silt.

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

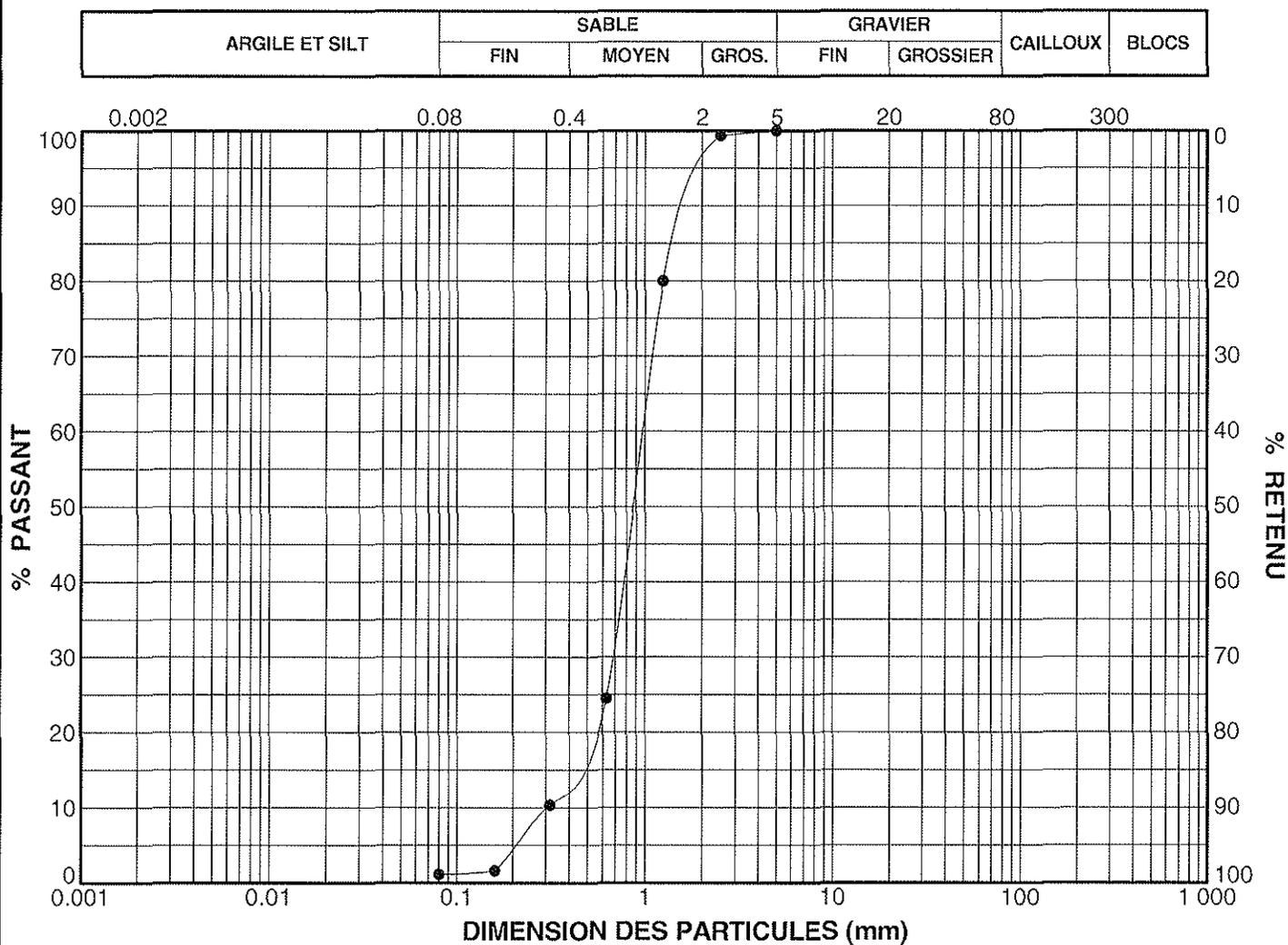
ARGILE ET SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX	BLOCS
	FIN	MOYEN	GROS.	FIN	GROSSIER		



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
● C-1		à	0	99	1.1	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

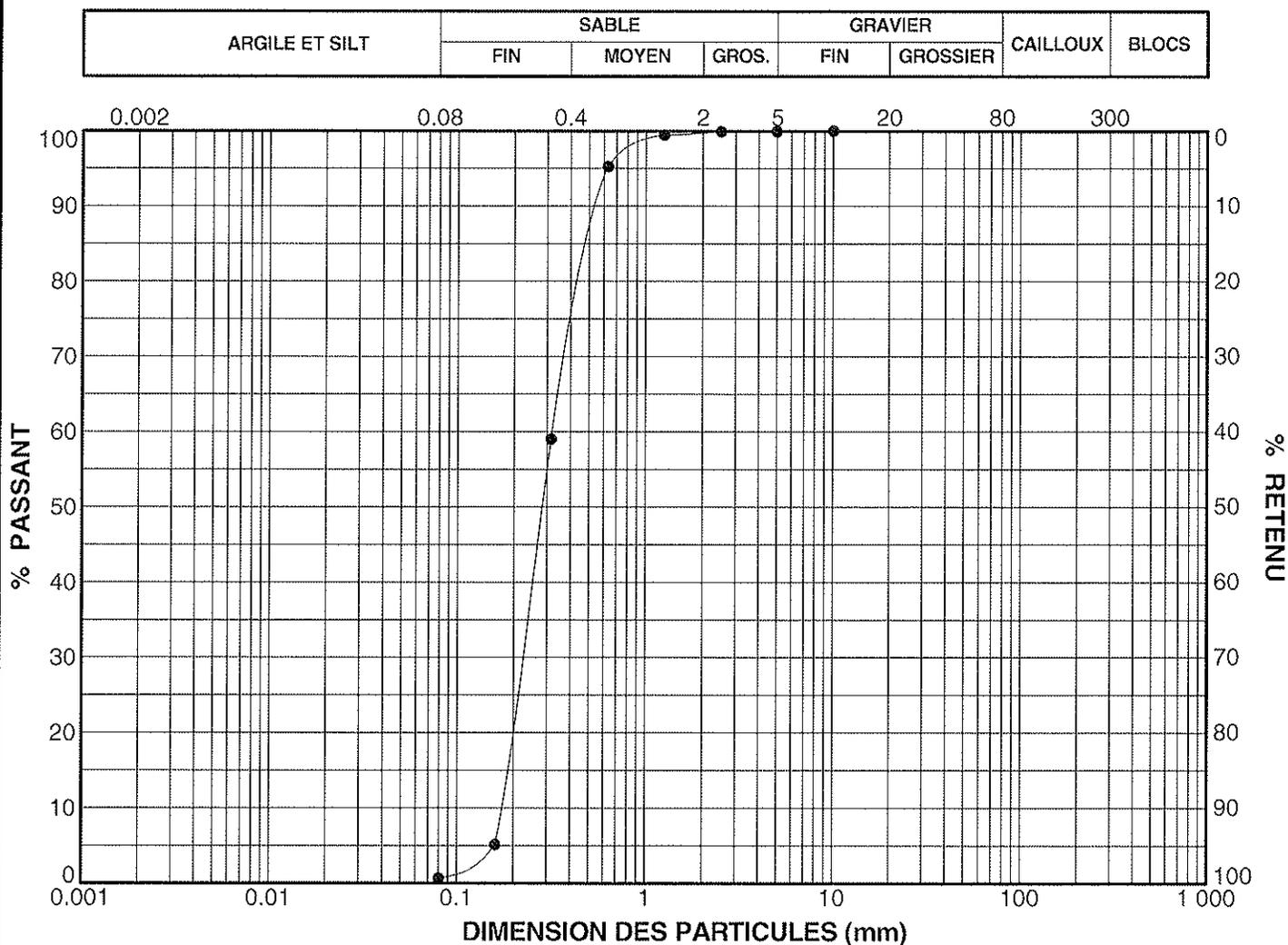
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	C-2		à	0	99	1.1	Sable, traces de silt.

REMARQUES:

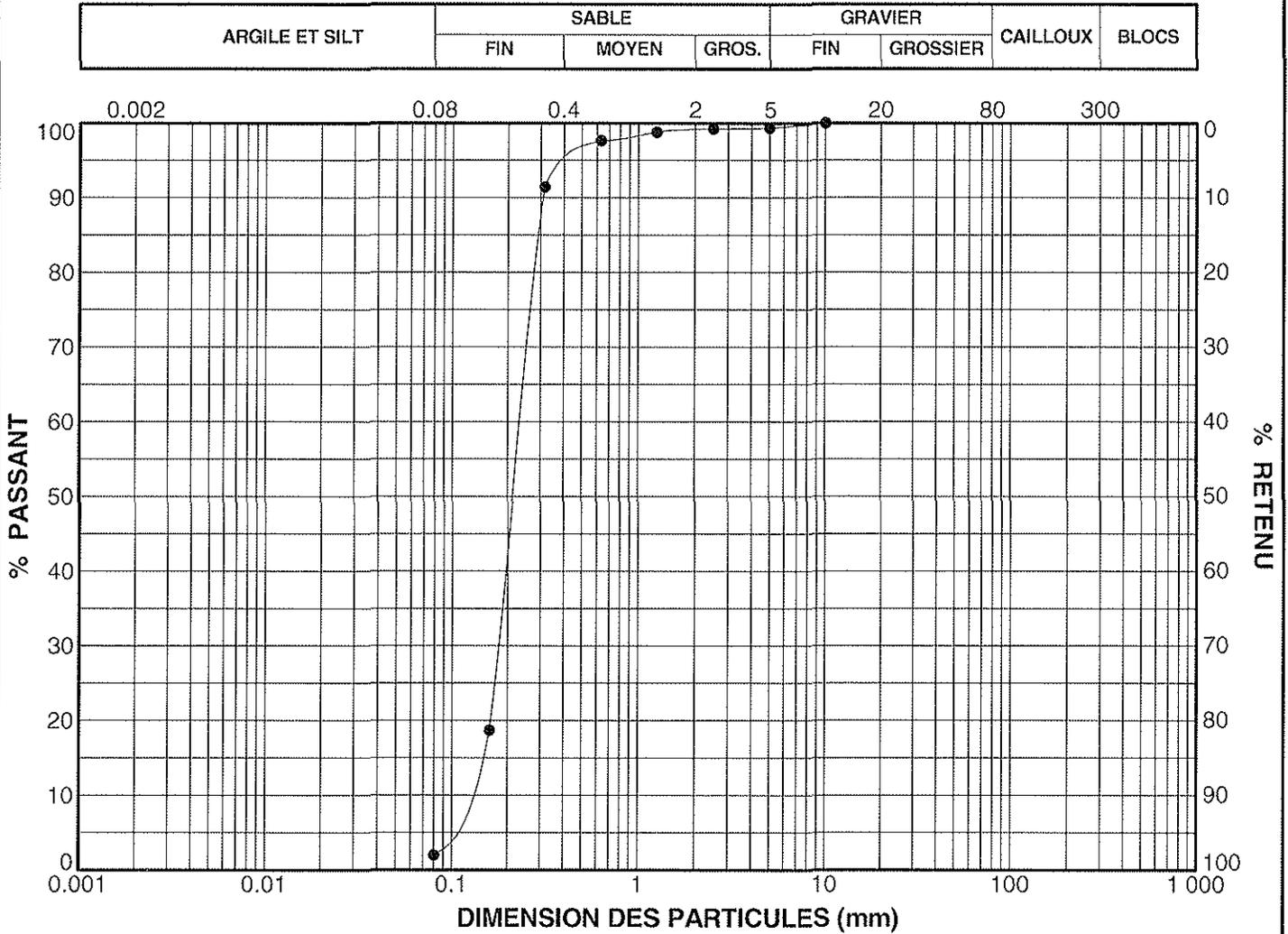
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	C-3	à	0	99	0.7	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

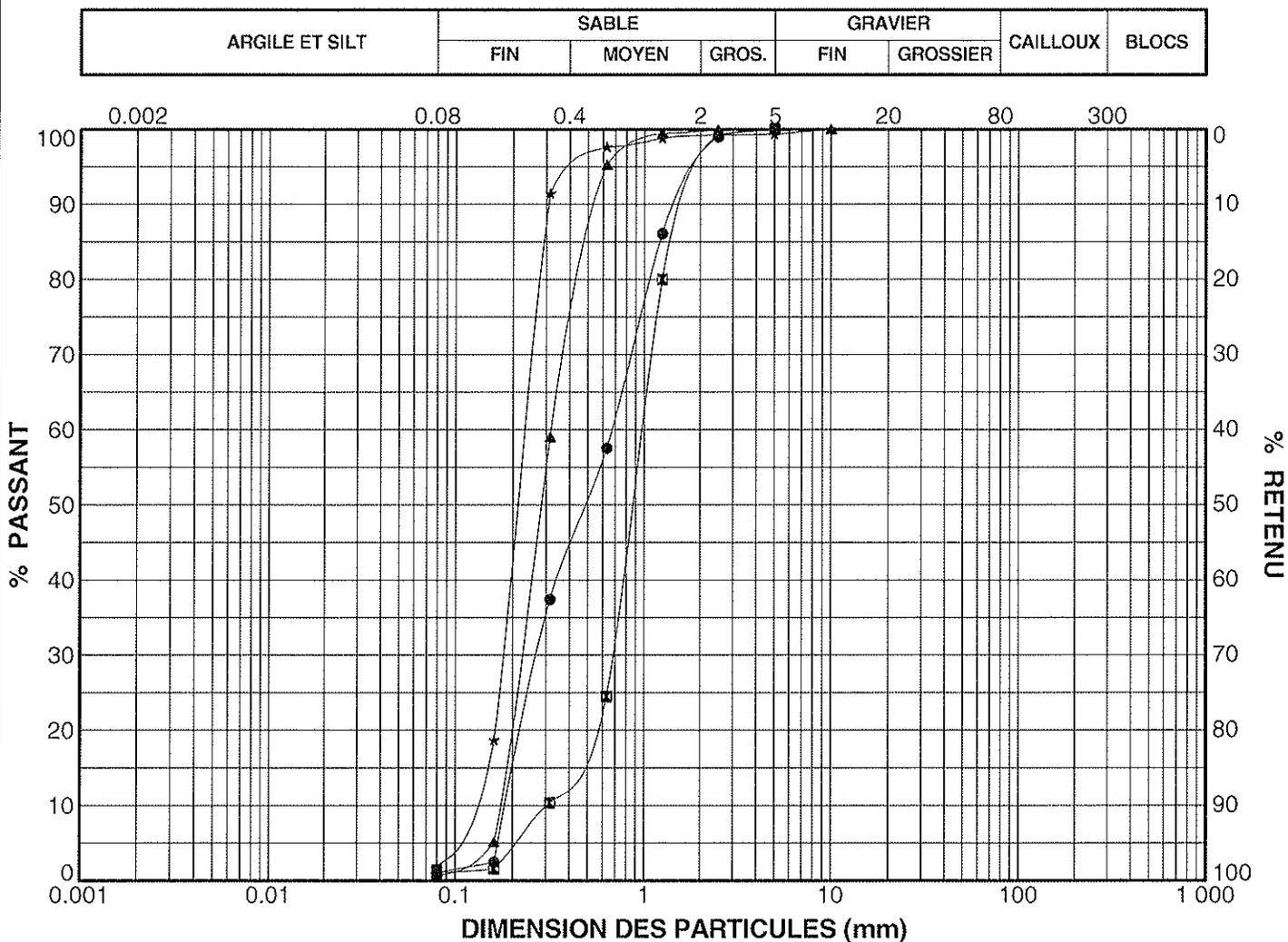
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	C-4		à	1	97	2.0	Sable, traces de silt, traces de gravier. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

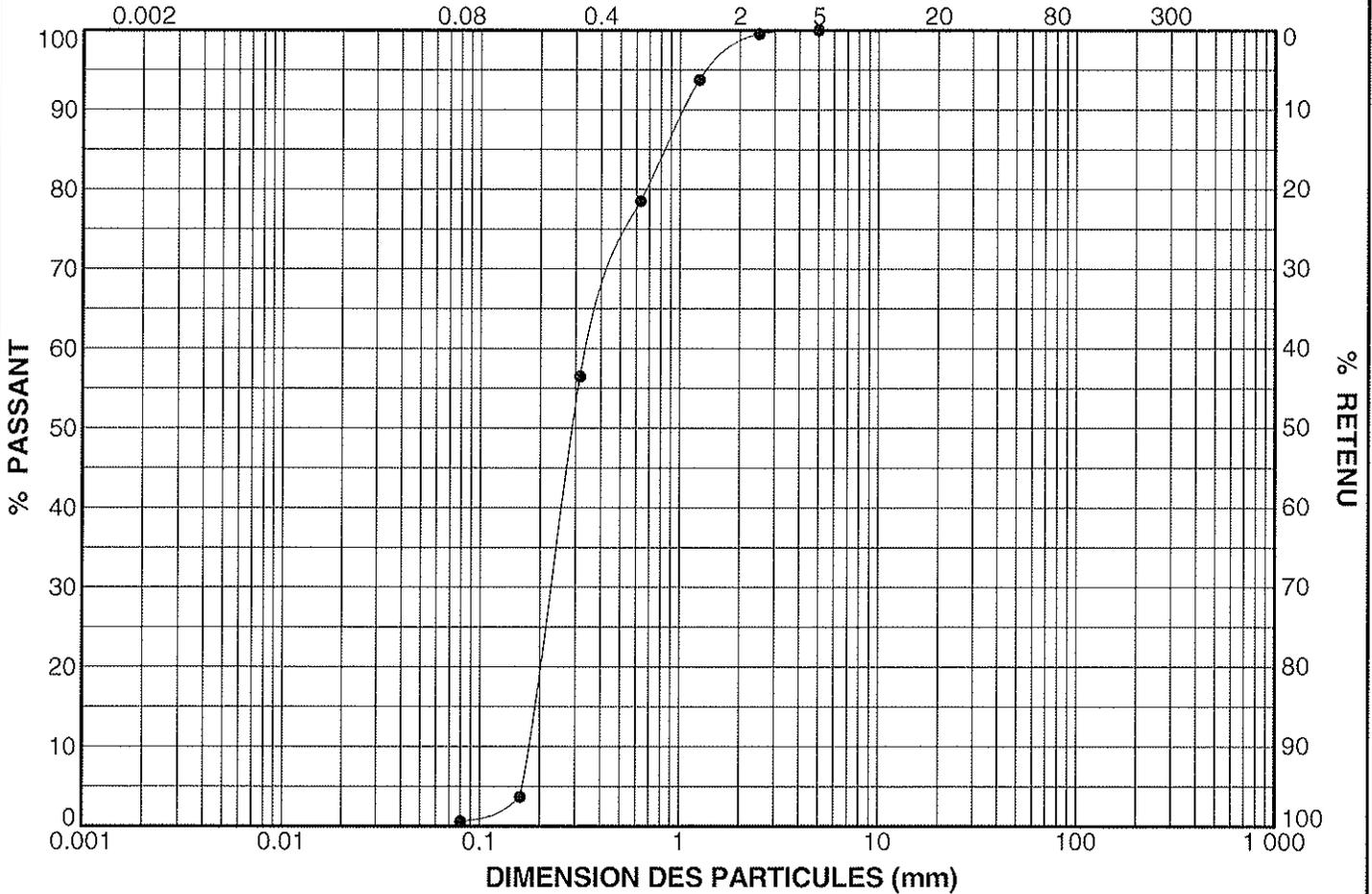


	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	C-1		à	0	99	1.1	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)
■	C-2		à	0	99	1.1	Sable, traces de silt.
▲	C-3		à	0	99	0.7	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)
★	C-4		à	1	97	2.0	Sable, traces de silt, traces de gravier. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

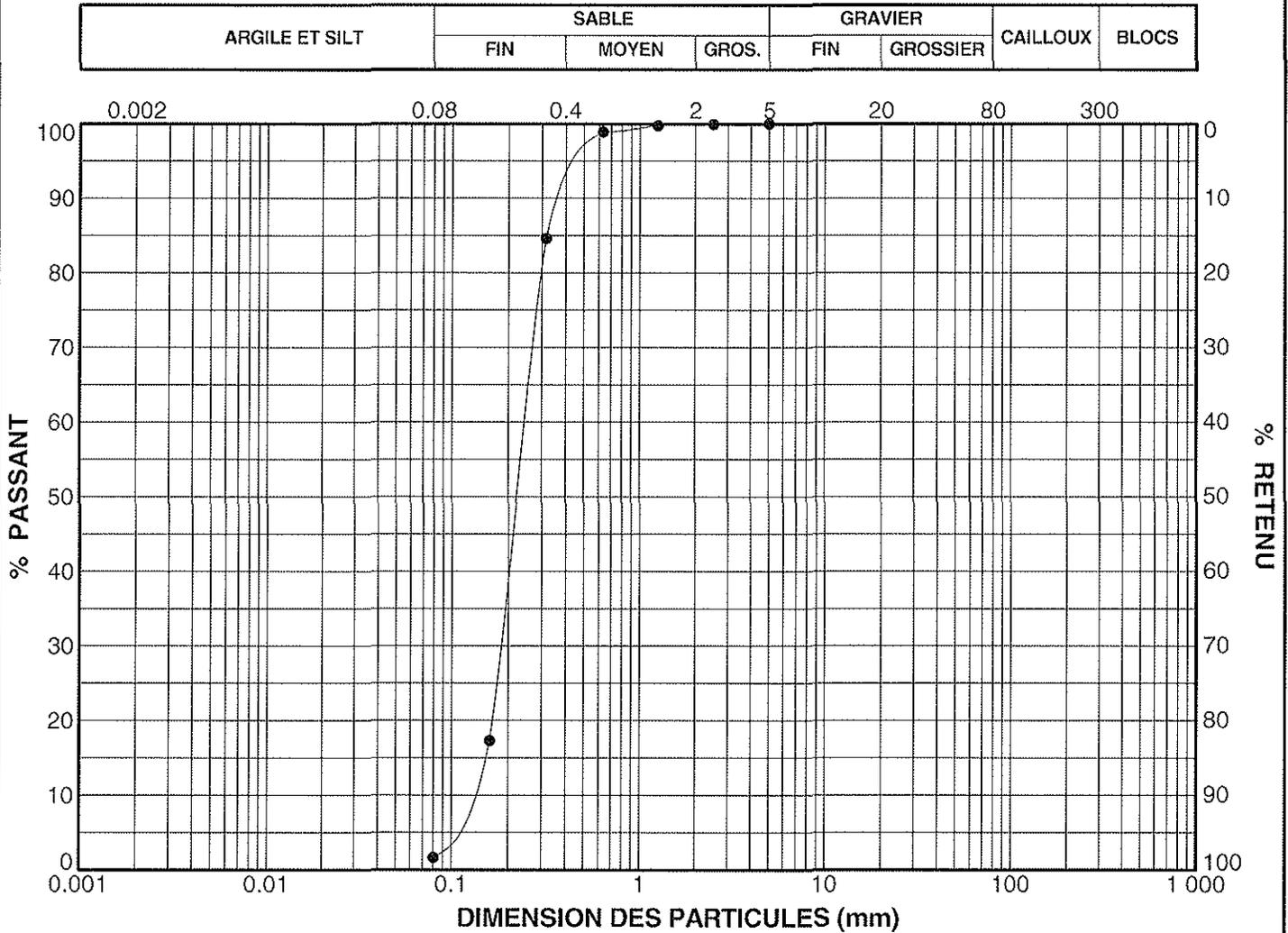
ARGILE ET SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX	BLOCS
	FIN	MOYEN	GROS.	FIN	GROSSIER		



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	D-1		à	0	99	0.6	Sable, traces de silt.

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

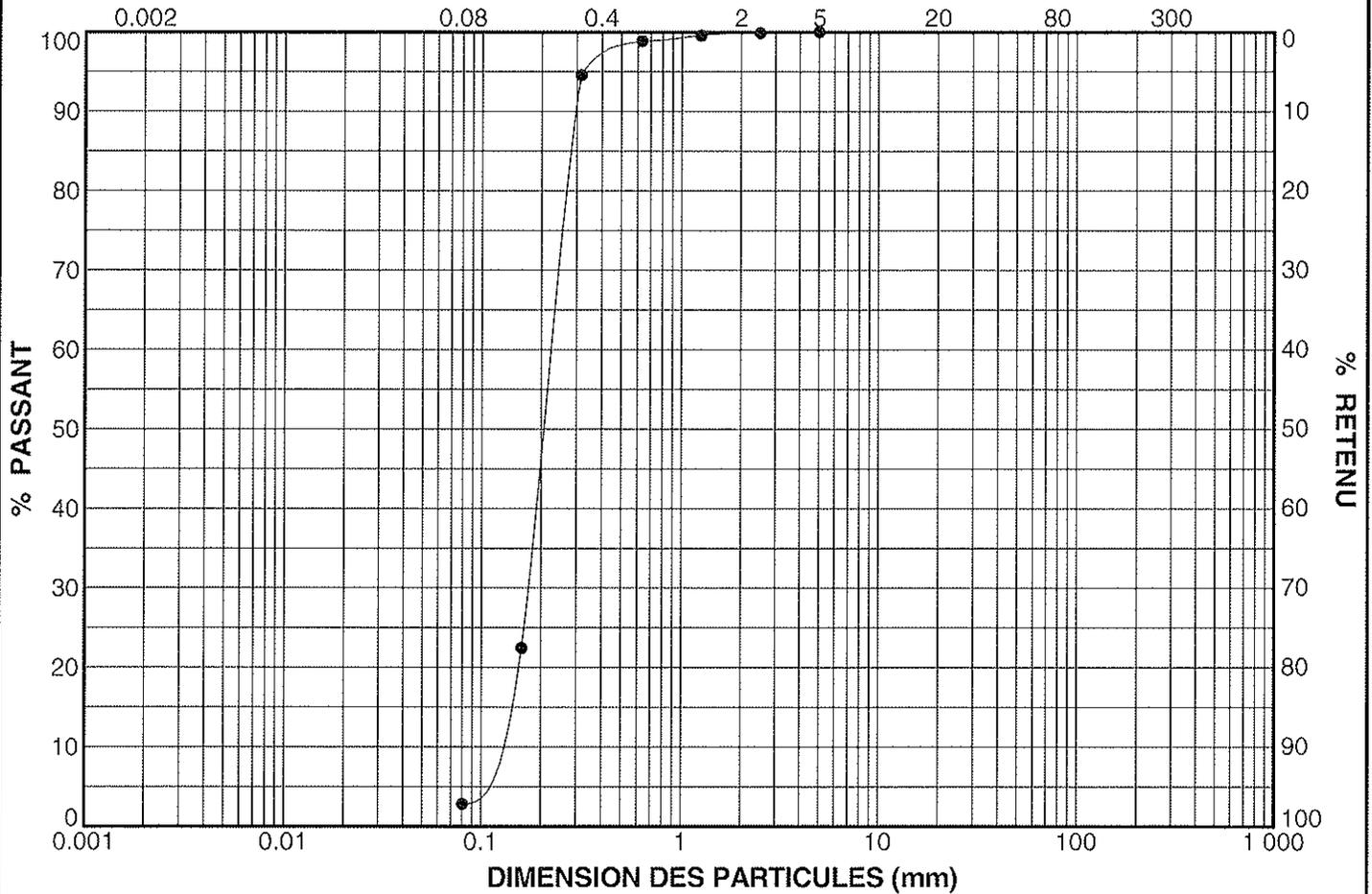


	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	D-2		à	0	98	1.6	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545

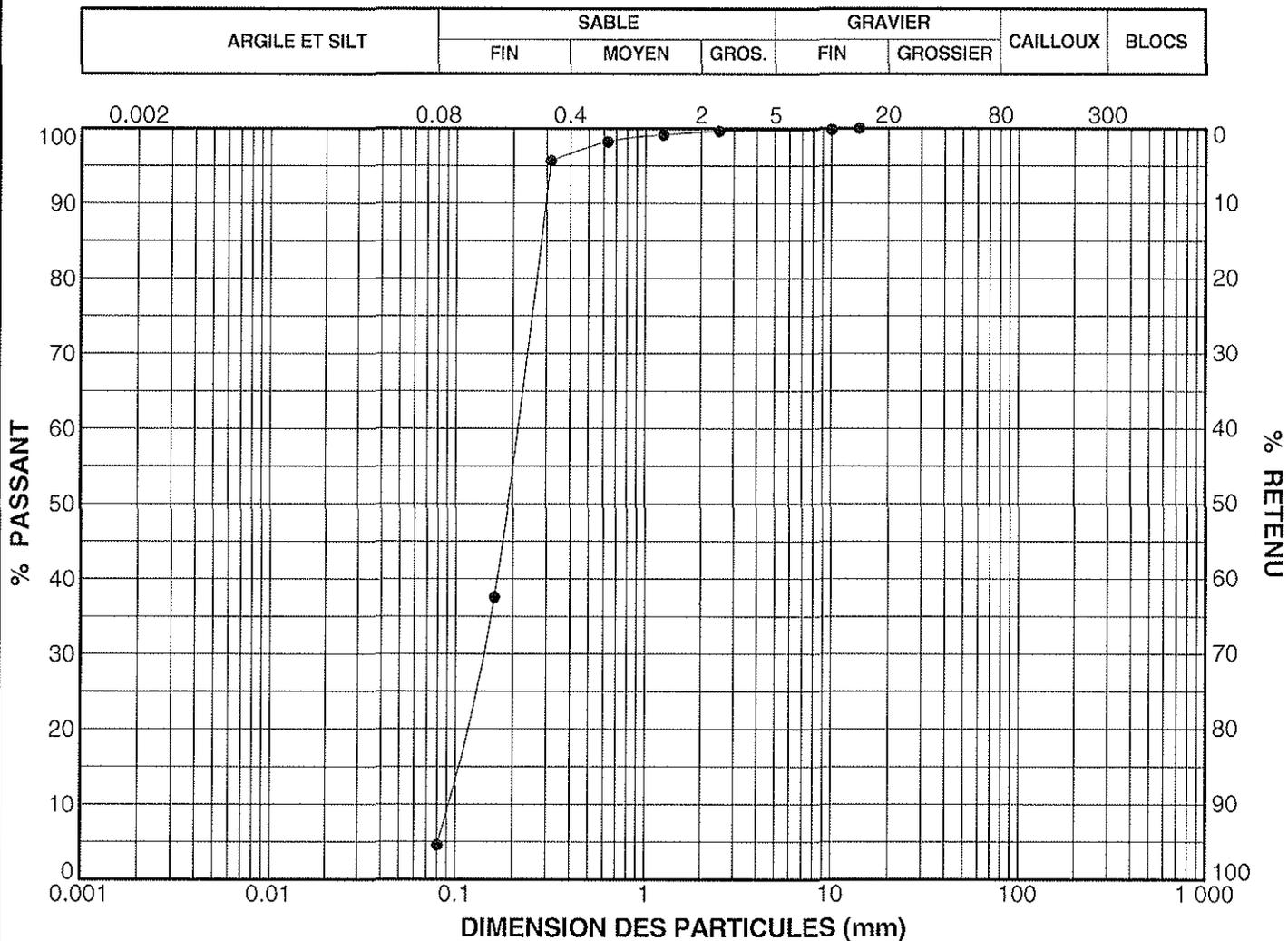
ARGILE ET SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX	BLOCS
	FIN	MOYEN	GROS.	FIN	GROSSIER		



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	D-3	à	0	97	2.8	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

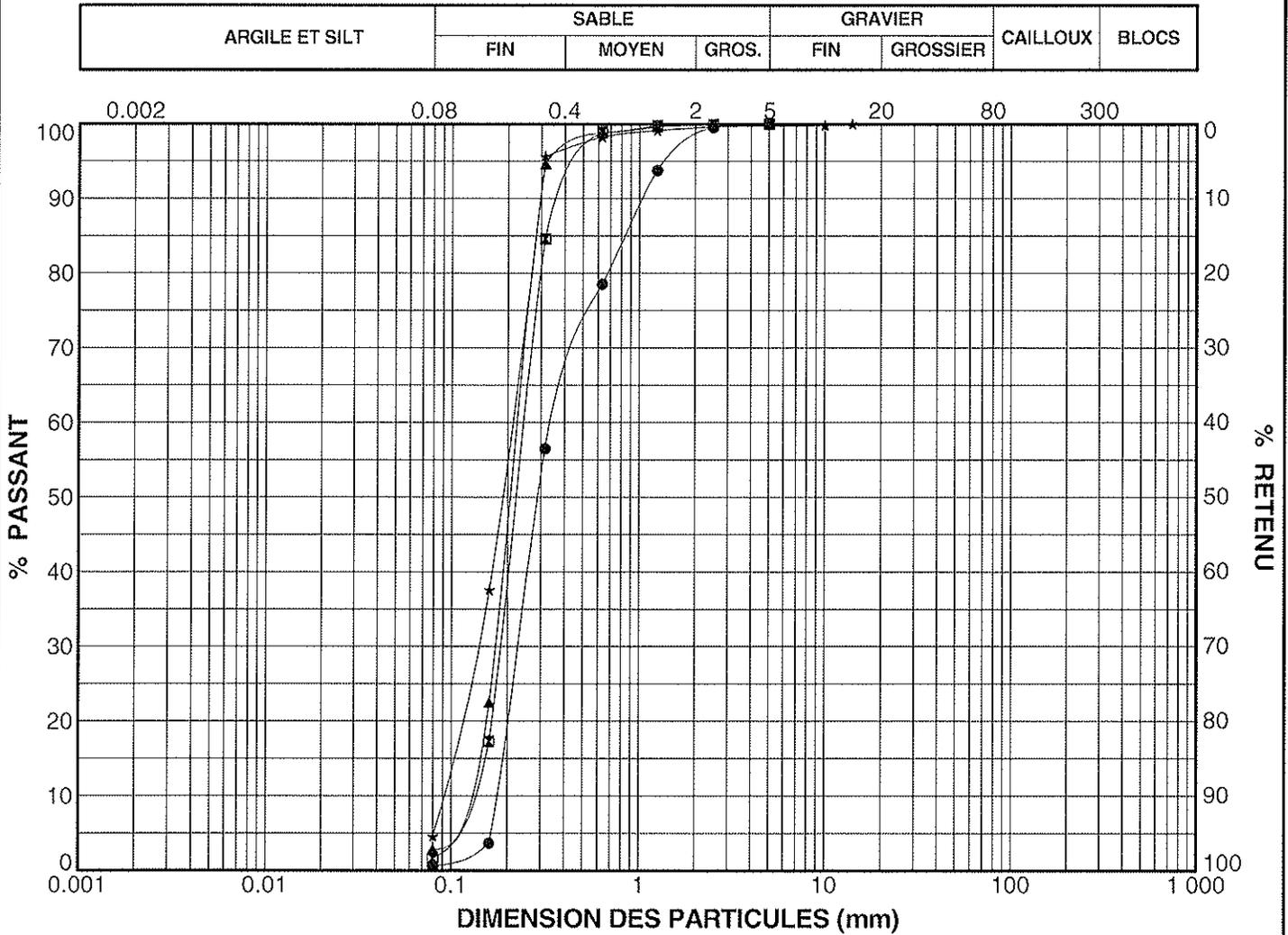
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
● D-4		à	0	95	4.6	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

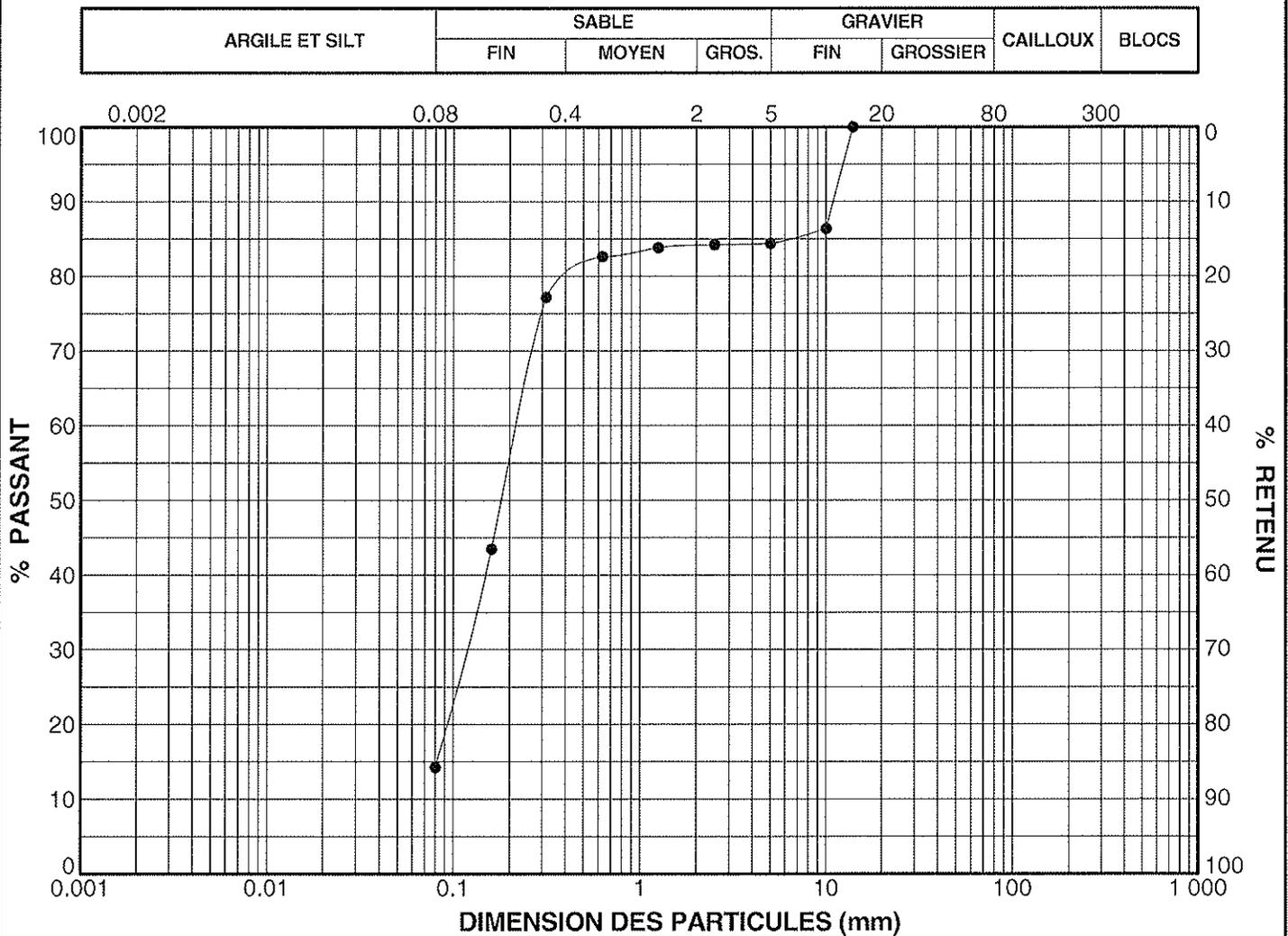
CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	D-1		à	0	99	0.6	Sable, traces de silt.
■	D-2		à	0	98	1.6	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)
▲	D-3		à	0	97	2.8	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)
★	D-4		à	0	95	4.6	Sable, traces de silt. (tr. débris de coquillages)

REMARQUES:

CLIENT : Génivar
 PROJET : Compagnie Minière IOC
 ENDROIT : Quai no.2
 DOSSIER : 10-8545



	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt et argile (%)	Description
●	X-1		à	16	70	14.2	Sable, un peu de silt. (particules sphériques et matière organique)

REMARQUES:

ANNEXE 2

Analyse de la teneur en fer des échantillons prélevés dans le secteur du quai n° 2 en 2010



Certificat d'analyses

Numéro de demande d'analyse: 10-333831



Demande d'analyse reçue le: 2010-06-23

Date d'émission du certificat: 2010-07-01

Numéro de version du certificat: 1

- Certificat d'analyse officiel
 Certificat d'analyse préliminaire

Requérant

GENIVAR (LEBOURGNEUF)

1175, BOUL. LEBOURGNEUF, 3 IEME ÉTAGE

QUEBEC, QUÉBEC, CAN

G2K 0B4

Téléphone : (418) 780-0878

Télécopieur : (418) 780-4182

Bon de commande	Votre Projet	Chargé de Projet
154613	Q124219-400	M. Steve Renaud

Commentaires

Cette version remplace et annule toute version antérieure, le cas échéant.

NA : Information non-fournie et/ou non-applicable

AVIS DE CONFIDENTIALITÉ : Ce document est à l'usage exclusif du requérant ci-dessus et est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire, soyez avisé que tout usage, reproduction, ou distribution de ce document est strictement interdit. Si vous avez reçu ce document par erreur, veuillez nous en informer immédiatement. / **CONFIDENTIALITY NOTICE :** This document is intended for the addressee only and is considered confidential. If you are not the addressee, you are hereby notified that any use, reproduction or distribution of this document is strictly prohibited. If you have received this document by error, please notify us immediately.





Certificat d'analyses

Client: **GENIVAR (LEBOURGNEUF)** Numéro de demande: **10-333831**

Bon de commande	Votre Projet	Chargé de Projet
154613	Q124219-400	M. Steve Renaud

Échantillon(s)

No Labo.	1480306	1480307	1480309	1480310
Votre Référence	X1	A1	A3	A4
Matrice	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
Prélevé par	M. Marc Pelletier	M. Marc Pelletier	M. Marc Pelletier	M. Marc Pelletier
Lieu de prélèvement	Sept-Îles	Sept-Îles	Sept-Îles	Sept-Îles
Prélevé le	2010-06-16	2010-06-16	2010-06-16	2010-06-16
Reçu Labo	2010-06-23	2010-06-23	2010-06-23	2010-06-23
Paramètre(s)				
Méthode				
Référence				
Fer (Fe)	Préparation	2010-06-28	2010-06-28	2010-06-28
QC087-07 / Digestion acide, dosage ICP	Analyse	2010-06-30	2010-06-30	2010-06-30
Résultat sur base sèche				
MA. 200 - Mét 1.1 R4	No. séquence	315123	315123	315123
Fer (Fe)	mg/kg	24000	13000	27000





Certificat d'analyses

Client: **GENIVAR (LEBOURGNEUF)** Numéro de demande: **10-333831**

Bon de commande	Votre Projet	Chargé de Projet
154613	Q124219-400	M. Steve Renaud

Échantillon(s)

No Labo.	1480311	1480312	1480313	1480314
Votre Référence	B1	B2	B3	B4
Matrice	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
Prélevé par	M. Marc Pelletier	M. Marc Pelletier	M. Marc Pelletier	M. Marc Pelletier
Lieu de prélèvement	Sept-Îles	Sept-Îles	Sept-Îles	Sept-Îles
Prélevé le	2010-06-15	2010-06-16	2010-06-16	2010-06-16
Reçu Labo	2010-06-23	2010-06-23	2010-06-23	2010-06-23

Paramètre(s)

Méthode					
Référence					
Fer (Fe)	Préparation	2010-06-28	2010-06-28	2010-06-28	2010-06-28
QC087-07 / Digestion acide, dosage ICP	Analyse	2010-06-30	2010-06-30	2010-06-30	2010-06-30
Résultat sur base sèche					
MA. 200 - Mét 1.1 R4	No. séquence	315123	315123	315123	315123
Fer (Fe)	mg/kg	10000	11000	15000	9700

Note: Ces résultats et commentaires, le cas échéant, ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour l'analyse des paramètres ci-dessus mentionné


Alain Perron, chimiste






Certificat d'analyses

Client: **GENIVAR (LEBOURGNEUF)** Numéro de demande: **10-333831**

Bon de commande	Votre Projet	Chargé de Projet
154613	Q124219-400	M. Steve Renaud

Résultats du Contrôle de Qualité (CQ)

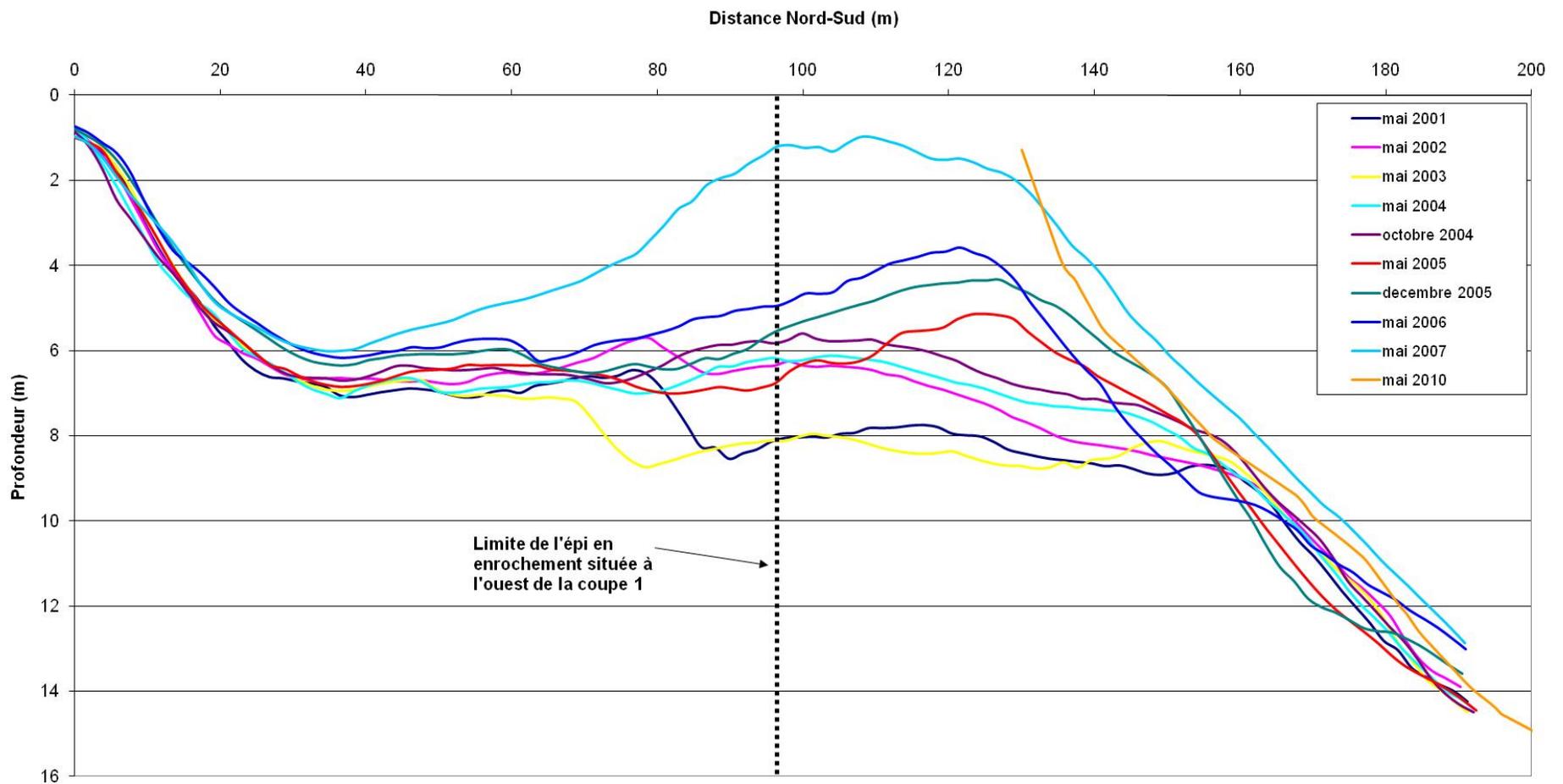
Paramètres (No.Séquence)	Unité	LDR	Blanc	Contrôle certifié	
				Obtenu	Attendu (Intervalle)
Fer (Fe) No Séquence: 315123					
Fer (Fe)	mg/kg	< 50	55	11000	7013 - 13023

Commentaires CQ

Séquence no. 315123 : Fe et Mo : Blanc positif non soustrait des échantillons

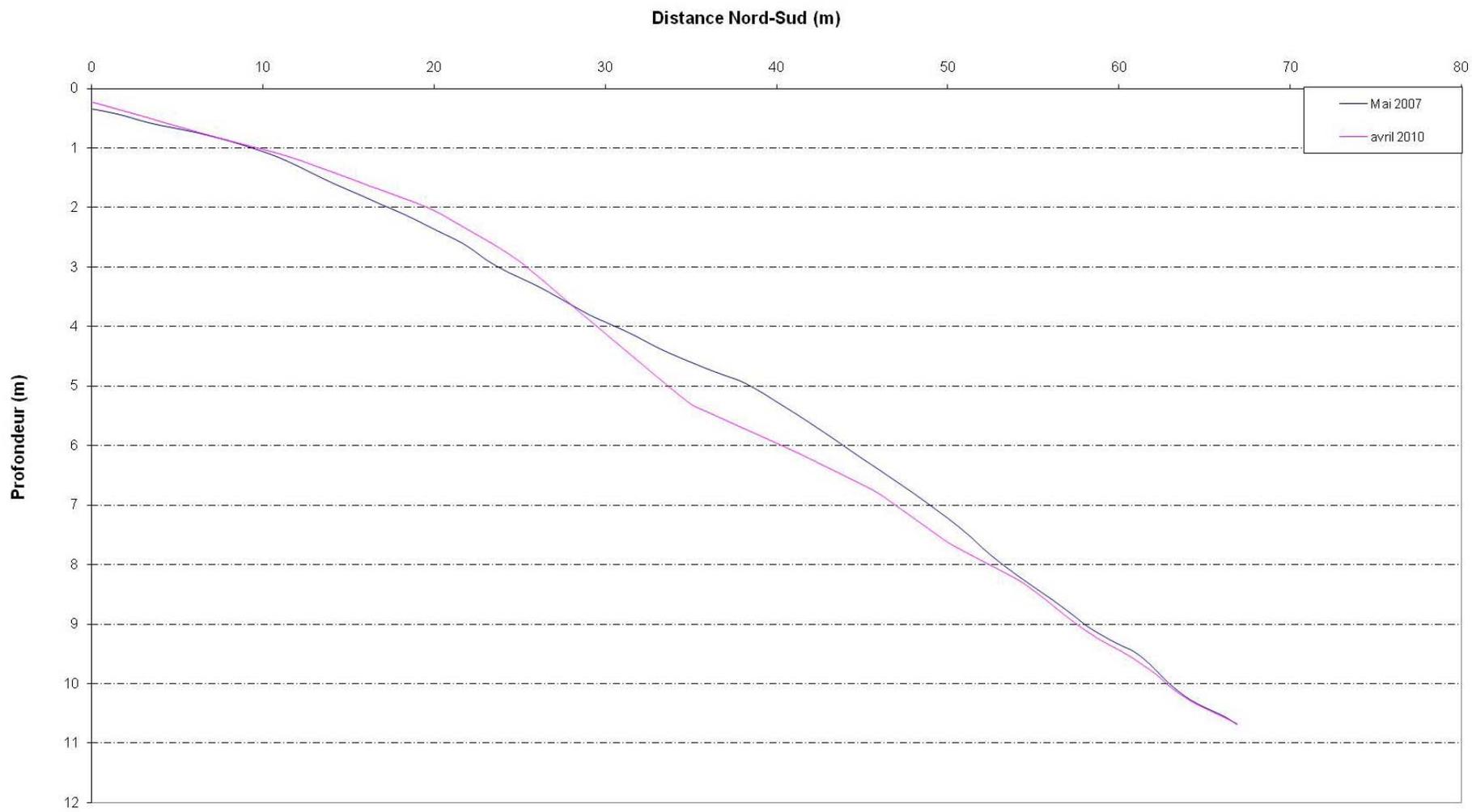
ANNEXE 3

Évolution des profils bathymétriques au Bassin des Remorqueurs

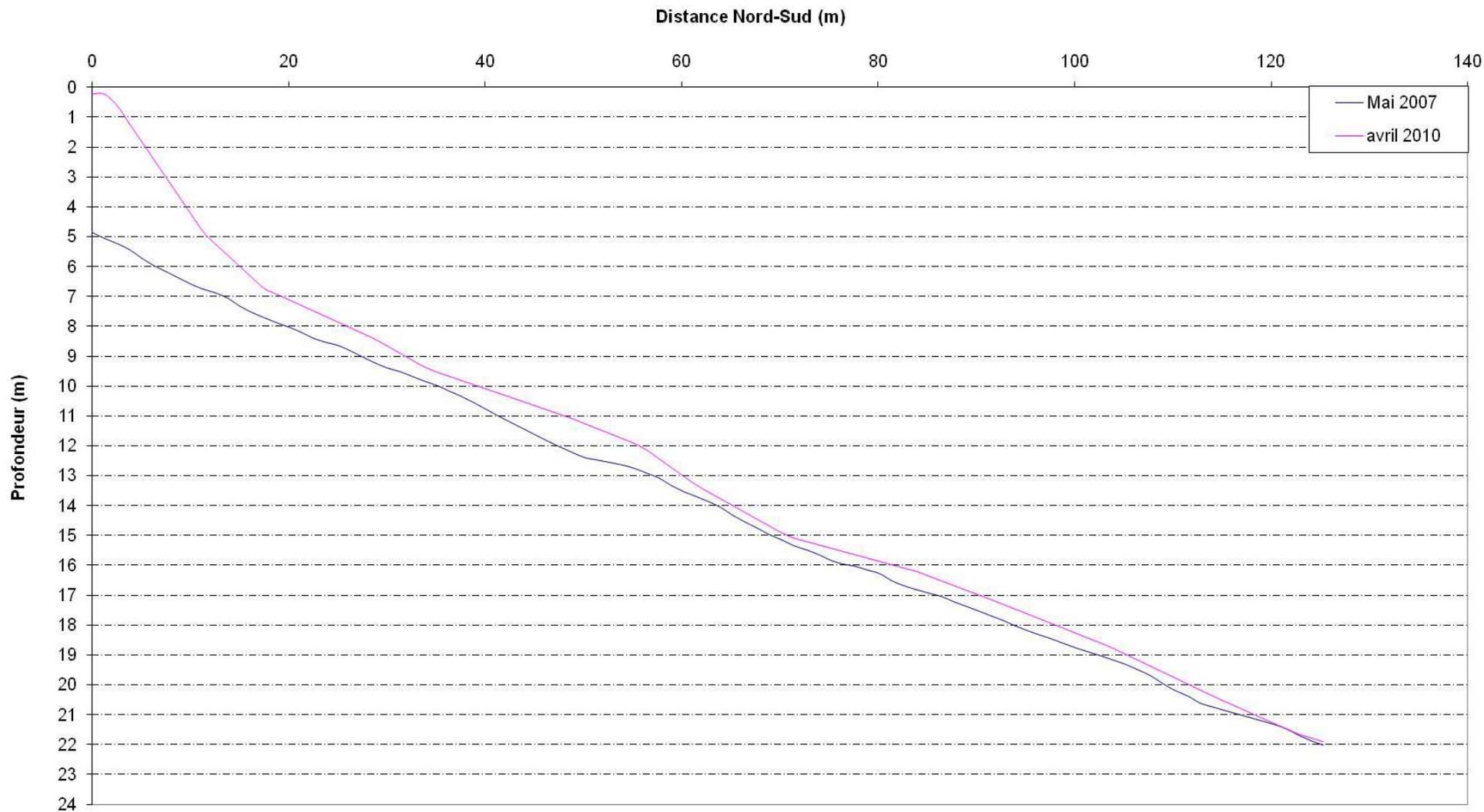


coupe 1 - évolution bathymétrique annuelle (période 2001 à 2010)

Coupe 1 – Évolution bathymétrique annuelle (période 2001 à 2010).



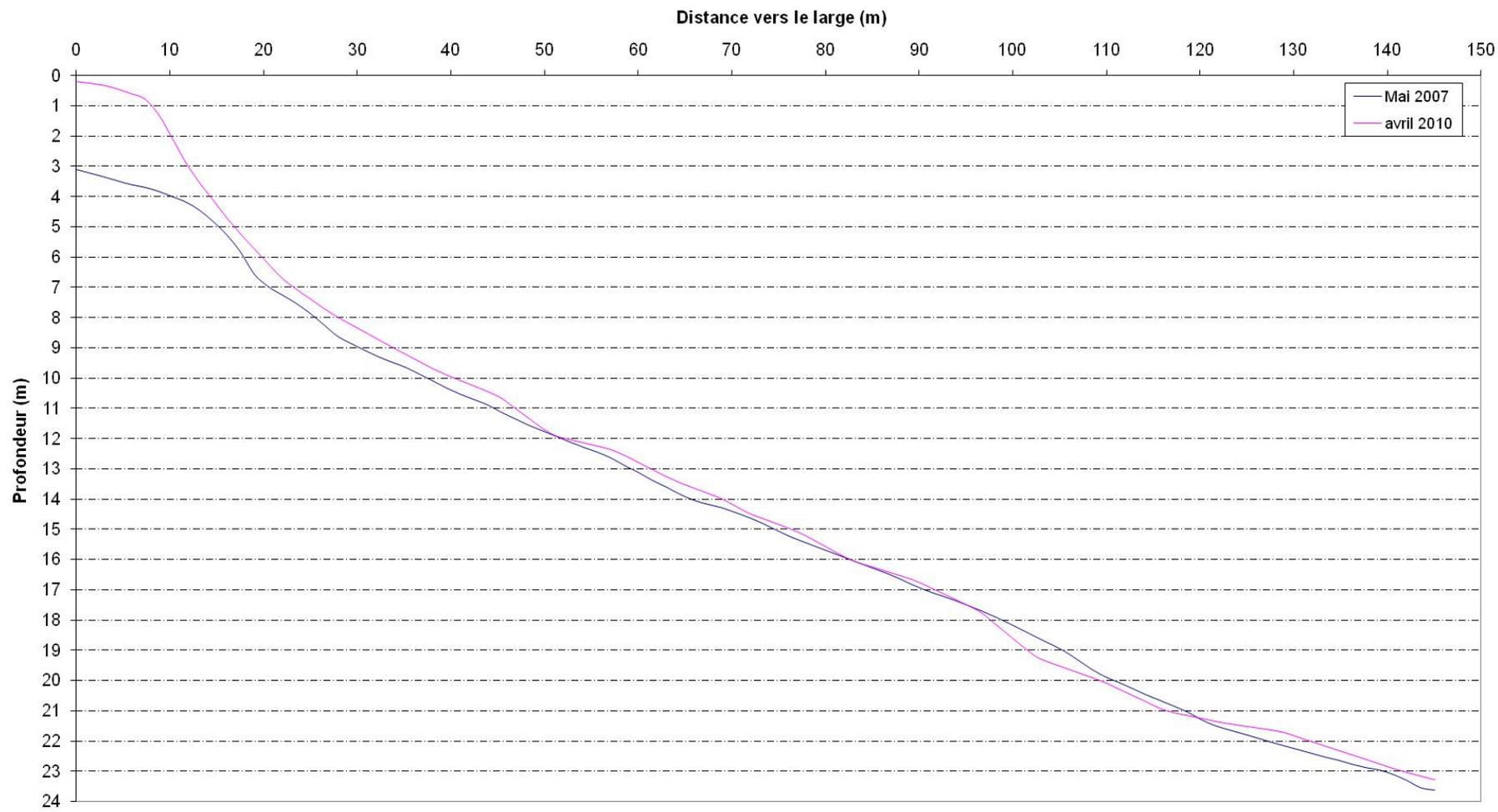
Coupe 2 – Évolution bathymétrique annuelle (période 2001 à 2010).



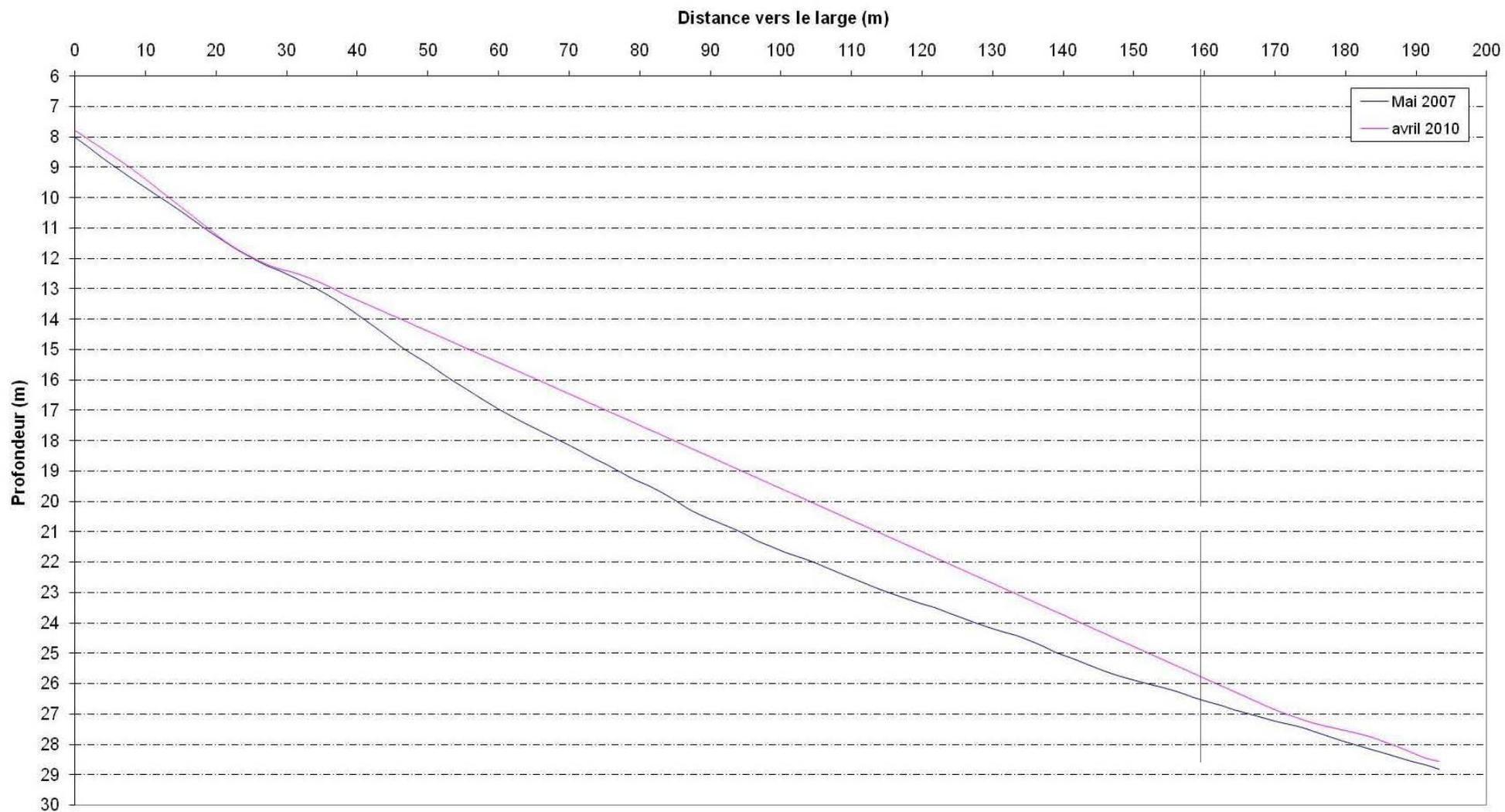
Coupe 3 – Évolution bathymétrique (entre 2007 et 2010).

ANNEXE 4

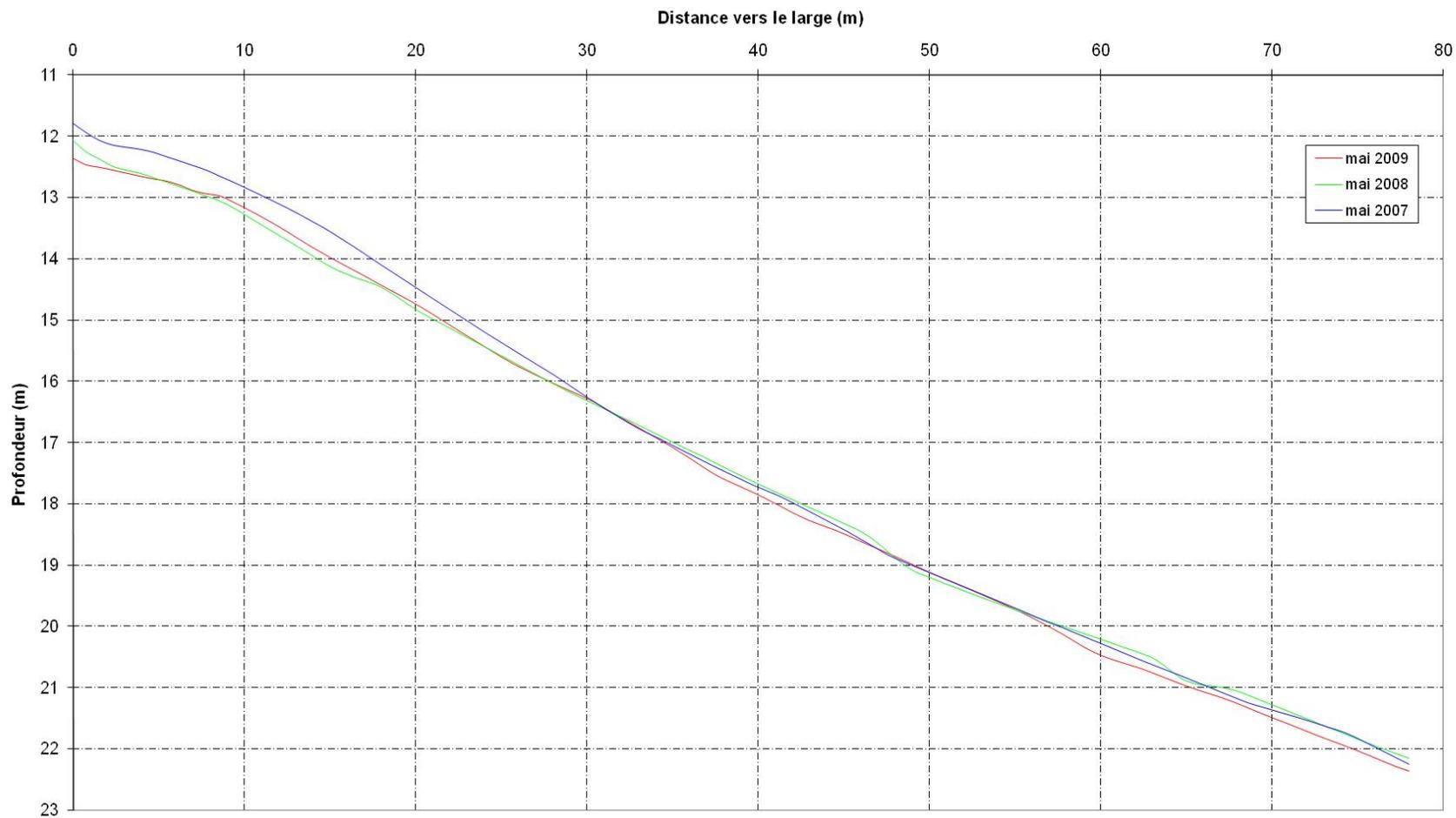
Évolution des profils bathymétriques situés entre le Bassin des Remorqueurs et le quai n° 2



Coupe 4 – Évolution bathymétrique (entre 2007 et 2010).



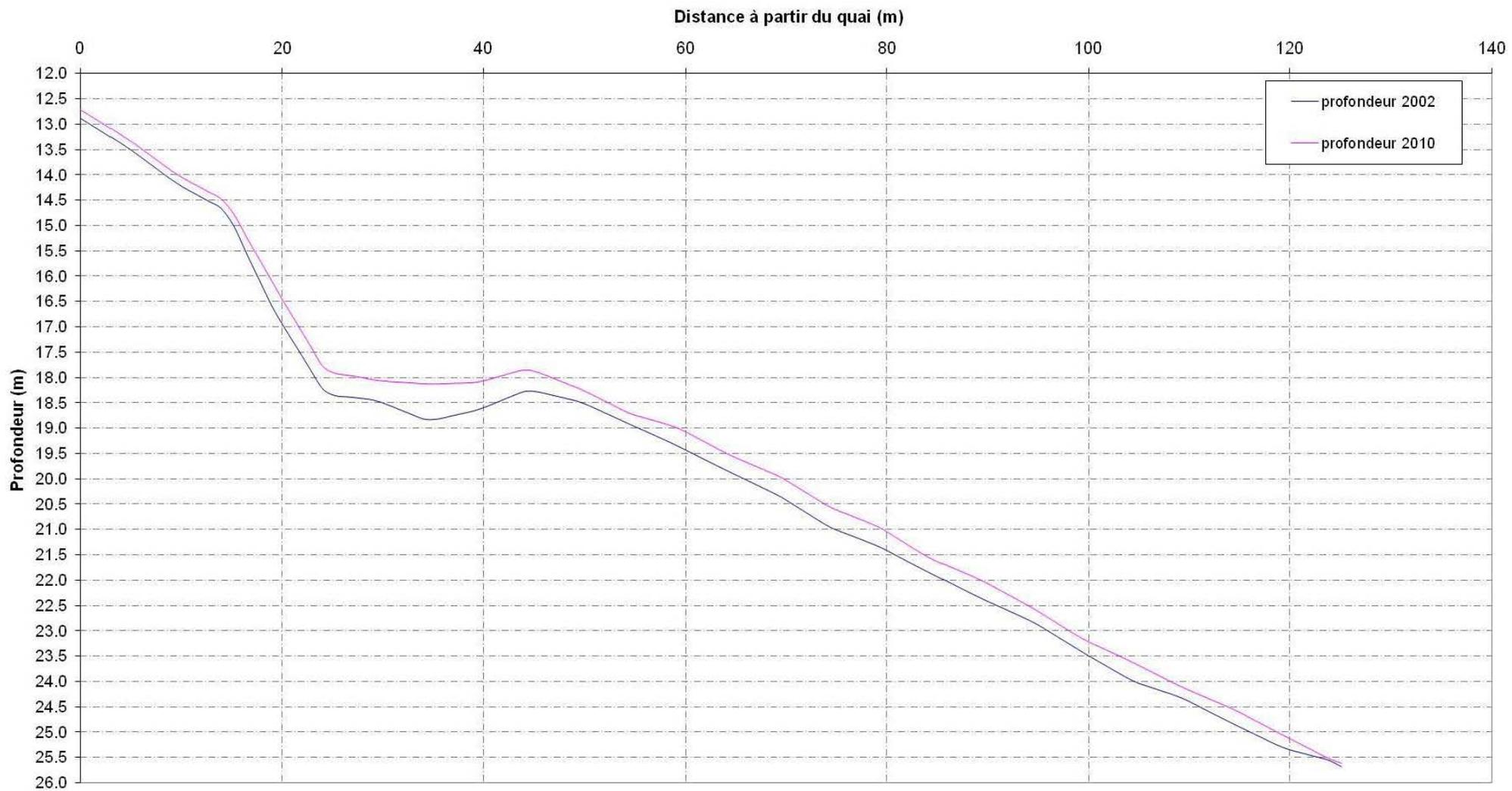
Coupe 5 – Évolution bathymétrique (entre 2007 et 2010).



Coupe 6 – Évolution bathymétrique de 2007 à 2009.

ANNEXE 5

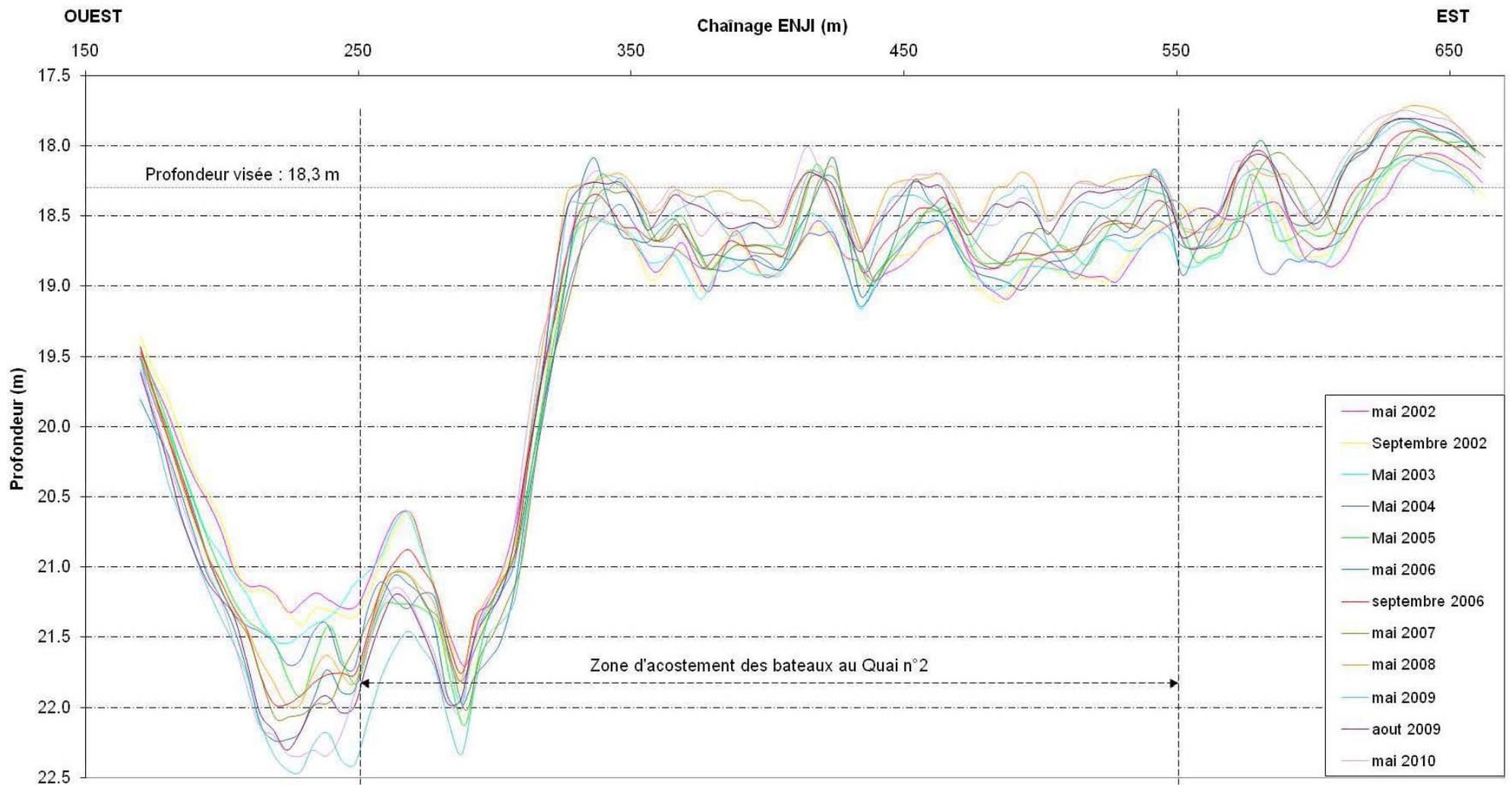
Évolution des profils bathymétriques au quai n° 2



Coupe 7 – Évolution bathymétrique de 2007 à 2009.



Coupe 8 – Évolution bathymétrique de 2007 à 2009.



Coupe 9 – Évolution bathymétrique de 2007 à 2010.

ANNEXE 6

CD - Données GENIVAR en 2010

