

Implantation d'un terminal méthanier à Lévis Étude d'impact sur l'environnement

Complément à l'étude d'impact sur l'environnement

**Réponses aux questions et commentaires
des agences réglementaires**

Addenda H – État de référence du niveau sonore sous-marin

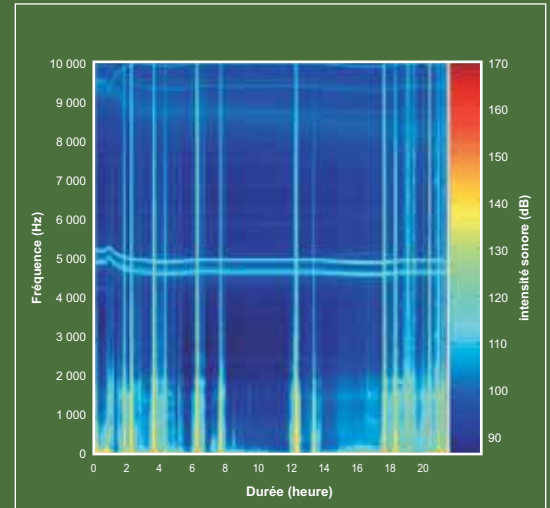


**SNC•LAVALIN
Environnement**

Octobre 2006

État de référence du niveau sonore sous-marin – Terminal méthanier *Projet Rabaska*

Été 2006



Octobre 2006

*État de référence du niveau sonore
sous-marin – Terminal méthanier
Projet Rabaska
Été 2006
Rapport final*

Présentée à SNC-Lavalin Environnement

Par Environnement Illimité inc.

Octobre 2006

ÉQUIPE DE TRAVAIL

SNC-Lavalin Environnement inc.

Chargé de projet Yves Comtois

Environnement Illimité inc.

Analyse, interprétation et rédaction

Directeur de projet Marc Gendron, M.Sc., biologiste

Chargé de projet Patrick Lafrance, M.Sc. (Sciences de l'eau)

Relevés de terrain et analyse
Patrick Lafrance
Stéphane Lorrain, M.Sc. (Océanographie)
Sylvie Angel, M.Sc., biologiste
Patrice Delisle, technicien de la faune
Dominique Fournier, technicien génie civil

Sous-traitant : Université Cornell – Groupe de recherche en bioacoustique

Traitement des enregistrements

Directeur de projet Christopher W. Clark, Ph.D. (Biologie)

Traitement des données acoustiques Dimitri Ponirakis, M.Sc., Env. Acoustics
Melissa Fowler, M.Sc., biologiste

Carto-Média et En Toutes Lettres (*soutien à la production du rapport*)

Infographie / géo-cartographie Simon Roy
Anne-Marie Marquis
Huguette Léonard

Traitement de texte et éditique Lise Blais
Julie Korell

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE TRAVAIL	I
1 INTRODUCTION	1
1.1 Mise en contexte	1
1.2 Objectifs.....	1
2 MÉTHODOLOGIE	2
2.1 Mesure du bruit ambiant sous-marin	2
2.2 Trafic maritime durant les périodes de mesures	2
2.3 Atténuation du bruit en fonction de la distance	4
3 RÉSULTATS	6
3.1 Mesure du bruit ambiant sous-marin	6
3.2 Trafic maritime durant les périodes de mesure.....	11
3.3 Atténuation du bruit en fonction de la distance	16
4 DISCUSSION	18
4.1 Revue de littérature sur les niveaux sonores sous-marins anticipés lors de la construction des infrastructures maritimes	18
4.2 Évaluations des niveaux sonores sous-marins des remorqueurs et des méthaniers de référence (160 000 m ³) et des méthaniers de classe Qflex (216 000 m ³)	20
4.3 Effets potentiels d'une augmentation du niveau de bruit sous-marin sur les poissons	21
4.3.1 Revue de littérature sur les effets potentiels d'une augmentation du bruit sous-marin sur les poissons	21
4.3.2 Évaluation des impacts – Phase construction.....	24
4.3.3 Évaluation des impacts – Phase exploitation	26
5 CONCLUSION	28
6 BIBLIOGRAPHIE	29
7 RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE	31

Liste des tableaux

TABLEAU 1	Période d'enregistrement du niveau sonore sous-marin aux différentes stations	4
TABLEAU 2	Statistiques descriptives du bruit ambiant mesuré à chacune des stations	8
TABLEAU 3	Nombre de navires commerciaux ayant transité dans la zone d'étude durant la période d'enregistrement.....	11
TABLEAU 4	Niveaux sonores émis lors de fonçage de pieux par battage.....	20
TABLEAU 5	Résumé des intensités sonores produites par le trafic maritime. Données tirées de Richardson <i>et al.</i> (1995).....	21

Liste des figures

FIGURE 1	Fonction logarithmique de fréquences allant de 200 Hz à 10 000 Hz en 25 secondes, suivies d'un silence de 5 secondes, utilisée pour les mesures d'atténuation du bruit en fonction de la distance	5
FIGURE 2	Exemple de la variation temporelle de l'intensité sonore mesurée à quelques stations (toutes fréquences confondues)	7
FIGURE 3	Variation temporelle de l'intensité sonore mesurée à la station 7 du 15 au 16 juillet 2006 (toutes fréquences confondues).....	8
FIGURE 4	Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations.....	9
FIGURE 5	Distribution des percentiles de l'intensité sonore pour la bande de fréquences mesurées par la sonde PU57 et PU 72 montrant le bruit des sondes à des fréquences respectives d'environ 5 000 Hz et 9 000 Hz.....	10
FIGURE 6	Bruit ambiant sous-marin mesuré au site du terminal lors du passage de navires	14
FIGURE 7	Augmentation de l'intensité sonore au site projeté du terminal lors du passage d'un navire	15
FIGURE 8	Atténuation du bruit en fonction de la distance pour l'ensemble des fréquences étudiées (de 200 Hz à 10 kHz).....	17

Liste des cartes

CARTE 1	Stations d'enregistrement pour établir l'état de référence du niveau sonore sous-marin – Projet Rabaska – Terminal méthanier.....	3
CARTE 2	Positionnement de navires commerciaux lors de leur passage dans la zone d'étude (stations 5, 7 et 8) — Projet Rabaska – Terminal méthanier	12
CARTE 3	Positionnement de navires commerciaux lors de leur passage dans la zone d'étude (stations 4, 6 et 2) — Projet Rabaska – Terminal méthanier	13
CARTE 4	Schéma de la propagation du bruit dans l'eau durant les travaux du fonçage d'un pieu par battage – Phase construction (source utilisée : 216 dB re : μPa à 1 m) – Projet Rabaska – Terminal méthanier.....	25
CARTE 5	Schéma de la propagation du bruit dans l'eau durant l'appareillage et l'amarrage des méthaniers – Phase exploitation (source utilisée : 190 dB re : μPa à 1 m) – Projet Rabaska – Terminal méthanier.....	27

Liste des annexes

ANNEXE 1	Détails techniques du type de sonde utilisée pour les enregistrements de l'ambiance sonore sous-marine	
ANNEXE 2	Matériel utilisé pour les mesures d'atténuation du bruit en fonction de la distance	
ANNEXE 3	Informations relatives aux mesures d'atténuation du bruit en fonction de la distance	
ANNEXE 4	Données d'intensité sonore du bruit ambiant et spectres de puissance mesurés aux différentes stations en fonction de la bande de fréquences étudiée	
ANNEXE 5	Données de trafic maritime durant la période des relevés	
ANNEXE 6	Données d'atténuation du bruit en fonction de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz	

1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre de l'implantation du terminal méthanier de Rabaska, une étude supplémentaire est requise afin d'établir l'état de référence du niveau sonore sous-marin dans la zone d'étude du terminal. Cette étude permettra de répondre aux questions et aux commentaires de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACEE) ainsi qu'à ceux de Pêches et Océans Canada (MPO) à la suite du dépôt de l'étude d'impact sur l'environnement.

Dans ce contexte, Environnement Illimité inc. a été mandatée par SNC-Lavalin Environnement afin d'établir l'état de référence du niveau sonore sous-marin dans la zone d'étude du terminal et d'évaluer l'effet potentiel d'une augmentation du bruit sur les poissons. Nous présentons dans les sections qui suivent les objectifs de l'étude, la méthodologie pour les différents relevés, les résultats ainsi qu'une discussion sur l'augmentation potentielle du bruit ambiant sous-marin dans la zone d'étude et son effet sur les poissons.

1.2 Objectifs

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- établir l'état de référence du niveau sonore sous-marin dans la zone d'étude ;
- évaluer l'atténuation du niveau de bruit sous-marin en fonction de la distance des infrastructures maritimes prévues ;
- évaluer l'augmentation du bruit ambiant sous-marin pour la construction et l'exploitation du terminal méthanier ;
- évaluer les effets potentiels de l'augmentation du bruit ambiant sous-marin sur les poissons.

2 MÉTHODOLOGIE

Afin de répondre aux différents objectifs de l'étude, trois activités ont dû être réalisées sur le terrain, soit : **1)** la mesure du bruit ambiant sous-marin ; **2)** le suivi du trafic maritime durant les périodes d'enregistrement ; **3)** l'évaluation de l'atténuation du bruit en fonction de la distance. La méthodologie associée à chacune de ces activités est présentée dans les sections qui suivent. L'ensemble des relevés de terrain a été réalisé durant la période comprise entre le 14 et le 20 juillet 2006.

2.1 Mesure du bruit ambiant sous-marin

Le bruit ambiant sous-marin a été enregistré à l'aide de deux sondes développées par le groupe de recherche en bioacoustique de l'université Cornell (New York). Les détails techniques du type de sonde utilisée sont présentés à l'annexe 1. L'approche de mesures comprenait une sonde installée au site projeté du terminal afin d'enregistrer le niveau sonore sous-marin en continu durant toute la période des relevés alors qu'une seconde sonde était utilisée à sept stations d'enregistrement pour des périodes variant de 6 à 22 heures afin de couvrir au minimum un cycle de marée (carte 1 et tableau 1). La station fixe peut ainsi servir de station de référence. Les dates et les heures des périodes d'enregistrement des deux sondes sont présentées au tableau 1.

Le pas de mesure des deux sondes a été programmé pour permettre d'enregistrer les bruits pour des fréquences allant jusqu'à 10 000 Hz. Le traitement des données a été réalisé par le groupe de recherche en bioacoustique de l'université Cornell. Les statistiques descriptives du bruit ambiant (dB re : 1 μ Pa fréquence 200-10 000 Hz et niveaux sonores $^{1/3}$ octave) ont été déterminées pour les intervalles de 5 %, 25 %, 50 %, 75 % et 95 % de la fourchette de fréquence enregistrée.

Les données de marée durant la période d'enregistrement proviennent des données du Service hydrographique du Canada pour la station Saint-Laurent (n° 3110). La marée est typiquement semi-diurne avec un marnage moyen de 4,7 m et un marnage de grande marée de 6,3 m. Le courant de marée montante (3,0 nœuds) est légèrement inférieur au courant de marée descendante (4,5 nœuds) selon la carte marine (n° 1317).

2.2 Trafic maritime durant les périodes de mesures

Afin d'évaluer le bruit engendré par les navires commerciaux passant dans la zone d'étude durant les périodes d'enregistrement, un suivi du trafic maritime a été réalisé. Le positionnement des navires traversant la zone d'étude a été mesuré à l'aide d'un télémètre laser (photo 1 ; Laser Technologie inc. ; modèle : Impulse 200XL avec option MapStar) d'une portée d'environ 2 km. L'observateur était positionné en rive et mesurait la distance et l'angle du navire par rapport à un

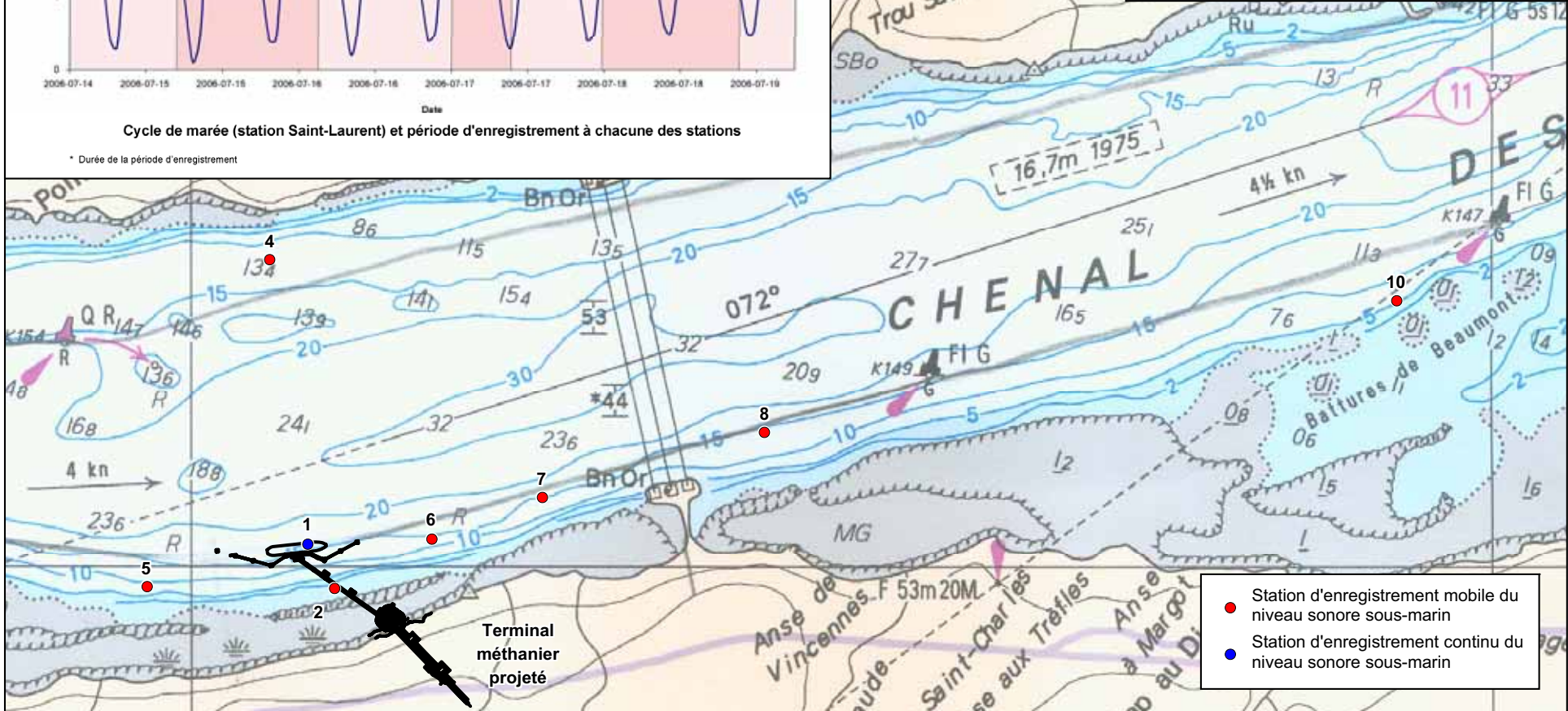
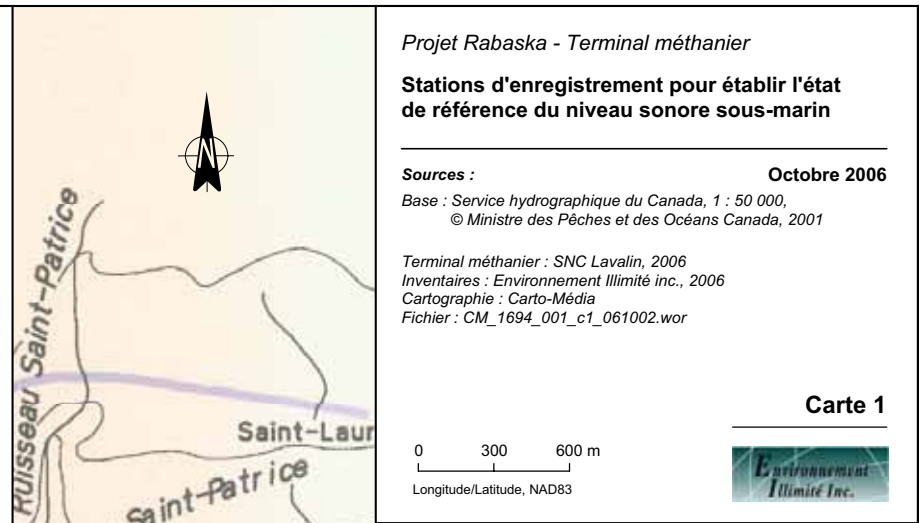
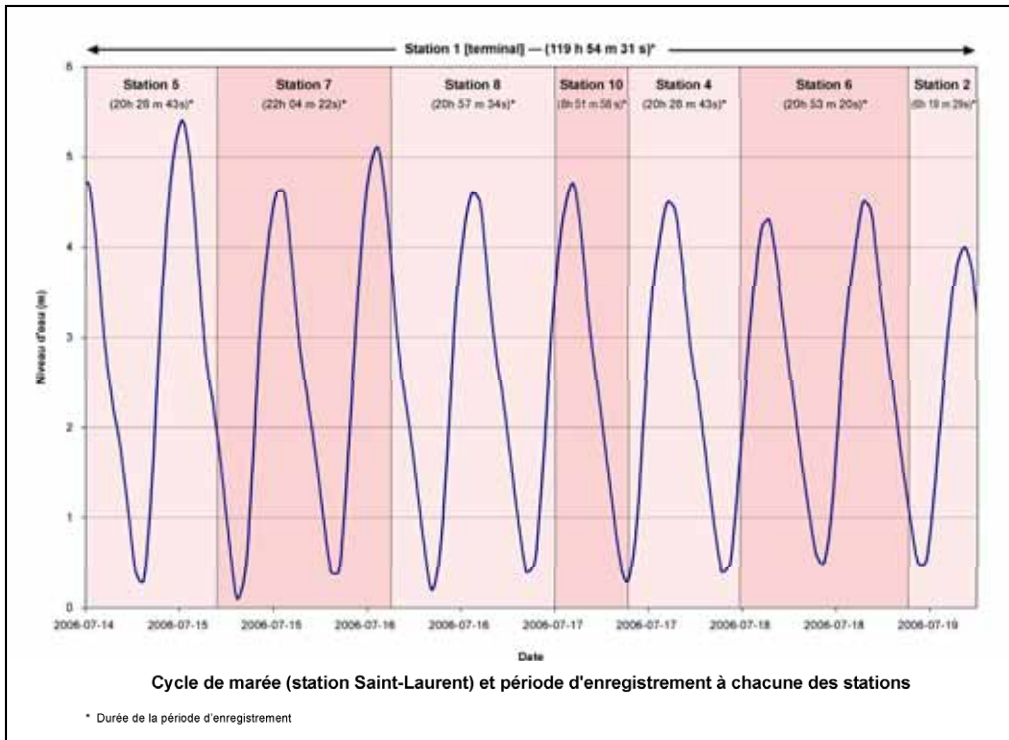


TABLEAU 1 — Période d'enregistrement du niveau sonore sous-marin aux différentes stations

Station	Début		Fin		Durée de l'enregistrement (h)
	Date	Heure	Date	Heure	
1 (terminal)	14 juillet	16:11:49	19 juillet	16:06:20	119:54:31
2	19 juillet	08:11:01	19 juillet	14:30:30	06:19:29
4	17 juillet	19:39:44	18 juillet	10:36:56	14:57:12
5	14 juillet	17:05:18	15 juillet	13:34:01	20:28:43
6	18 juillet	11:07:15	19 juillet	08:00:35	20:53:20
7	15 juillet	14:00:34	16 juillet	12:04:56	22:04:22
8	16 juillet	12:39:20	17 juillet	09:36:54	20:57:34
10	17 juillet	10:17:38	18 juillet	19:09:36	08:51:58

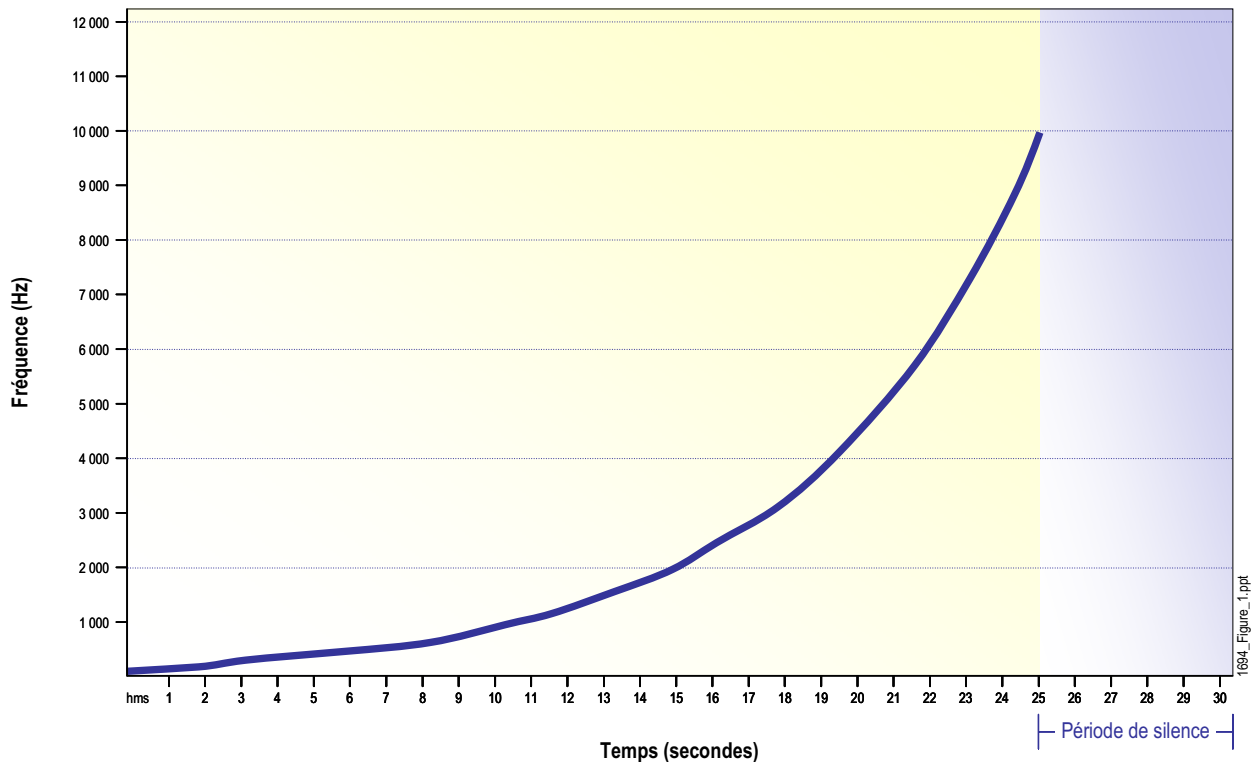
point de référence (photo 2). Par la suite, les données d'angle et de distance ont été converties en coordonnées géographiques (projection : MTM zone 7, NAD83) afin de positionner le trajet de chaque navire sur une carte. L'heure exacte ainsi que des photos ont aussi été prises lors du passage du navire afin de pouvoir voir leur influence sur le bruit ambiant sous-marin. Le bruit ambiant sous-marin lors du passage des différents navires a été calculé sur une période de 30 secondes. Cette période est centrée sur l'heure à laquelle la distance entre le bateau et la sonde était la plus courte.

Finalement, afin de compléter les observations obtenues sur le terrain, des informations supplémentaires sur les navires commerciaux passant dans la zone d'étude ont été recueillies pour la période durant laquelle les enregistrements ont été réalisés. Ces données proviennent du Système d'information sur la navigation maritime (INNAV) du service de communication et de trafic maritime de la Garde côtière canadienne. Ces informations incluent la liste exhaustive des navires étant passés dans la zone d'étude ainsi que des informations relatives aux différents navires telles que le nom du navire, son pays d'origine, le tonnage, la force du moteur, la longueur, la largeur, etc.

2.3 Atténuation du bruit en fonction de la distance

Durant chaque période d'enregistrement, un signal sonore consistant en un balayage des fréquences selon une fonction logarithmique couvrant de 200 Hz à 10 000 Hz (figure 1) sur une période de 30 secondes (figure 1 : 25 secondes de son, suivies de 5 secondes de silence) a été émis à l'aide d'un haut-parleur sous-marin (modèle : Lubell Labs LL-9162 ; voir détails techniques, annexe 2) installé à une profondeur variant entre 3 et 5 m. Dans la plupart des cas, ce balayage des fréquences a été émis en boucle pendant une période de quatre minutes. Le haut-parleur était connecté à un amplificateur de 250 watts de marque Bogen Communication Inc. (Modèle : HTA250A ; voir détails techniques, annexe 2) et le balayage de fréquences était transmis par un ordinateur portable.

FIGURE 1 — Fonction logarithmique de fréquences allant de 200 Hz à 10 000 Hz en 25 secondes, suivies d’un silence de 5 secondes, utilisée pour les mesures d’atténuation du bruit en fonction de la distance



Le signal sonore a été transmis à 33 reprises durant la période de relevés, et ce, à différents stades de marée pour chacune des stations. Plus de la moitié des transmissions (22 transmissions) ont été réalisées à partir du site du terminal projeté. Les autres transmissions ont été émises à partir des stations 5, 7 et 10 ainsi qu’à partir de différents sites dans la voie maritime. L’ensemble des transmissions couvre des distances allant d’environ 10 m à 5,5 km. Ces relevés permettent donc d’obtenir 66 mesures (33 transmissions x 2 stations d’enregistrement) qui serviront à établir la fonction décrivant la perte du signal sonore en fonction de la distance. Les détails (coordonnées, date, heure, distance, durée) concernant chacune des émissions sonores sont présentés à l’annexe 3.

3 RÉSULTATS

3.1 Mesure du bruit ambiant sous-marin

L'intensité du bruit ambiant varie selon un cycle semi-diurne à toutes les stations. Cette variation est asynchrone avec le stade de la marée (figure 2) de telle sorte que l'intensité maximale est enregistrée au moment où le courant est le plus fort (jusant et flot) et l'intensité minimale au moment de l'étale de courant qui se produit environ 50 minutes après la marée haute ou la marée basse. L'intensité du bruit ambiant semble être plus forte au moment du jusant que durant le flot (figure 3). Cette relation est vraisemblablement attribuable au bruit généré par les turbulences autour de la sonde d'enregistrement lorsque le courant augmente. Ce bruit se manifeste principalement pour des fréquences inférieures à 100 Hz (annexe 4).

Typiquement, l'intensité du bruit ambiant (toutes fréquences confondues) varie entre 130 dB et 160 dB avec une intensité maximale pour des événements de courtes périodes variant entre 160 et 170 dB. Notons que les intensités maximales mesurées (pendant quelques minutes) au début et à la fin des périodes d'enregistrement correspondent, dans la plupart des cas, à l'installation et au retrait de la sonde à la station. Les statistiques descriptives aux différentes stations sont présentées au tableau 2. Les données (toutes fréquences confondues) pour toutes les stations sont présentées à l'annexe 4.

La plus forte intensité du bruit ambiant est principalement observée pour des fréquences inférieures à 2 000 Hz (station 1 terminal : figure 4), mais des événements sporadiques sont observés, de temps à autre, qui balayent l'ensemble du spectre de fréquences avec une puissance moindre pour les fréquences élevées. Ces événements forment des pics de durée variable de l'ordre de quelques minutes ou une dizaine de minutes et pourraient correspondre aux passages de navires et de l'embarcation utilisée durant la campagne. Par contre, plusieurs autres facteurs peuvent affecter la variabilité évidente du bruit ambiant tels que le trafic maritime général (l'ensemble des bruits associés à la navigation quotidienne dans le secteur), l'état de la mer (vent, vagues), les averses et les fluctuations du courant. Certains événements peuvent aussi correspondre aux tests de transmission sonore qui ont été réalisés. Une présentation sommaire des spectres de puissance et des courbes d'intensité du bruit ambiant (toutes fréquences confondues) est disponible à l'annexe 4.

Un bruit continu est aussi observé sur les spectrogrammes des deux sondes : autour de 5 000 Hz pour la sonde PU57 et 9 000 Hz pour la sonde PU72. Ces bruits sont causés par la sonde elle-même et le fonctionnement interne du disque dur (figure 5).

FIGURE 2 — Exemple de la variation temporelle de l'intensité sonore mesurée à quelques stations (toutes fréquences confondues)

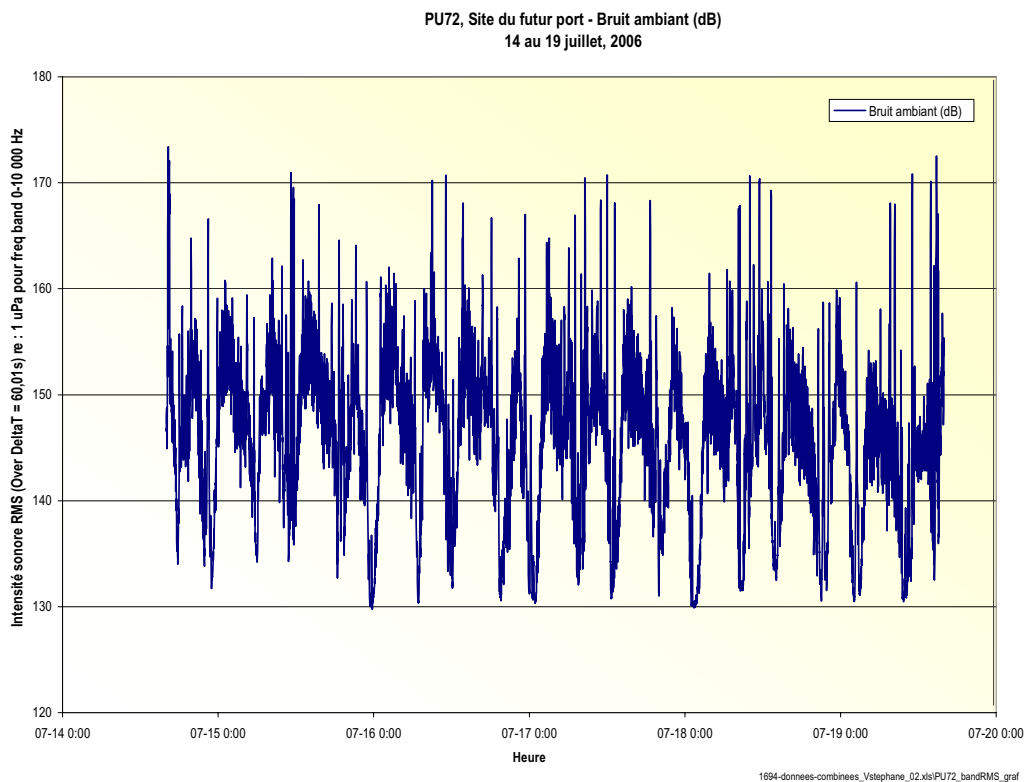
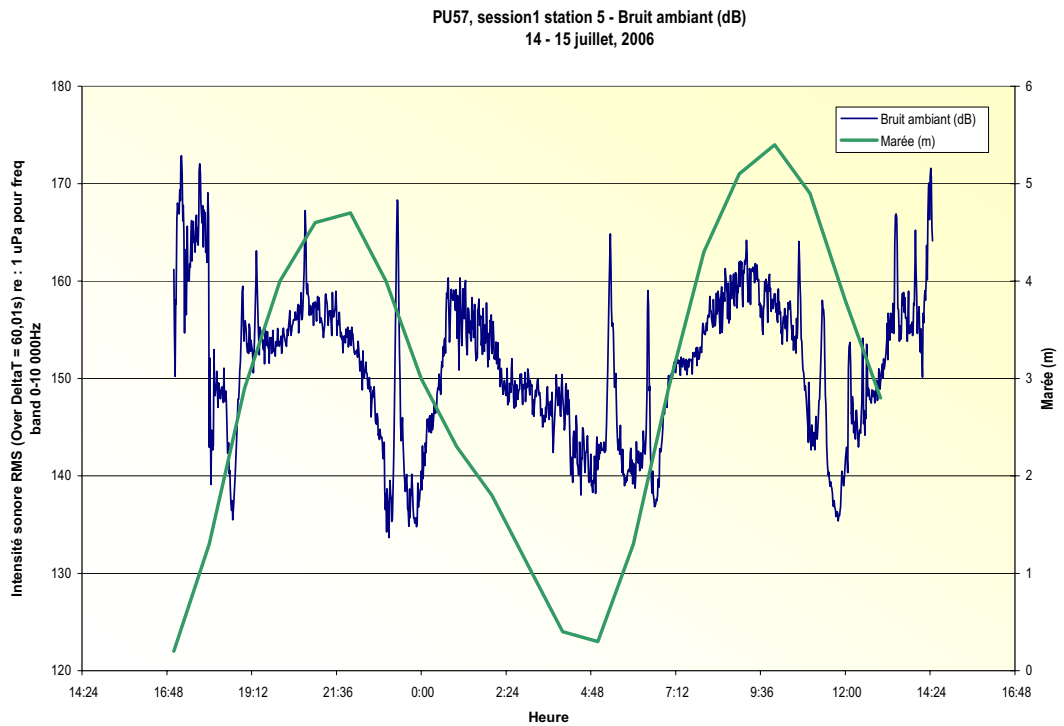


FIGURE 3 — Variation temporelle de l'intensité sonore mesurée à la station 7 du 15 au 16 juillet 2006 (toutes fréquences confondues)

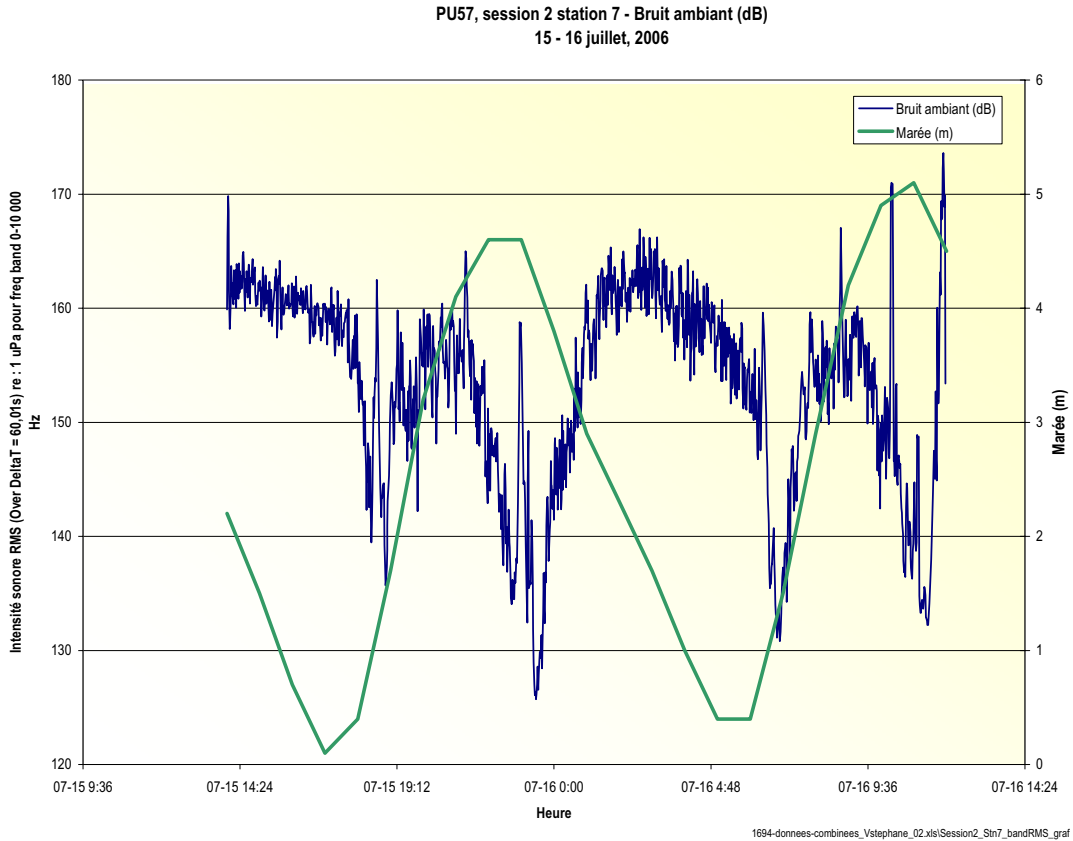


TABLEAU 2 — Statistiques descriptives du bruit ambiant mesuré à chacune des stations

Station	Intensité (dB) (DeltaT = 60,01s) re : 1 μ Pa ; fréquences : 200-10 000 Hz			
	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
5	151,3	7,5	133,7	172,9
7	153,4	8,7	125,7	173,6
8	157,5	10,3	129,5	171,0
10	156,9	9,5	126,6	171,3
4	150,1	10,3	124,2	164,6
6	150,0	9,0	126,3	171,5
2	146,9	8,7	127,3	173,7
1 (terminal)	146,2	7,6	129,8	173,4

FIGURE 4 — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations

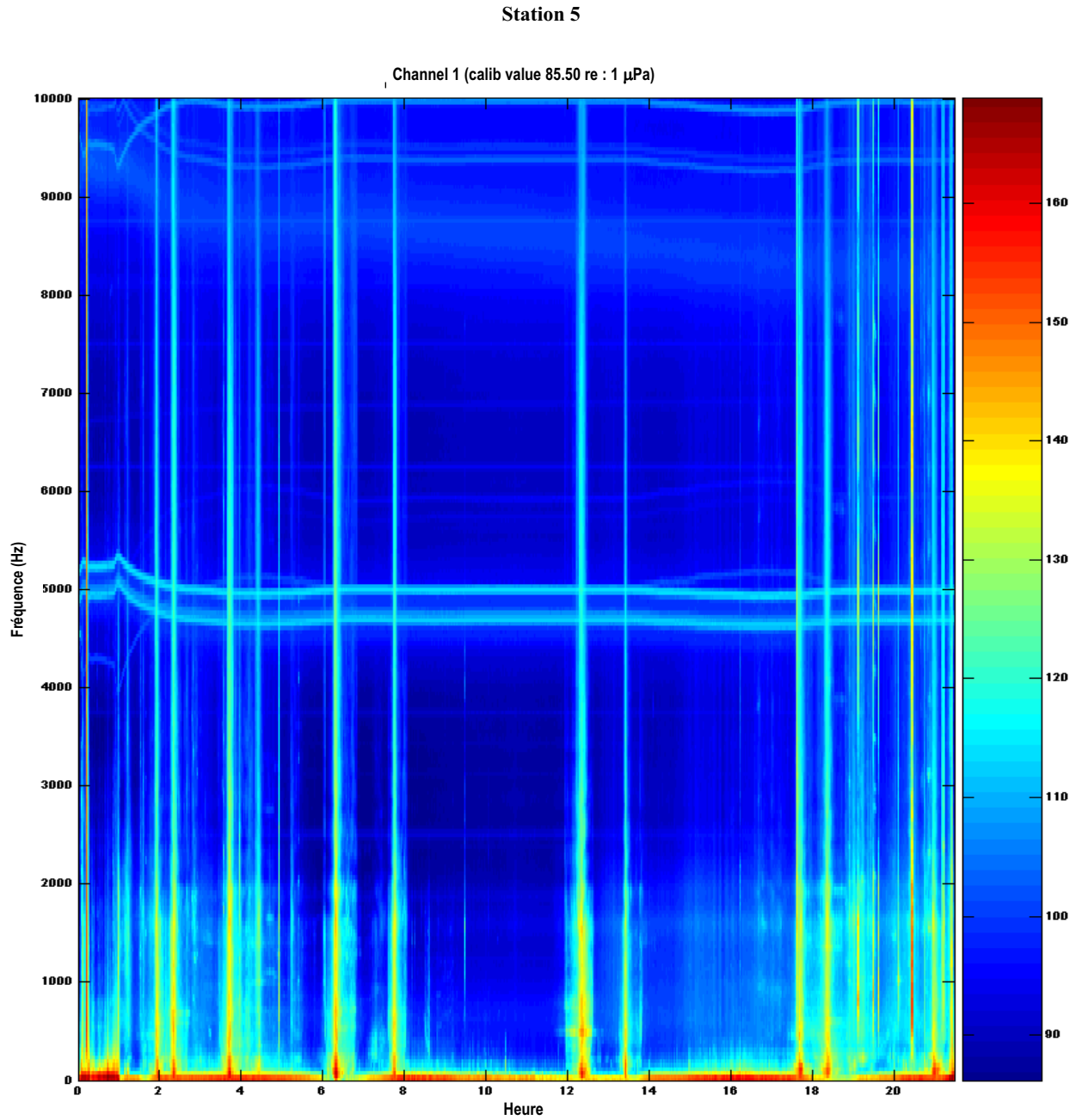
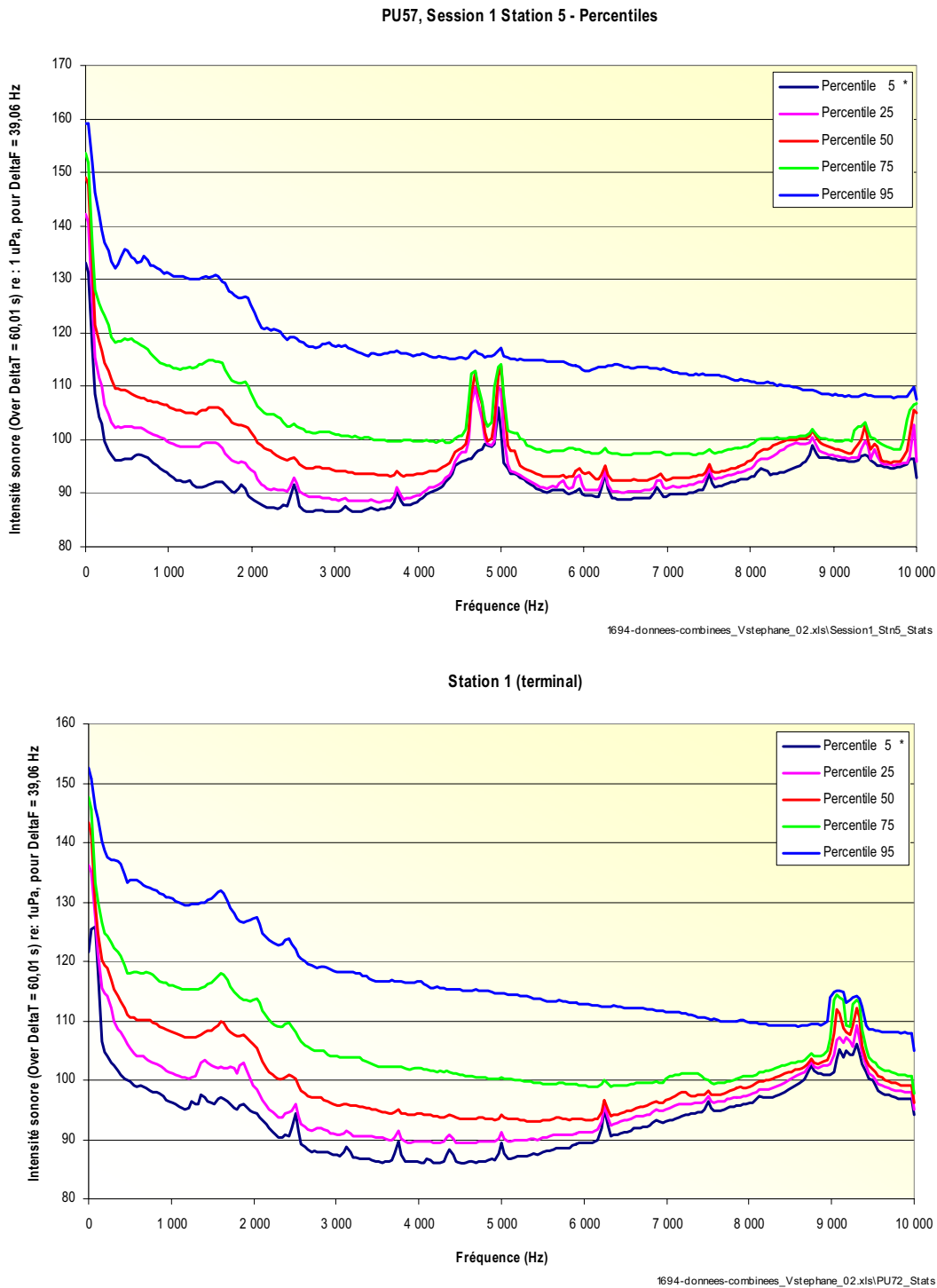


FIGURE 5 — Distribution des percentiles de l'intensité sonore pour la bande de fréquences mesurées par la sonde PU57 et PU 72 montrant le bruit des sondes à des fréquences respectives d'environ 5 000 Hz et 9 000 Hz



* Le percentile définit le chiffre au-dessous duquel se trouve l'intensité sonore par rapport au bruit ambiant, par exemple l'intensité sonore au-dessus du 95^e percentile n'est atteinte que 5 % du temps pour la période d'enregistrement.

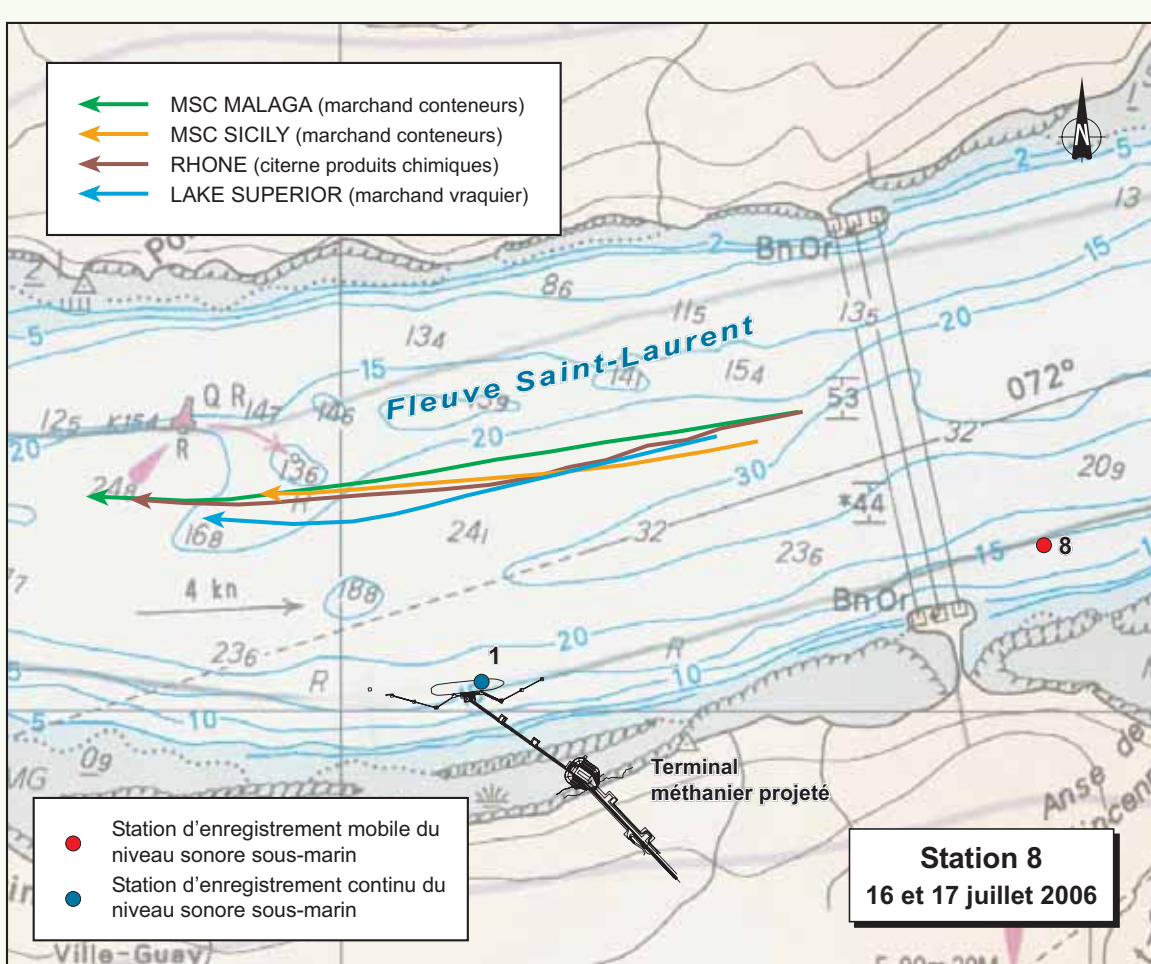
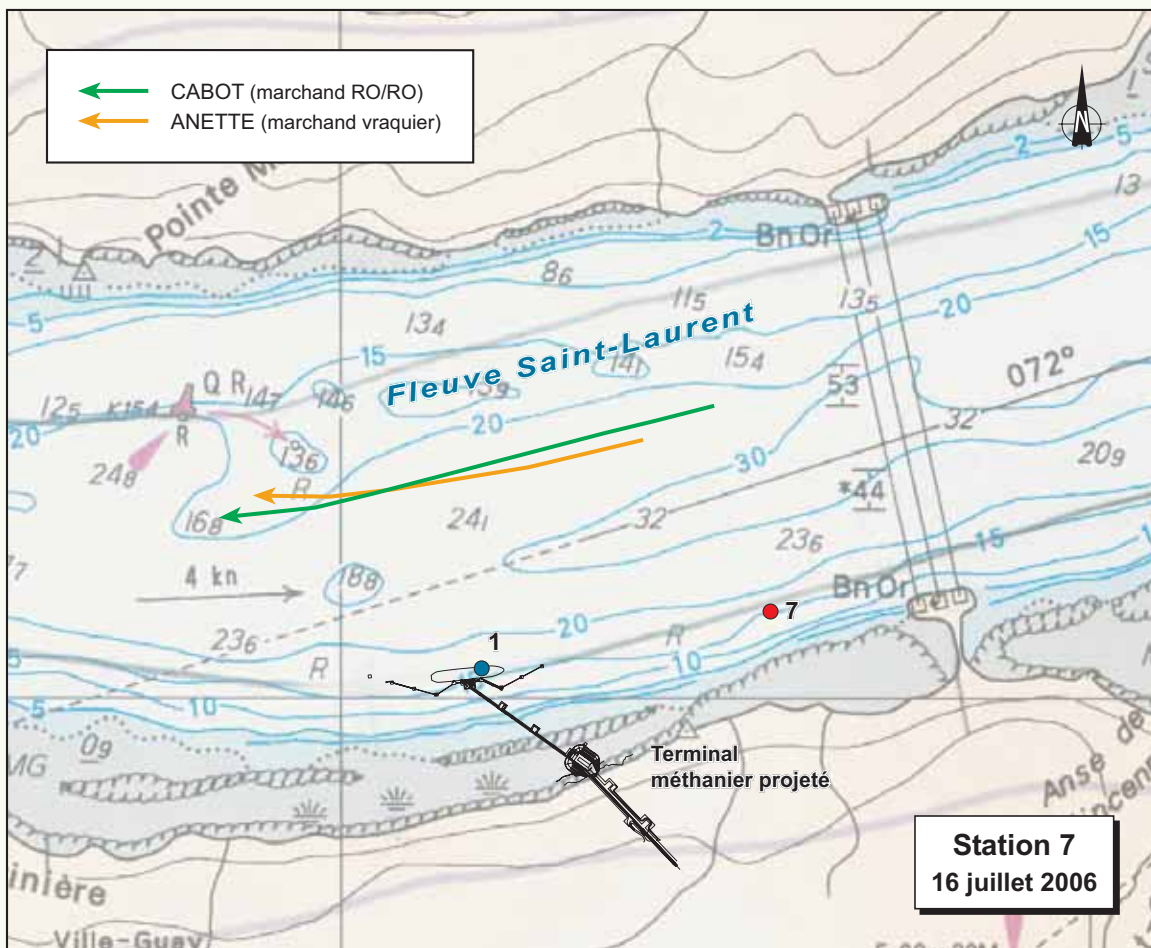
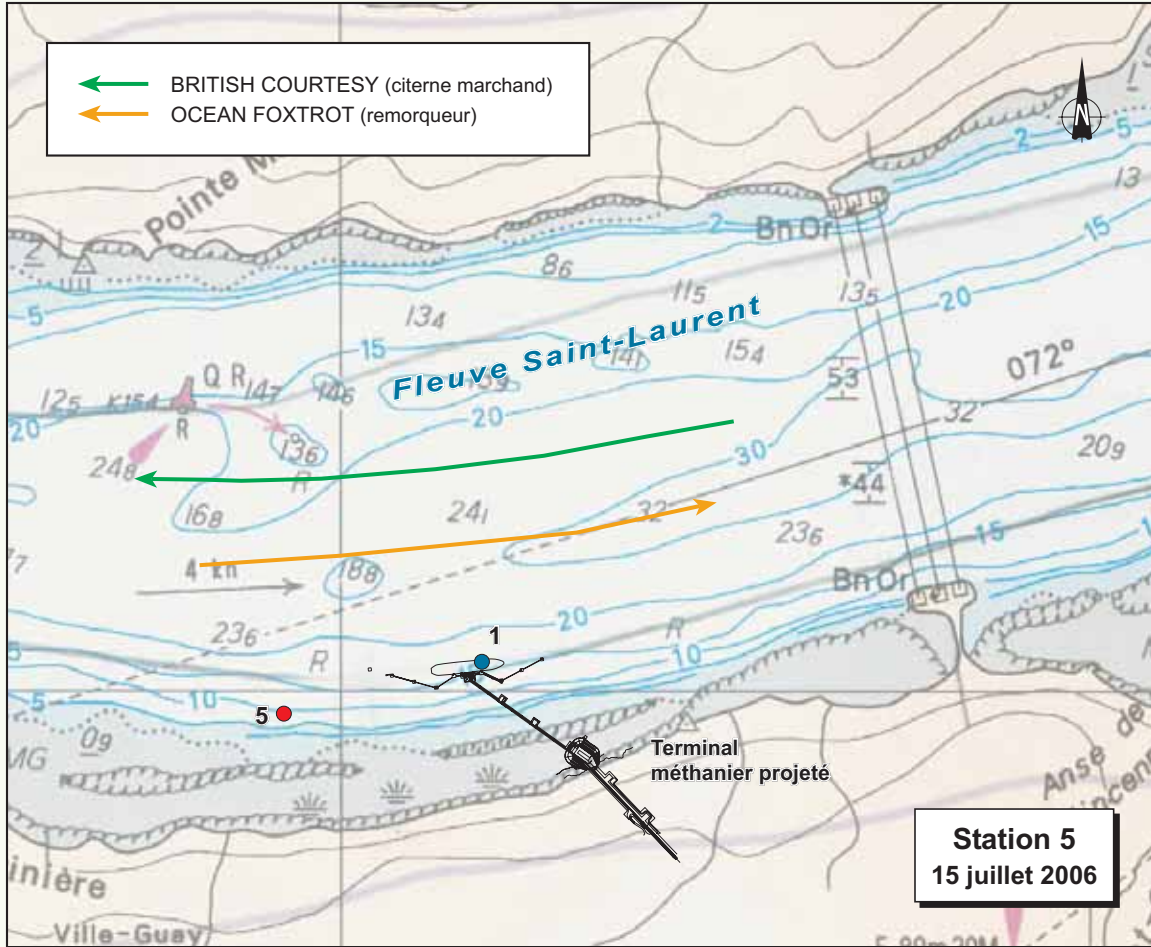
3.2 Trafic maritime durant les périodes de mesure

Un total de 83 navires commerciaux ont transité dans la zone d'étude au cours de la période d'enregistrement (tableau 3). Parmi ceux-ci, le trajet de 16 d'entre eux a pu être cartographié lors de leur passage dans la zone d'étude (cartes 2 et 3). Cette différence est attribuable à l'heure de passage des navires, la plupart d'entre eux étant passés en soirée ou durant la nuit. La taille des navires ayant transité dans la zone d'étude a varié entre 29 m et 294 m avec une force de moteur variant de 1 142 à 49 680 HP (annexe 5).

TABLEAU 3 — Nombre de navires commerciaux ayant transité dans la zone d'étude durant la période d'enregistrement

Station	Durée d'enregistrement (h)	Nombre total de navires	Nombre de navires positionnés	
1 (terminal)	119:54:31	83	16	
Stations mobiles	2	06:19:29	2	1
	4	14:57:12	11	1
	5	20:28:43	12	2
	6	20:53:20	19	6
	7	12:04:56	18	2
	8	09:36:54	20	4
	10	08:51:58	1	0

Le passage des navires dans la zone d'étude a nécessairement une influence sur l'ambiance sonore sous-marine. La figure 6 montre l'effet du passage de 16 des navires (navires ayant été positionnés) ayant transité dans la zone d'étude. Les valeurs présentées ont été calculées pour une période de 30 secondes centrées sur le moment où le navire était le plus près de la station d'enregistrement (station 1). De façon générale, cette distance a varié entre 469 et 881 m. On observe que les intensités sonores maximales se situent près de 150 re : 1 μ Pa et que celles-ci ont été enregistrées dans des fréquences allant de 0 à 3 000 Hz. De plus, on note que le passage d'un navire engendre une augmentation du bruit ambiant supérieure au percentile 95 %, et ce, pour l'ensemble des fréquences (de 0 à 10 000 Hz). La figure 7, quant à elle, montre l'effet du passage de trois navires dans le secteur du terminal méthanier. On note qu'à mesure que les navires se rapprochent du site du terminal, l'intensité sonore augmente et que celle-ci diminue par la suite avec l'éloignement du navire.

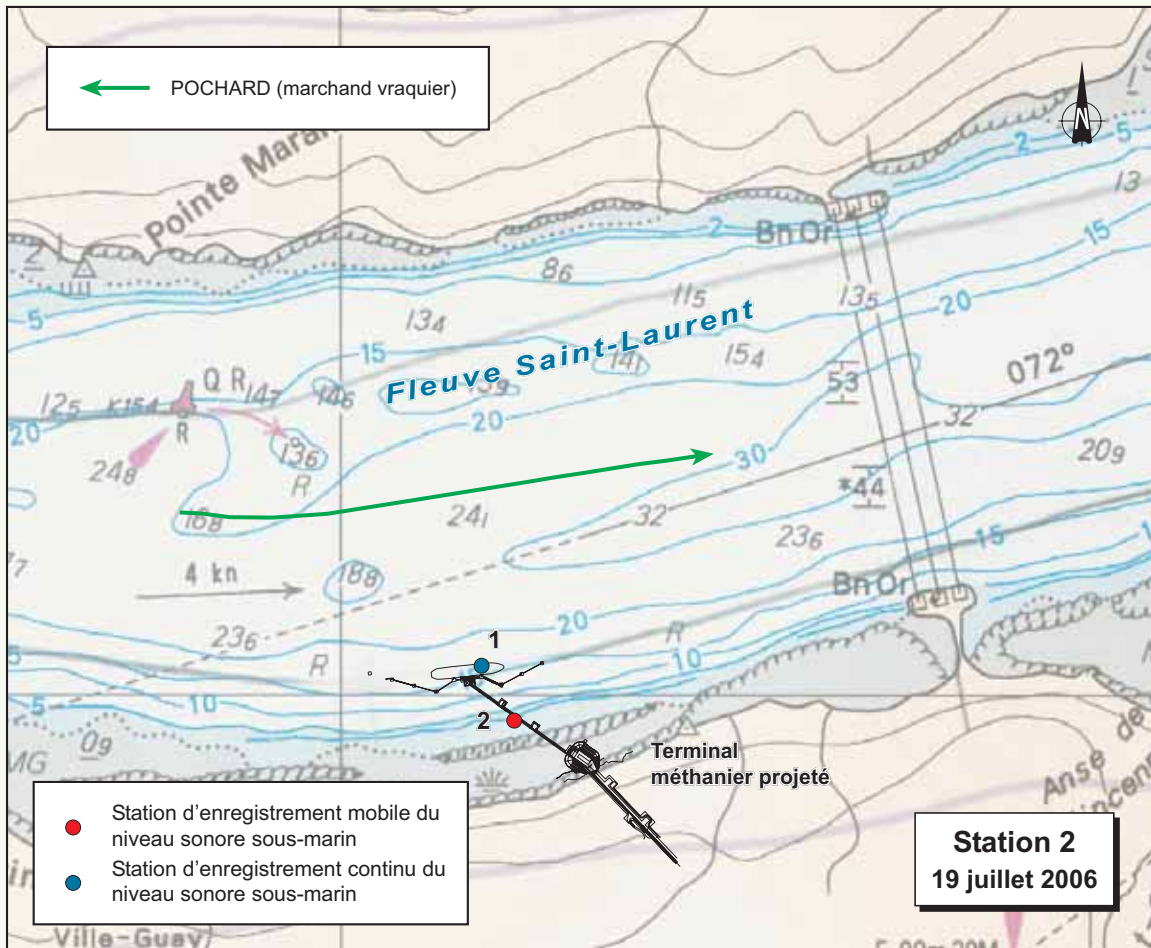
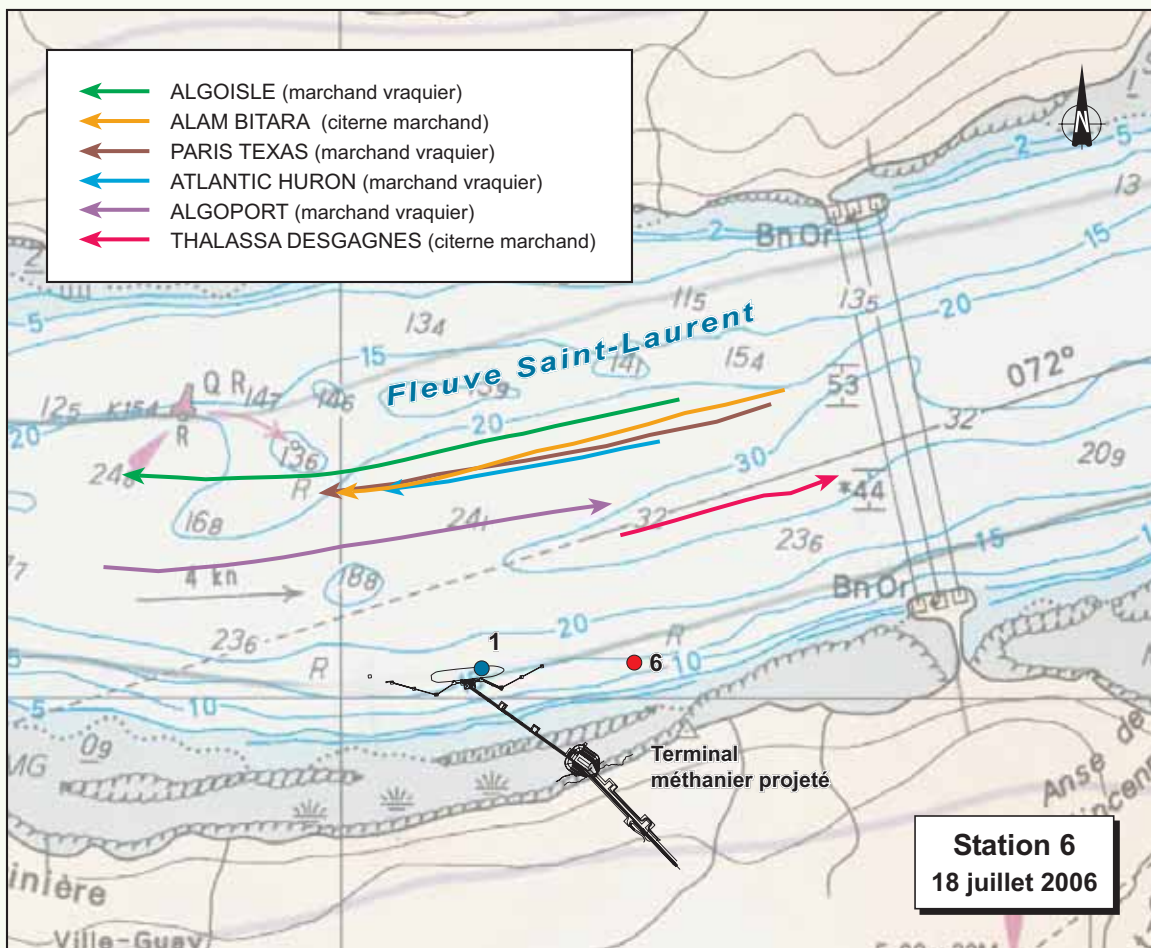
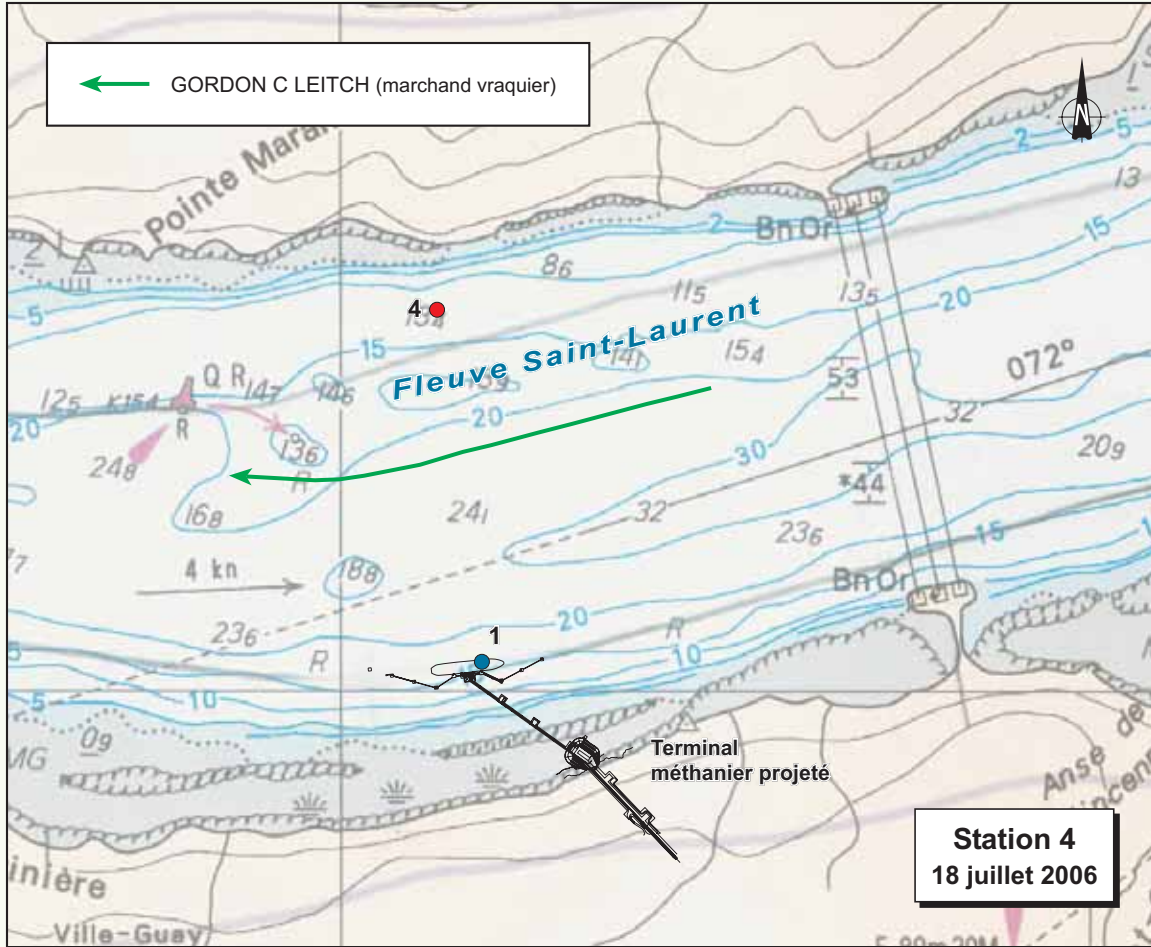


Projet Rabaska – Terminal méthanier
Positionnement de navires commerciaux lors de leur passage dans la zone d'étude (stations 5, 7 et 8)

Sources :
Base : Service hydrographique du Canada, 1 : 50 000,
© Ministère des Pêches et des Océans Canada, 2001
Terminal méthanier : SNC Lavalin, 2006
Inventaires : Environnement Illimité inc., 2006
Cartographie : Carto-Média
Fichier : CM_1654_002_c2_061002.fh9

Octobre 2006

0 0,3 0,6 km
Longitude/Latitude, NAD83



Projet Rabaska – Terminal méthanier
Positionnement de navires commerciaux lors de leur passage dans la zone d'étude (stations 4, 6 et 2)

Sources :
 Base : Service hydrographique du Canada, 1 : 50 000,
 © Ministère des Pêches et des Océans Canada, 2001
 Terminal méthanier : SNC Lavalin, 2006
 Inventaires : Environnement Illimité inc., 2006
 Cartographie : Carto-Média
 Fichier : CM_1654_003_c3_061002.fh9

Octobre 2006

0 0,3 0,6 km
 Longitude/Latitude, NAD83

Carte 3



FIGURE 6 — Bruit ambiant sous-marin mesuré au site du terminal lors du passage de navires

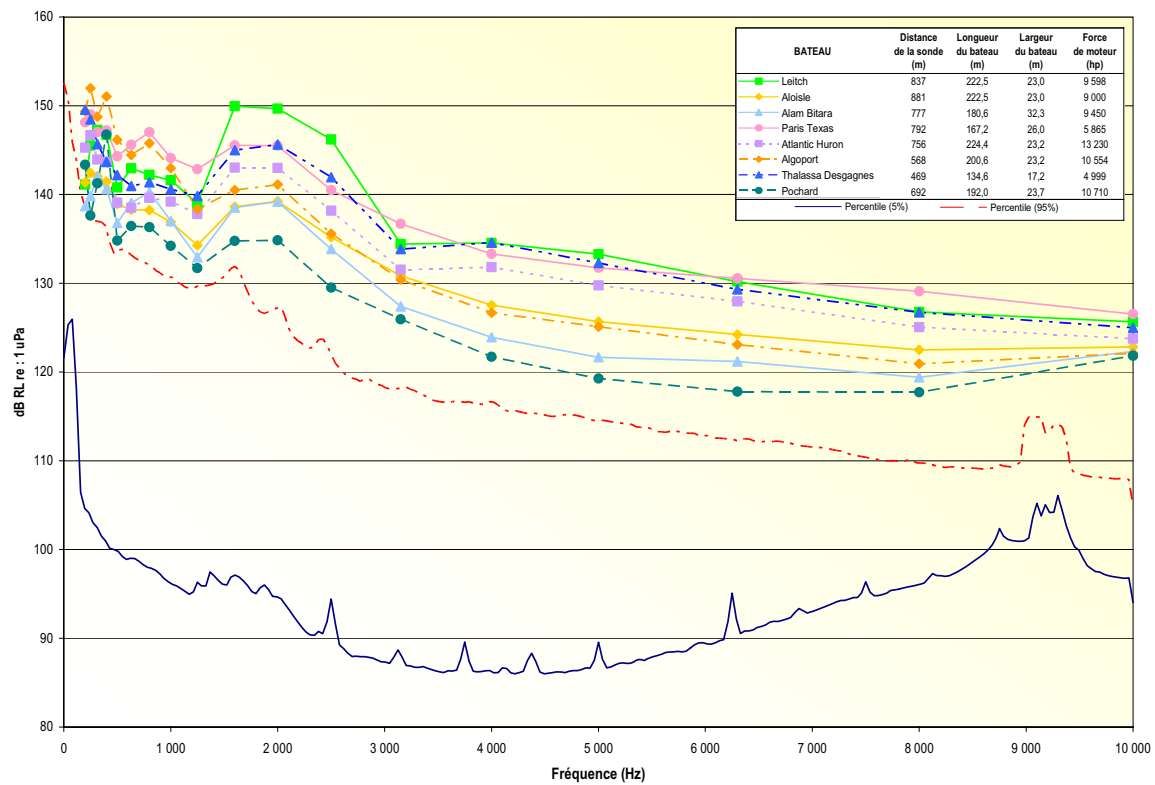
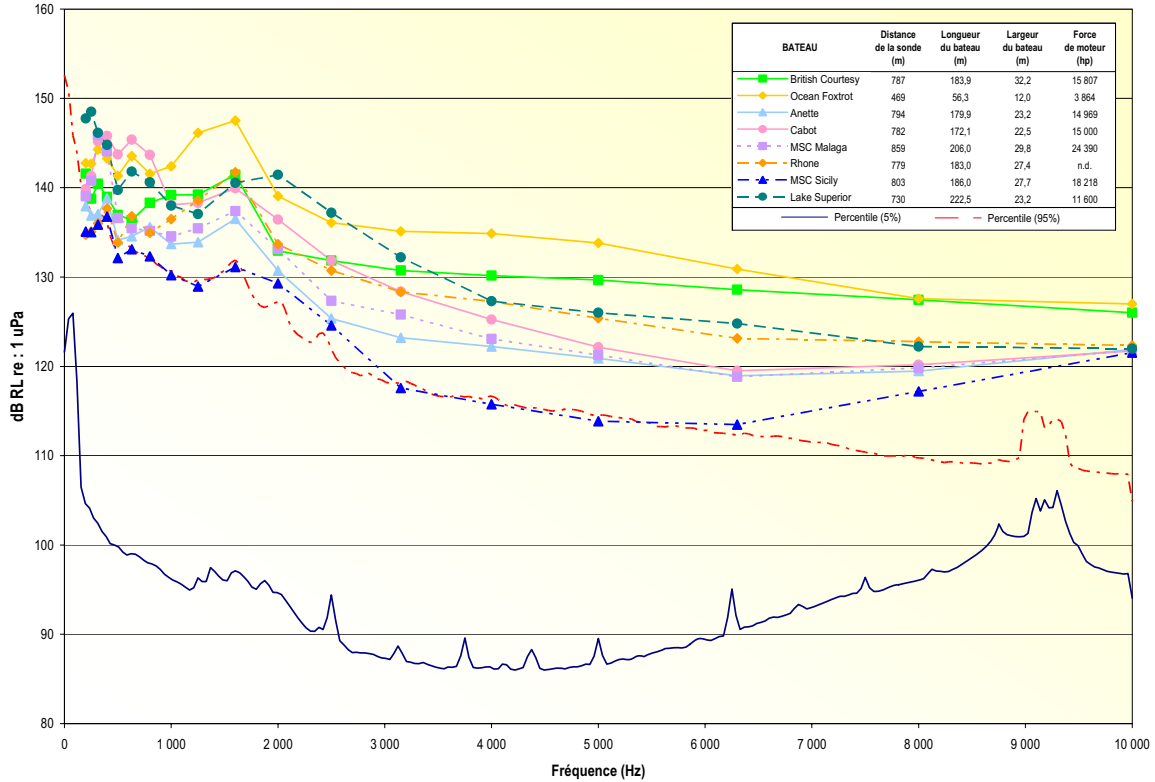
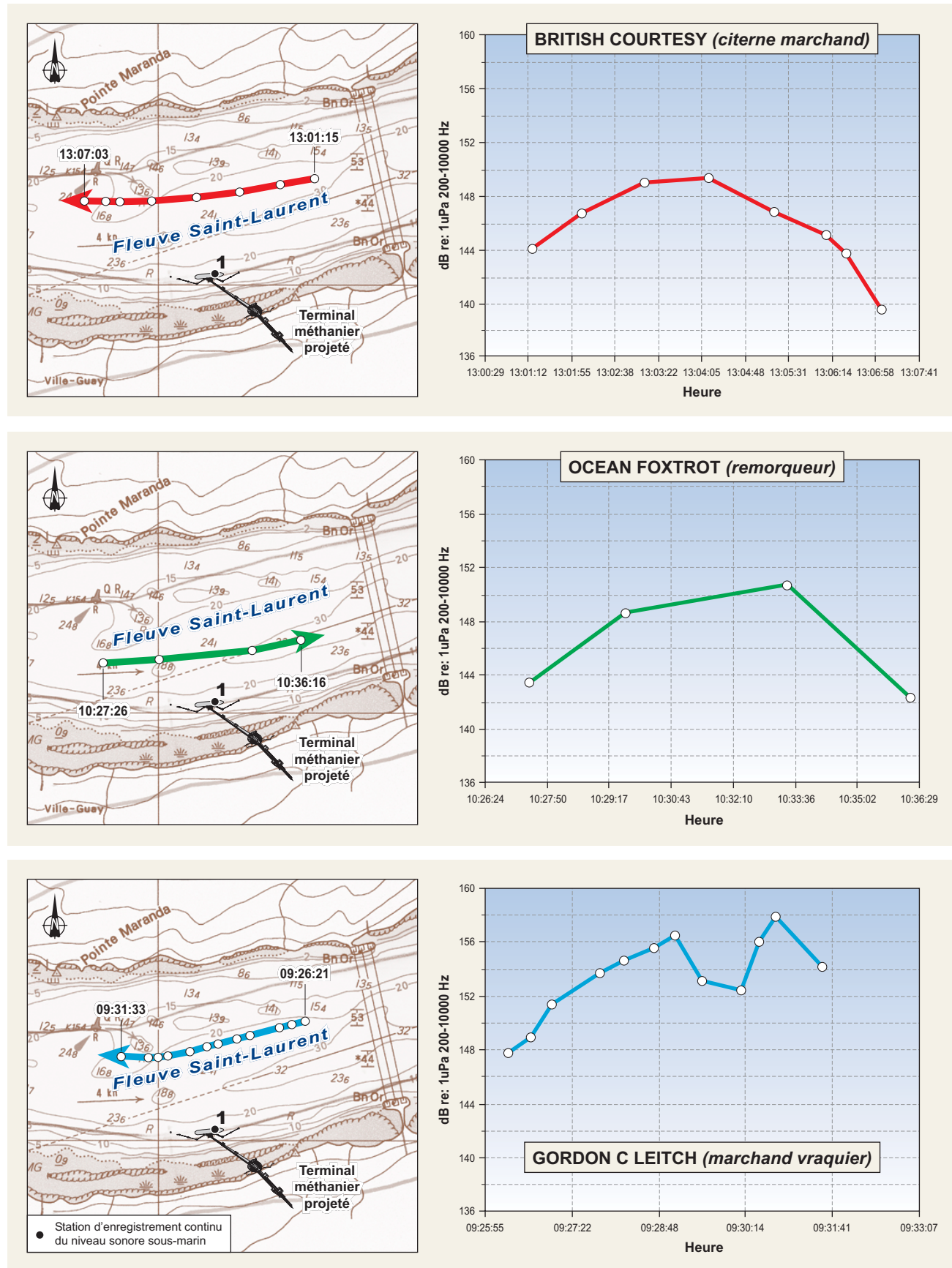


FIGURE 7 – Augmentation de l'intensité sonore au site projeté du terminal lors du passage d'un navire



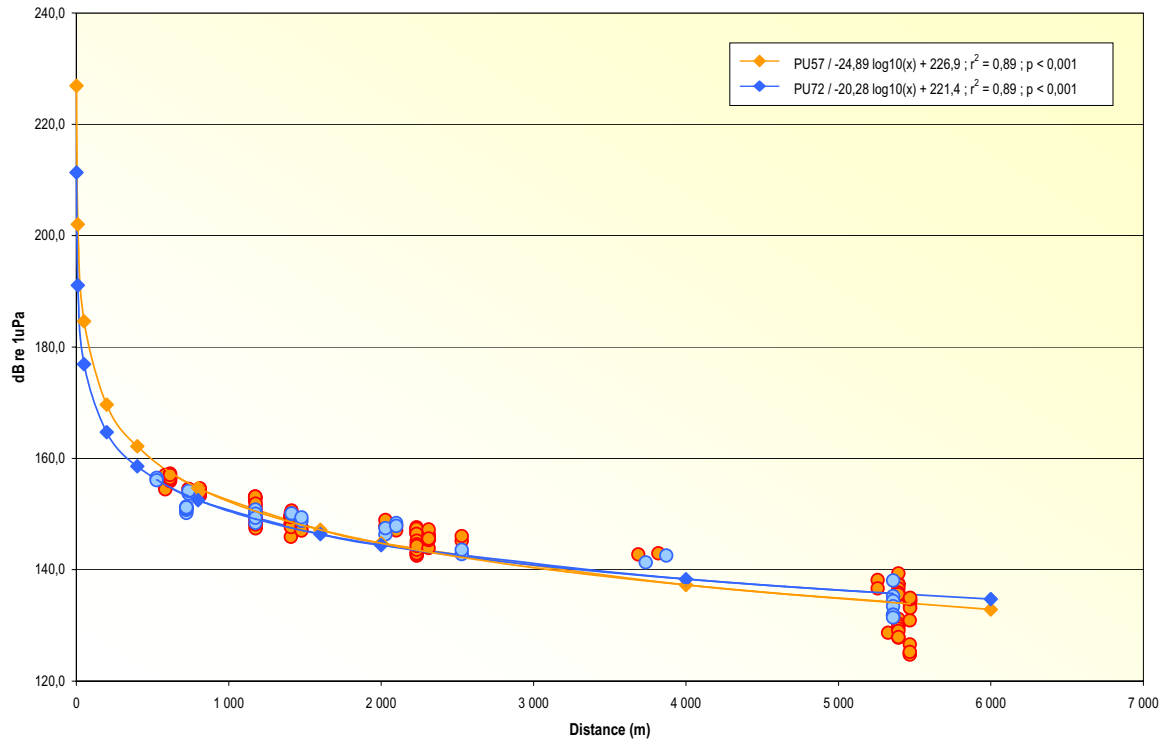
3.3 Atténuation du bruit en fonction de la distance

L'expérience d'atténuation du bruit en fonction de la distance a permis d'obtenir des fonctions d'atténuation du bruit en fonction de la distance, et ce, pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz. L'intensité du signal sonore émis pour réaliser les tests de transmission s'est avérée trop puissante de telle sorte que, dans la plupart des cas, l'enregistrement par les sondes acoustiques a été saturé aux stations situées à moins de 250 m de la source pour l'unité 72 (station terminal) et à moins de 100 m pour l'unité 57 (station mobile). La saturation du signal n'affecte pas toute la bande de fréquences mesurées de la même façon, si bien qu'il a été possible d'extraire l'information des données pour différentes fréquences à différentes distances. Les fonctions d'atténuation pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) sont présentées à l'annexe 6.

De façon générale, on observe une variabilité de l'intensité mesurée pour une même distance, et ce, pour l'ensemble des fréquences. Cette variabilité est probablement causée par des facteurs tels que la variation de la topographie, la variation du niveau d'eau et des vitesses de courant engendrés par la marée ainsi que la nature variable du substrat. On observe aussi que l'atténuation des fréquences est plus lente pour les fréquences les plus basses. De plus, on note que les résultats sont sensiblement les mêmes pour les deux sondes (unité 57 et unité 72) et que les régressions sont presque toutes significatives avec des coefficients de détermination (r^2) variant entre 0,35 et 0,88 à l'exception de la fréquence 200 Hz ($r^2 = 0,08$) et 250 Hz ($r^2 = 0,15$) où la variabilité entre les mesures est très élevée (annexe 6).

Enfin, une fonction d'atténuation du bruit a aussi été établie pour l'ensemble des fréquences étudiées (200 Hz à 10 kHz) (figure 8). À l'instar de la plupart des régressions calculées pour les différentes fréquences, les résultats obtenus pour les deux sondes sont similaires et les relations sont significatives ($P < 0,001$) avec des coefficients de détermination (r^2) égaux à 0,89. Ces relations seront utilisées pour évaluer la propagation du bruit lors des travaux de fonçage de pieux.

FIGURE 8 — Atténuation du bruit en fonction de la distance pour l'ensemble des fréquences étudiées (de 200 Hz à 10 kHz)



4 DISCUSSION

La construction et l'exploitation du terminal méthanier impliqueront plusieurs activités susceptibles d'augmenter le bruit ambiant sous-marin sonore. Les activités de construction et d'exploitation qui auront probablement un impact sur le niveau sonore sous-marin sont les suivantes :

Phase construction :

- le fonçage de 350 pieux ;
- les activités de forage nécessaires pour l'installation des pieux ;
- l'utilisation de deux remorqueurs pour desservir les barges durant les travaux.

Phase exploitation

- l'appareillage et l'amarrage des méthaniers ;
- l'utilisation de trois à quatre remorqueurs pour faciliter les manœuvres des méthaniers.

4.1 Revue de littérature sur les niveaux sonores sous-marins anticipés lors de la construction des infrastructures maritimes

Deux techniques de fonçage de pieux sont envisageables, soit la technique par battage ou la technique de vibrofonçage. La technique par battage de pieux consiste à marteler un pieu dans le sol avec un marteau hydraulique alors que le vibrofonçage consiste à enfoncer le pieu dans le sol en générant des vibrations.

Le son émis lors du fonçage de pieux peut provenir de trois différentes sources, soit le son propagé dans l'air qui traverse la surface de l'eau et entre dans l'eau ; le son issu directement de la vibration du pieu qui semble être le bruit le plus dommageable pour le récepteur aquatique et, enfin, le son transmis par le pieu au substrat qui arriverait vraisemblablement avant le son de la vibration du pieu lui-même. Le schéma de transmission des sons par le vibrofonçage est similaire à celui du battage de pieux à la différence que l'énergie délivrée par l'impact du battage est plus élevée, engendrant ainsi un impact sonore plus important. Le bruit aérien qui résulte du vibrofonçage étant moindre, et donc, la résultante dans l'eau étant diminuée, cette technique est favorisée dans de nombreux endroits mais il reste que suivant les substrats rencontrés, de nombreux travaux commencés avec le vibrofonçage doivent être terminés par la technique de battage de pieux (Nedwell et Howell, 2004).

Dans le cas du projet Rabaska, la nature du substrat (roc) n'est pas propice à l'utilisation du vibrofonçage. Par conséquent, la technique par battage sera utilisée. Les sons du fonçage de pieux par battage résultent de l'impact entre la surface dure du marteau et celle du pieu. Le son est court, aigu et souvent de très forte amplitude. Les impulsions peuvent varier dans leurs caractéristiques et leur amplitude à un endroit donné et pour le même pieu suivant le substrat rencontré (Hastings et Popper, 2005 ; Popper *et al.*, 2006). L'évaluation du bruit émis par le fonçage de pieux dépend, entre autres, du type de pieu utilisé, du type de substrat et de la profondeur de l'eau, ce qui permet d'estimer les niveaux sonores d'exposition et l'atténuation du son.

Certaines études permettent de donner une indication des sons engendrés par le fonçage de pieux par battage et de l'atténuation dudit son suivant la distance. Une étude effectuée à Littlehampton dans la rivière Arun pour la construction d'un quai impliquait des pieux de 700 mm de diamètre. Pour un niveau sonore de 192dB re : 1 µPa à 1 m de la source, l'atténuation était alors d'environ 0,07 dB par mètre (Nedwell et Howell, 2004). Une autre série de mesures acoustiques a été réalisée lors de travaux de fonçage de pieux à Town Quay, Southampton en septembre 2003. Le niveau sonore du fonçage de pieux par battage sur des pieux de 508 mm de diamètre était en moyenne de 189 dB re : 1 µPa à 1 m de la source et de 201 dB re : 1 µPa à 1 m de la source pour des pieux de 914 mm de diamètre. L'atténuation a été évaluée à 0,15 dB par mètre (Nedwell et Howell, 2004). Dans les eaux peu profondes de Hong Kong, une étude a été réalisée afin de tester l'efficacité d'un rideau de bulle comme mesure d'atténuation. Les pieux étaient enfoncés à l'aide d'un marteau diesel de six tonnes qui déploie une énergie de 90 Kj. Toutefois, aucune spécificité sur le type de pieu n'a été fournie dans l'étude. Les sons émis dans un intervalle de fréquences de 100 Hz à 26,5 kHz se situaient entre 160 et 170 dB à 250 m, 150 et 165 dB à 500 m et entre 150 et 160 dB à 1 000 m (Würsig *et al.*, 1999). En 2003, Vagle a effectué une revue d'installation de pieux dans les eaux côtières canadiennes. Les résultats de cette revue indiquent que pour un pieu en cèdre de 203 mm, la crête de pression du niveau sonore était de 20 KPa, 206 dB re : 1 µPa à 1 m, et de 150 KPa, 223 dB re : 1 µPa pour un pieu d'acier de 914 mm de diamètre (Vagle, 2003). Mentionnons également l'étude de Greene (1999), qui a réalisé des mesures lors de fonçage de pieux par battage en Nouvelle-Écosse et dont les résultats ont été utilisés par Jasco Research Ltd. (2006) dans le cadre du projet de terminal méthanier à Cacouna. Cette étude (Greene, 1999) indique que le fonçage de pieux par battage peut engendrer des niveaux sonores atteignant 216 dB re : 1 µPa à 1 m tandis que par vibrofonçage, la valeur peut atteindre 164,3 dB re : 1 µPa à 1 m. Enfin, selon l'étude de Nedwell et Howell (2004), il est vraisemblable que l'impact d'un marteau sur un pieu de 4 m de diamètre soit au-dessus de 200 dB re : 1 µPa à 1 m et que les intensités maximales se retrouveraient principalement dans la bande de fréquences comprises entre 100 et 1 000 Hz. Le tableau 4 présente une synthèse de l'information tirée des différentes études.

Les activités de forage quant à elles engendrent des sons de plus bas niveau et de plus basse fréquence. Les navires de forages et les installations semi-submersibles de forage émettent des niveaux sonores entre 145 et 191 dB re : 1 µPa à 1 m (Nedwell et Howell, 2004).

TABLEAU 4 — Niveaux sonores émis lors de fonçage de pieux par battage

Étude de référence	Type de pieu	Diamètre du pieu (mm)	Fréquence (Hz)	Pression (dB re : 1 µPa)	Distance (m)
Nedwell et Howell, 2004		700		192	1
Nedwell et Howell, 2004		508		189	1
Nedwell et Howell, 2004		914		201	1
Würsig <i>et al.</i> , 1999			de 100 Hz à 26,5 KHz	de 160 à 170	250
Greene, 1999				216	1
Würsig <i>et al.</i> , 1999			de 100 Hz à 26,5 KHz	de 150 à 165	500
Würsig <i>et al.</i> , 1999			de 100 Hz à 26,5 KHz	de 150 à 160	1 000
Vagle, 2003	cèdre	203		206	1
Vagle, 2003	acier	914		223	1

Enfin, la valeur de 216 dB re : 1 µPa à 1 m a été retenue comme la valeur de référence dans le cadre du projet Rabaska pour représenter le niveau sonore du fonçage de pieux par battage et évaluer les impacts de la construction sur les poissons.

4.2 Évaluations des niveaux sonores sous-marins des remorqueurs et des méthaniers de référence (160 000 m³) et des méthaniers de classe Qflex (216 000 m³)

Les méthaniers qui seront utilisés pour le terminal Rabaska mesureront 290 m de long, 44 m de large pour une capacité de 160 000 m³ et un tonnage en port lourd de 74 400 t. Leur longueur est donc similaire à des porte-conteneurs ou à des navires très gros porteurs (tableau 5). Concernant les méthaniers de classe QFlex, leur capacité est estimée à 216 000 m³ pour une longueur de 315 m, une largeur de 50 m et un tonnage en port lourd de 100 000 t. Là encore, leur longueur s'apparente à certains navires très gros porteurs (tableau 5). Par conséquent, on peut considérer que le niveau sonore sous-marin engendré par les méthaniers sera similaire à ce type de navire, soit une valeur située entre 180 et 190 dB re : 1 µPa.

Enfin, la valeur de 190 dB re : 1 µPa à 1 m a été retenue comme la valeur de référence dans le cadre du projet Rabaska pour représenter le niveau sonore des méthaniers et évaluer les impacts de l'amarrage et de l'appareillage de ces navires sur les poissons.

TABLEAU 5 — Résumé des intensités sonores produites par le trafic maritime. Données tirées de Richardson *et al.* (1995)

Type d'embarcation	Description	Longueur (m)	Fréquence (Hz)	Intensité sonore (dB re : 1 µPa- 1 m)	Remarques
remorqueur	barge vide	25	37	166	
remorqueur	barge pleine		1 000	170	
remorqueur	barge vide		1 000	164	
remorqueur	barge pleine		5 000	161	Les données ne couvrent pas l'ensemble des fréquences générées par les bateaux ce qui peut sous-estimer l'intensité sonore à la source
remorqueur	barge vide		5 000	145	
chalutier			100	158	
bateau de relève		16	90	156	
conduite moteur hors bord	2 x 80 HP	7	630	156	
bateau de pêche	7 nœuds	12	de 250 à 1 000	151	
zodiac	moteur hors bord : 25 HP	5	6 300	152	
cargo		135	41	172	
pétrolier		135	428	169	
pétrolier		179	60	180	
navire porte-conteneur		219	33	181	Les données représentent la fréquence où l'intensité sonore était la plus élevée
vraquier			28	180	
navire très gros porteur		340	6,8	190	
navire très gros porteur		266	7,6	187	
navire très gros porteur		337	7,2	185	
navire porte-conteneur		274	38,3	186	

4.3 Effets potentiels d'une augmentation du niveau de bruit sous-marin sur les poissons

4.3.1 Revue de littérature sur les effets potentiels d'une augmentation du bruit sous-marin sur les poissons

Les poissons détectent les sons sous-marins grâce à leur système acoustique comprenant la vessie natatoire, l'oreille interne et la ligne latérale (Caltrans, 2001). De façon générale, on peut distinguer deux classes de poissons en terme de capacités auditives, soit les non spécialistes qui détectent les sons entre 500 et 1 000 Hz avec une meilleure audition pour les fréquences de 100 à 400 Hz, et les spécialistes, capables de détecter des sons de plus de 3 000 Hz avec une meilleure sensibilité auditive entre 300 et 1 000 Hz. Parmi les espèces spécialistes, on retrouve les poissons de l'ordre des clupéiformes dont l'aloose savoureuse qui détectent des sons à des fréquences

supérieures à 200 KHz (Caltrans, 2001 ; Popper, 2005 ; Popper, Fisheries Research, Higgs *et al.*, 2003).

Les sons générés sous l'eau par des activités humaines telles que le trafic maritime, le fonçage de pieux et l'exploration sismique montrent principalement des fréquences en dessous de 1 000 Hz, soit dans l'échelle audible de la majorité des poissons (Richardsons *et al.*, 1995).

Bien que certaines études aient déjà été réalisées, l'aspect du signal sonore à considérer pour évaluer l'impact d'une augmentation du bruit sur les poissons demeure imprécis. La pression maximale que peut atteindre un son, soit le niveau de pression de crête, constitue généralement le seul paramètre mesuré pour évaluer l'impact du fonçage de pieux sur les poissons. Ce paramètre détermine le stress induit par le son sur la vessie natatoire et l'oreille des poissons.

Selon l'étude de Hasting et Popper (2005), les impacts potentiels de l'augmentation du bruit sur les poissons sont :

- la réaction comportementale ;
- le masquage des sons biologiquement appropriés ;
- un comportement d'évitement ;
- le stress pouvant entraîner une réponse physiologique ;
- une altération ou une perte de l'audition par destruction ou traumatisme des tissus auditifs ;
- d'autres dommages physiques pouvant entraîner la mort pour certains (éclatement de la vessie natatoire, rupture de vaisseaux sanguins).

L'impact le plus documenté est l'éloignement des poissons de la source de bruit. La majorité des observations ont été effectuées lors de relevés sismiques utilisant des canons à air ou lors d'essais de sonars. Certaines études (Engas *et al.*, 1996 ; Hasting *et al.*, 2005 ; Mitson, 1995) indiquent que les poissons reviennent sur le site une fois le bruit terminé. La majorité des études sur les autres impacts potentiels relèvent aussi d'expériences effectuées lors de relevés sismiques ou de tests avec des sonars qui montrent des caractéristiques acoustiques différentes du fonçage de pieux. Le stress est, quant à lui, un facteur difficile à quantifier et les études s'appuient notamment sur le fait que l'augmentation du bruit ambiant provoque le stress chez les humains et, par conséquent, doit en induire un chez les poissons. Hasting *et al.*, (2005) a utilisé une hormone servant de traceur du stress (corticostéroïdes) afin de mesurer le stress d'un poisson soumis à un bruit accru mais n'a observé aucune augmentation significative lors de ces travaux. Les cas de mortalité recensés des poissons exposés à une source de bruit sont essentiellement dus à la proximité forcée des poissons avec cette source, c'est-à-dire que les poissons étaient maintenus dans des cages et ne pouvaient donc pas s'éloigner. Toutefois, une étude mentionne la mortalité de poissons à proximité d'un site de fonçage de pieux (Caltrans, 2001).

Les études sur l'impact de l'augmentation du bruit sur les poissons concernant les impacts physiologiques (perte temporaire ou permanente de l'audition, rupture de vaisseau sanguin ou mort) sont limitées. Quelques études ont toutefois déterminé le seuil auditif de certaines espèces de poissons, donnant une indication sur les sons détectables par ces espèces et sur d'éventuels dommages causés par une augmentation trop brutale du son. Il faut mentionner à ce sujet une étude récente sur l'utilisation des canons à air pour la prospection sismique qui a été menée par Popper *et al.* (2005a) dans le delta de la rivière Mackenzie sur trois espèces de poissons, soit le grand brochet (*Esox lucius*), le corégone de tschir (*Coregonus nasus*) et le méné de lac (*Couesius plumbeus*). Cette dernière espèce est considérée comme spécialiste et montre une plus grande sensibilité auditive que les deux autres espèces. Aucun effet comportemental ou physiologique n'a été trouvé pour les corégones alors que les deux autres espèces ont montré une perte auditive temporaire lorsqu'ils étaient exposés à l'utilisation de canons à air avec un niveau sonore d'exposition de 180 dB re : 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$.

Un rapport récent fait état d'un critère temporaire pour les préjudices infligés aux poissons exposés à une activité de fonçage de pieux. Ce critère est établi à un niveau sonore d'exposition de 187 dB re : 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ et un niveau de pression de crête de 208 dB re : 1 μPa pour un coup, mesuré à 10 m de la source. Au-delà de ces valeurs, les auteurs indiquent que les effets sur les poissons pourraient être importants selon les espèces et que les effets cumulatifs sont inconnus (Popper *et al.*, 2006).

Dans la présente étude, les espèces qui nous préoccupent plus particulièrement sont les espèces migratrices à statut particulier comme l'alose savoureuse, l'anguille d'Amérique et l'esturgeon noir. L'éperlan arc-en-ciel est aussi considéré en raison de la présence d'un site de fraie à l'embouchure du ruisseau de l'Église à plus de 4 km en aval de la zone des travaux.

L'alose savoureuse est considérée comme étant un poisson spécialiste quant à ses capacités auditives. En effet, elle est capable de détecter des ultrasons et aurait développé un système lui permettant d'éviter la prédation par les odontocètes qui repèrent leur proie par l'écholocation. Platcha and Popper (2003) ont montré que des aloses savoureuses soumises à différents types de sons montraient de fortes réactions comportementales de panique et de nage erratique pour des niveaux d'exposition sonores supérieurs à 185 dB re : 1 μPa . Tandis que pour des niveaux sonores d'exposition situés entre 175 et 185 dB re : 1 μPa , les aloses savoureuses réagissaient en s'éloignant de la source sonore. Très peu de données existent pour les esturgeons, mais ils sembleraient capables de détecter des sons inférieurs à 100 Hz voire même 1 000 Hz et de localiser la source du son. Leur seuil auditif est toutefois inconnu à ce jour (Popper, 2005b). On sait également que certaines espèces d'esturgeons produisent des sons notamment pendant la période de reproduction mais on ne connaît pas l'importance de ce phénomène et la littérature très pauvre sur le sujet ne donne aucune information sur l'esturgeon noir précisément. Aucune information détaillée ne semble exister en ce qui a trait aux effets du bruit sur l'anguille d'Amérique et l'éperlan arc-en-ciel.

4.3.2 Évaluation des impacts – Phase construction

La revue de littérature a permis d'établir des critères quant aux effets possibles d'une augmentation du bruit ambiant sous-marin. Ces derniers ont été séparés en deux catégories, soit les effets physiologiques et les effets sur le comportement (ex. : obstacle à la migration, déplacement). L'intensité sonore susceptible d'avoir un impact physiologique sur les poissons a donc été établie à 200 dB re : μPa à 1 m en fonction des études de Popper *et al.* (2006) tandis que l'intensité sonore susceptible d'avoir un impact sur le comportement des poissons a été fixée à 170 dB re : μPa à 1 m (Platcha et Popper, 2003). L'équation d'atténuation du bruit en fonction de la distance établie dans le cadre de cette étude (section 3.3, figure 8) a donc été utilisée pour évaluer la distance à laquelle ces critères étaient atteints. Une valeur de 216 dB re : μPa à 1 m a donc été utilisée comme source de bruit représentant le fonçage de pieux par battage. Les résultats de cet exercice sont présentés sur la carte 4. On note que le seuil 200 dB re : μPa est atteint à moins de 10 m alors que celui de 170 dB re : μPa est atteint à une distance de 185 m. Durant le fonçage de pieux, soit un maximum de trois pieux par jour pendant environ une heure par pieu, une zone d'environ 10,8 ha par pieu (zone de plus de 170 re : μPa) pourrait constituer un obstacle au déplacement des poissons en rive droite. Durant cette période, le secteur plus au large et la rive gauche ne seraient donc pas perturbés par cette augmentation du bruit et permettraient le passage des poissons. Compte tenu qu'une grande portion du fleuve demeure disponible pour la migration et que l'effet de barrière comportementale ne sera que d'une durée limitée d'environ trois heures par jour, cet impact est donc considéré comme faible.

Pour ce qui est des effets physiologiques possibles, on note que le seuil de 200 dB re : μPa est atteint à une distance de moins 10 m et correspond à une surface d'environ 314 m² centrée sur le pieu mis en place. La superficie de la zone supérieure à 200 dB re : μPa fait en sorte que des poissons pourraient être affectés par le bruit lors du fonçage de pieux. Les poissons de plus petite taille sont les plus susceptibles d'être affectés, principalement parce qu'ils sont moins bons nageurs. De façon générale, ces poissons recherchent les zones peu profondes (0-2 m) situées le long de la rive (distance de 20 à 100 m de la rive selon la marée). La mise en place d'une mesure d'atténuation simple telle que l'émission de bruit de plus faible intensité avant de commencer le fonçage pourrait assurer le déplacement des poissons à l'extérieur de la zone problématique. Ce bruit pourrait simplement être généré par le martelage d'un pieu avec un marteau hydraulique sans toutefois que celui-ci ne soit à sa pleine charge. Une évaluation de l'efficacité de cette mesure afin d'évaluer l'intensité du bruit et la durée nécessaire pour provoquer le déplacement des poissons pourrait être réalisée avant de l'appliquer de façon standard ainsi que le suivi de la présence de poissons blessés ou assommés. La littérature mentionne aussi l'utilisation de rideau de bulles comme mesure d'atténuation, qui pourrait selon Würsig *et al.* (1999), permettre une réduction du bruit de 3 à 5 dB. Toutefois à cause de la force du courant au site de la jetée du terminal Rabaska, et ce, autant à marée montante (3,0 nœuds) qu'à marée descendante (4,5 nœuds), il est peu probable que cette mesure soit d'une grande efficacité.

Projet Rabaska - Terminal méthanier

Schéma de la propagation du bruit dans l'eau
durant les travaux de fonçage d'un pieu par
battage – Phase construction
(source utilisée : 216 dB re : μPa à 1 m)

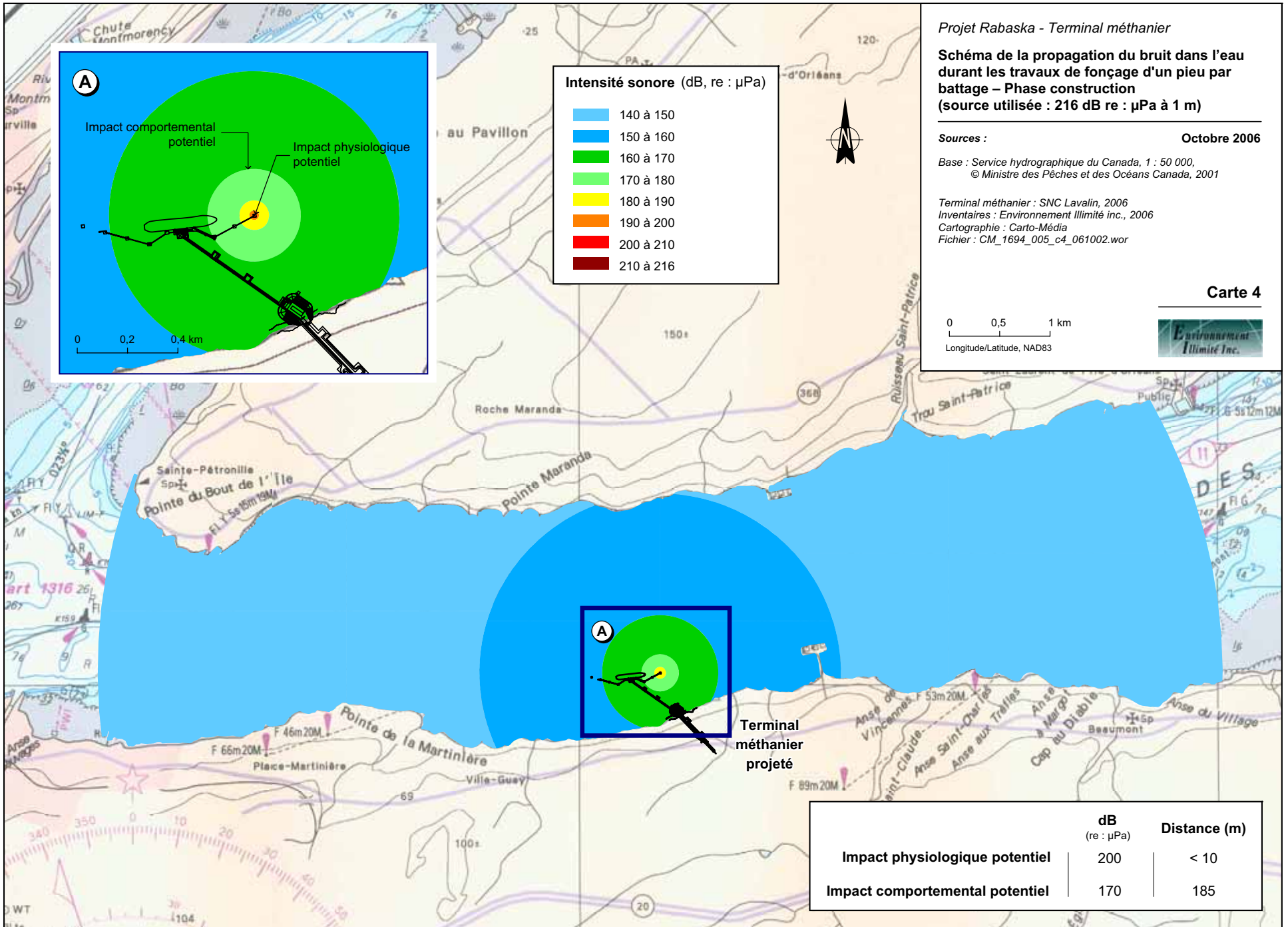
Sources : Octobre 2006

Base : Service hydrographique du Canada, 1 : 50 000,
© Ministre des Pêches et des Océans Canada, 2001

Terminal méthanier : SNC Lavalin, 2006
Inventaires : Environnement Illimité inc., 2006
Cartographie : Carto-Média
Fichier : CM_1694_005_c4_061002.wor

Carte 4

0 0,5 1 km
Longitude/Latitude, NAD83



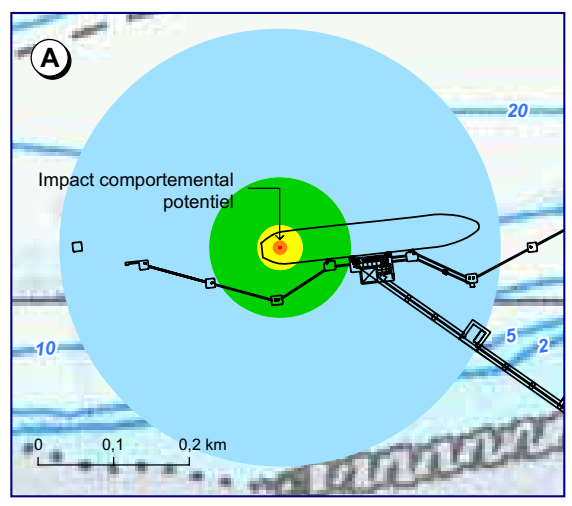
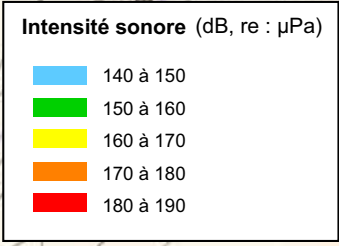
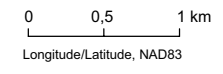
4.3.3 Évaluation des impacts – Phase exploitation

La source d'impact sonore en phase exploitation comprend essentiellement les déplacements des bateaux à proximité du terminal. Le niveau sonore des méthaniers et des remorqueurs a été établi à 190 dB re : 1 μ Pa à 1 m basé sur la revue de littérature de la section 4.2. Étant donné que la source est inférieure à 200 re : 1 μ Pa, aucun effet physiologique sur les poissons n'est appréhendé. Pour ce qui est de l'effet du bruit sur le comportement des poissons, on note que le seuil de 170 dB re : 1 μ Pa est atteint à une distance d'environ 10 m correspondant à une superficie de 314 m² centrée sur la position du navire (carte 5). Étant donné la faible superficie de la zone d'impact comportemental, le cumul entre le bruit causé par les méthaniers et celui causé par les remorqueurs sera négligeable. Compte tenu du fait qu'il n'y aura qu'un seul navire à tous les six jours et que la superficie pouvant affecter le comportement des poissons est relativement limitée, les impacts de l'augmentation du bruit durant la phase exploitation sont considérés comme très faibles. Des navires se rapprochant de la taille des méthaniers circulent déjà relativement souvent dans la voie maritime. En effet, selon les données de trafic maritime obtenues pour la période des relevés (du 14 au 18 juillet), des navires de plus de 200 m de longueur fréquentent régulièrement la zone d'étude et un navire de 274 m avec un tonnage en port lourd de 159 000 tonnes métriques est passé à deux reprises entre le 13 et le 20 juillet 2006 (annexe 5). Par conséquent, le bruit causé par l'appareillage ou l'amarrage d'un navire par six jours au terminal n'aura pas d'impact significatif sur les poissons compte tenu de la courte durée des manœuvres d'évitement (entre 15 et 30 minutes).

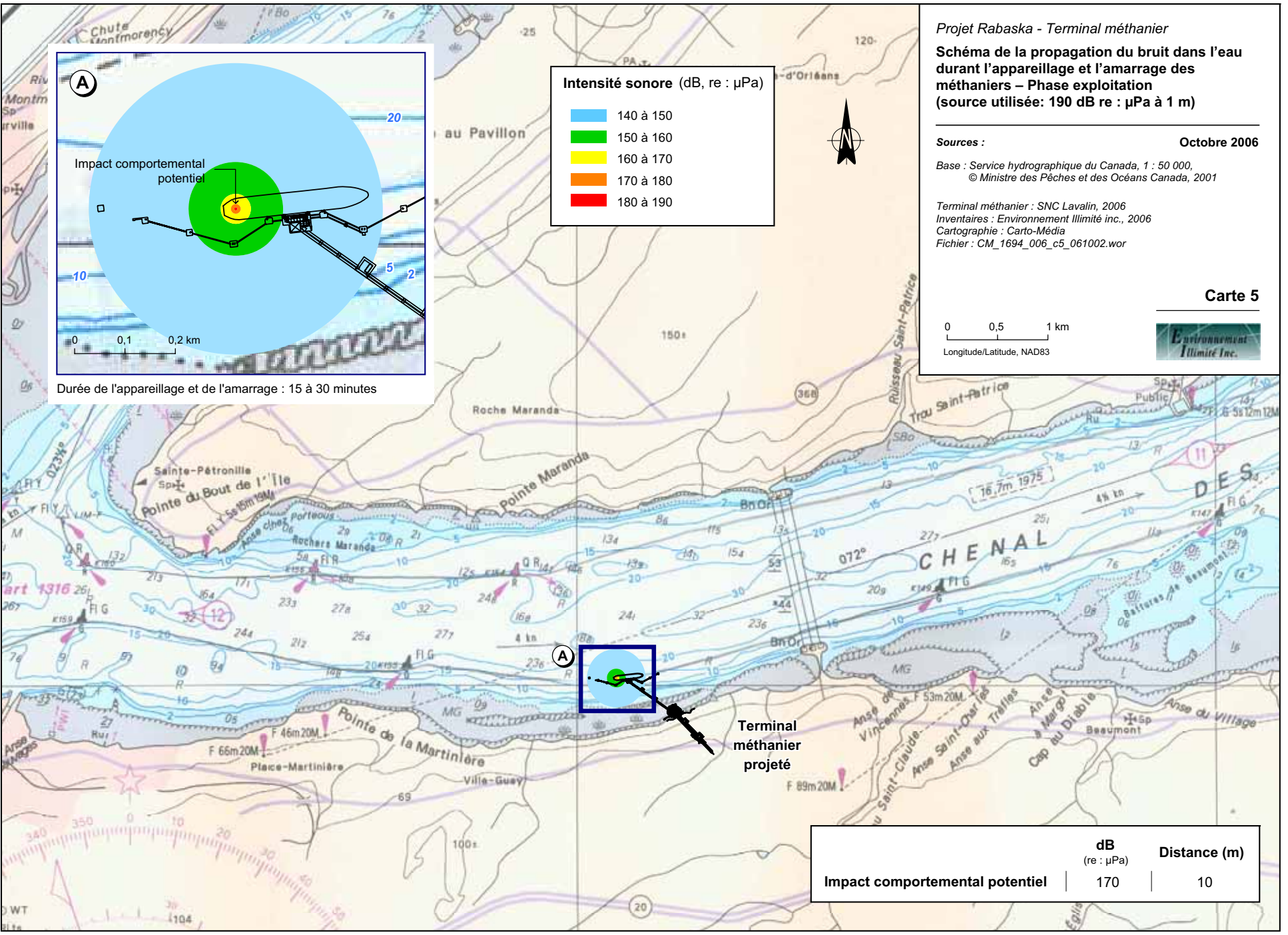
Projet Rabaska - Terminal méthanier
Schéma de la propagation du bruit dans l'eau
 durant l'appareillage et l'amarrage des
 méthaniers – Phase exploitation
 (source utilisée: 190 dB re : μ Pa à 1 m)

Sources : Octobre 2006
 Base : Service hydrographique du Canada, 1 : 50 000,
 © Ministre des Pêches et des Océans Canada, 2001
 Terminal méthanier : SNC Lavalin, 2006
 Inventaires : Environnement Illimité inc., 2006
 Cartographie : Carto-Média
 Fichier : CM_1694_006_c5_061002.wor

Carte 5



Durée de l'appareillage et de l'amarrage : 15 à 30 minutes



	dB (re : μ Pa)	Distance (m)
Impact comportemental potentiel	170	10

5 CONCLUSION

La présente étude a permis d'établir l'état de référence quant au bruit ambiant sous-marin dans la zone d'étude du projet Rabaska. Les valeurs moyennes mesurées aux différentes stations ont varié entre 146,2 et 156,9 dB re : 1 μ Pa ; fréquences : de 200 à 10 000 Hz. Les enregistrements réalisés ont aussi permis d'évaluer le bruit sous-marin engendré par le passage des navires commerciaux dans ce secteur. Ces résultats montrent essentiellement que lors du passage d'un navire, il y a une augmentation du bruit ambiant variant entre 10 et 20 dB re : 1 μ Pa et que dans tous les cas cette augmentation est supérieure au percentile 95 %, et ce, pour les différentes fréquences ($1/3$ octave, dB re : 1 μ Pa fréquences : de 200 à 10 000 Hz). De plus, l'atténuation du bruit en fonction de la distance a aussi été calculée afin de permettre d'évaluer les impacts du projet sur les poissons. Durant la phase construction, une zone d'environ 10,8 ha par pieu (zone de plus de 170 re : μ Pa) pourrait constituer un obstacle au déplacement des poissons en rive droite. Toutefois, compte tenu qu'une grande portion du fleuve demeure disponible pour la migration et que l'effet de barrière comportementale ne sera que d'une durée limitée d'environ 3 heures par jour, cet impact est donc considéré comme faible. En ce qui a trait aux impacts physiologiques potentiels sur les poissons, la mise en place d'une mesure d'atténuation simple telle que l'émission de bruit de plus faible intensité avant de commencer le fonçage pourrait assurer le déplacement des poissons à l'extérieur de la zone problématique. Ce bruit pourrait simplement être généré par le martelage d'un pieu avec un marteau hydraulique sans toutefois que celui-ci ne soit à sa pleine charge. Enfin, le bruit généré par les méthaniers et les remorqueurs lors de l'appareillage et de l'amarrage (une fois à tous les six jours) sera de courte durée (de 15 à 30 minutes) et ne sera pas vraiment supérieur à certains autres navires passant dans le secteur et n'aura donc pas d'impact significatif sur les poissons.

6 BIBLIOGRAPHIE

- CALTRANS. 2001. Pile Installation Demonstration Project, San Francisco-Oakland Bay Bridge, East Span Seismic Safety Project, Fisheries Impact Assessment.
- ENGAS, A., S. LOKKEBORG, E. ONA, ET A.V. SOLDLA. 1996. Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Can. J. Fis. Aquat. Sci.* 53 :2238-2249.
- GREENE, C.R. JR. 1999. *Piledriving and vessel sound measurements during installation of a gas production platform near Sable Island, Nova Scotia, during March and April, 1998*. Greeneridge Sciences, inc. Final Report 205-2.
- HASTINGS, M.C., ET A.N. POPPER. 2005. *Effects of sound on fish*. Unpublished report prepared for California Department of Transportation. [en ligne] [[http://www4.trb.org/trb/crp.nsf/reference/boilerplate/Attachments/\\$file/EffectsOfSoundOnFish1-28-05\(FINAL\).pdf](http://www4.trb.org/trb/crp.nsf/reference/boilerplate/Attachments/$file/EffectsOfSoundOnFish1-28-05(FINAL).pdf)].
- HIGGS, D.M., D.T.T. PLATCHA, A.K. ROLLO, M. SINGHEISER, M.C. HASTINGS ET A.N. POPPER. 2003. Development of ultrasound detection in American shad (*Alosa sapidissima*). *The journal of experimental biology*. 207, 155-163.
- JASCO RESEARCH LTD. 2006. Cacouna energy LNG terminal: Assessment of underwater noise impacts. Report submitted to Golder Associate Ltd. 39 p.
- MITSON, R.B. 1995. Underwater noise of research vessels. *Cooperative research report*, No. 209, International council for the exploration of the sea, Copenhagen, Denmark.
- NEDWELL, DR. J. ET MR. D. HOWELL. 2004. A review of offshore windfarm related underwater noise sources. *COWRI report* No. 544R0308, 57 p.
- PLACHTA, D.T.T. ET A.N. POPPER. 2003. Evasive responses of American Shad (*Alosa sapidissima*) to ultrasonic stimuli; Acoustical Society of America; Acoustics Research Letters Online; Published Online 27 January 2003; <http://scitation.aip.org/ARLO/>.
- POPPER, A.N., M.E SMITH, P.A. COTT, B.W. HANNA, A.O. MACGILLIVRAY, M.E. AUSTIN ET D.A. MANN. 2005a. Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. *J. acoust. Soc. Am.* 117(6).

- POPPER, A.N. 2005b. *A review of hearing by sturgeon and lamprey*. Submitted to the U.S. Army Corps of engineers, Portland, District.
- POPPER, A.N. Effects of anthropogenic sounds on fishes. www.fisheries.org Vol. 28 No. 10.
- POPPER, A.N., T.J. CARLSON, A.D. HAWKINS, B.L. SOUTHALL ET R.L. GENTRY. 2006. *Interim criteria for injury of fish exposed to pile driving operations: A White Paper*.
- RICHARDSON, J.W., C.R. GREENE JR., C.I. MALME ET D.H. THOMSON. 1995. *Marine mammals and noise*. Academic press.
- VAGLE, S. 2003. On the impact of underwater pile driving noise on marine life, *Acoustical noise levels from pile driving work in Sicamous Narrows*. May 9-10, 2001.
- WÜRSIG, B., C.R. GREENE JR. ET T.A. JEFFERSON. 1999. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research* 49 (2000) 79-93.

7 Répertoire photographique



PHOTO 1 — Télémètre laser (Laser Technologie inc. ; modèle : Impulse 200XL avec option MapStar)



PHOTO 2 — L'observateur positionné en rive et mesurant le positionnement d'un navire

Répertoire photographique



PHOTO 3 — Bordure en rive exondée à marée basse au site du terminal



PHOTO 4 — Ruisseau de l'Église à marée basse montrant la barrière de roche limitant la propagation du son à l'embouchure

ANNEXE 1

Détails techniques du type de sonde utilisée pour les enregistrements de l'ambiance sonore sous-marine

Autonomous Recording Units (ARUs) Pop-Up Ocean-Bottom Recorders

Table of Contents

[Overview](#)

[Functional summary](#)

[Deployment and retrieval](#)

[Programmable recording schedules](#)

[Recording life and data capacity](#)

[Availability](#)

The Cornell Bioacoustics Research Program has developed an autonomous acoustic recording device for deployment on the ocean floor at depths up to 6000 m. The device, known as a "pop-up," includes a microprocessor, one or more hard disks for data storage, acoustic communications circuitry, and batteries, all sealed in a single 17-inch glass sphere. An external hydrophone is connected to the internal electronics through a waterproof connector. At the conclusion of a mission, the positively buoyant sphere separates itself from its anchor and "pops up" to the surface for retrieval.

As of August 2005, pop-ups have been successfully deployed in 65 separate BRP projects. Figure 1, below, shows two minutes of data from one of the pop-ups deployed off southern California in 1997, showing the calls of a blue whale and a fin whale.

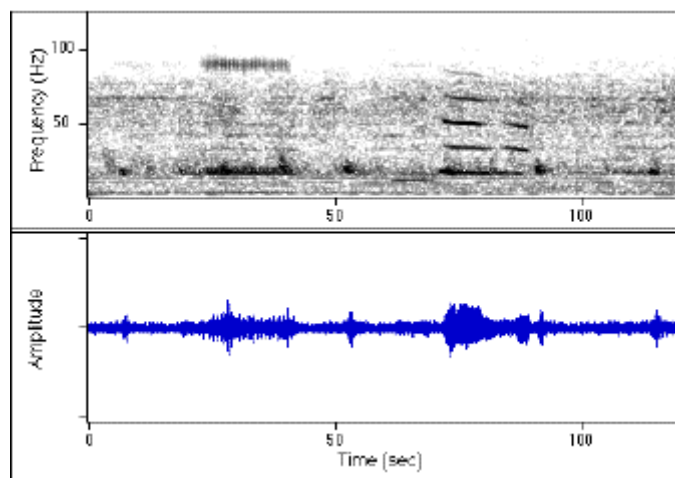


Figure 1. Waveform and [sound spectrogram](#) of a two-part blue whale call recorded off of southern California by a pop-up. The dark spots at 20-second intervals at 19 Hz are calls from a fin whale. The original data were recorded at a sampling rate of 2000 Hz, then filtered and decimated to 250 Hz.

Functional summary

Figure 2 illustrates the relationships among the major components of the pop-up. Figure 3 shows a fully assembled pop-up in its shipping case.

The analog acoustic signal from the hydrophone is routed, via a low-pass (anti-aliasing) filter, to two separate microprocessors that control data acquisition and communications, respectively.

The data acquisition (DA) processor performs analog-to-digital conversion and saves the digitized acoustic data to hard disk according to a programmed acquisition schedule. The DA processor can also send a signal to the communications processor to initiate release of the anchor at a predetermined time. The DA processor can be reprogrammed or tested after the pop-up is sealed (e.g., on deck before deployment) via a laptop computer connected to the pop-up's waterproof external connector.

The communications processor monitors the acoustic signal from the hydrophone, and controls the burn wire release mechanism and the piezoelectric pinger that is used to acknowledge receipt of an acoustic signal from a surface vessel. It also can receive an "internal release" signal from the data acquisition computer. When an acoustic or internal release signal is detected, the communications processor applies a voltage to the burn wire, which then corrodes within 5 minutes, releasing the pop-up from its anchor. When an acoustic query signal is detected, the computer transmits an acoustic response via the pinger.

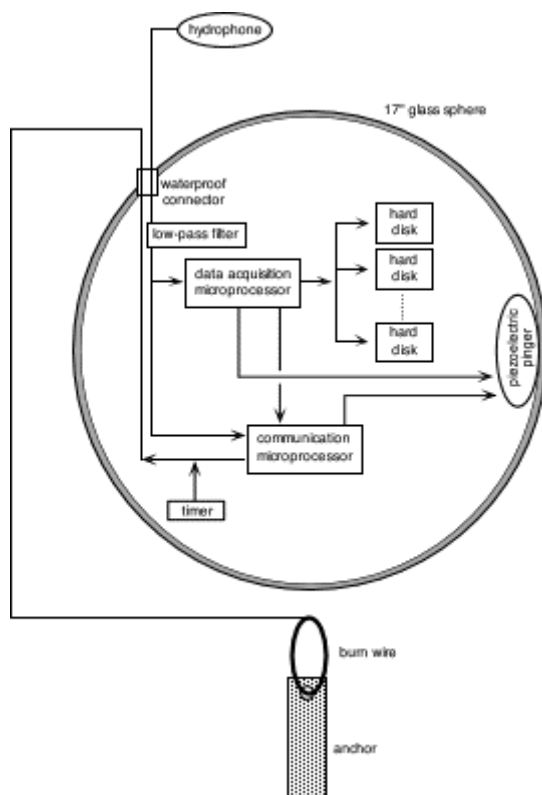


Figure 2. The major functional components of a pop-up.

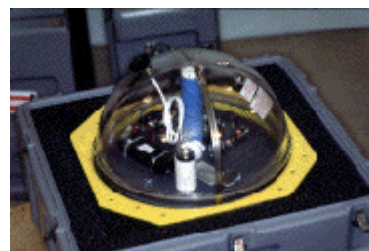


Figure 3. Pop-up recorder in shipping case.

Deployment and retrieval

The device can be deployed from a surface vessel by two people without using mechanical aides. Each pop-up weighs approximately 20 kg (without an anchor). The unit is retrieved by a surface vessel equipped with an acoustic transponder unit that communicates with the deployed pop-up. Prior to deployment, the sphere is encased in a plastic "hardhat" case.

Figure 4 shows a pop-up being deployed over the side of a sailboat off the coast of Massachusetts.

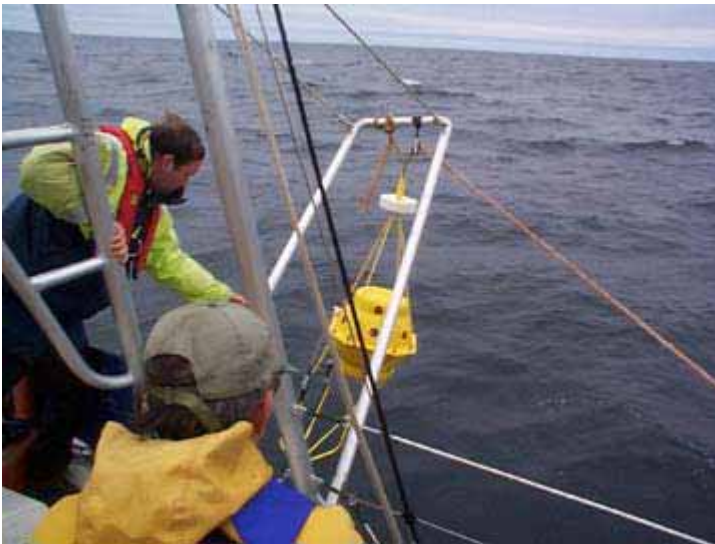


Figure 4. Pop-up recorder being lowered into the ocean from the deck of the vessel "The Song of the Whale" during a deployment sponsored by IFAW, May 2000. The glass sphere is enclosed in the yellow protective "hardhat" case.

The case is connected to an anchor by a stainless steel burn wire that corrodes when a voltage is applied to it. At the completion of the mission, the burn wire is electrified to +27 volts, causing it to corrode and break within approximately 5 minutes. The sphere and its hardhat case then separate from the anchor, and the sphere rises to the surface. The release can be activated by sending a coded acoustic signal from the retrieval vessel on the surface. Additionally, the microprocessor can also be preprogrammed to initiate a release at a specified time. Finally, a separate "fail-safe" timer guarantees eventual release.

When the retrieval vessel is near a deployed pop-up (as determined by GPS), the vessel can communicate with the pop-up via an acoustic transponder. When the pop-up receives the appropriate signal from a vessel on the surface, it acknowledges by emitting its own acoustic response signal. Depending on what signal is sent from the surface vessel, the pop-up responds either with its acoustic response alone, or by triggering the burn wire to release the anchor.

To facilitate retrieval, the pop-up is equipped with a VHF beacon transmitter and a high-intensity strobe light which are automatically turned on when the device reaches the surface. The retrieval vessel can then locate the floating pop-up either visually or by use of a directional

receiver tuned to the same frequency as the pop-up's beacon transmitter.

Once the pop-up has been retrieved, the hard disks are removed from the sphere and the acoustic data are downloaded for analysis or storage. After the data are downloaded, the disks are erased and returned to the pop-up, new batteries are installed, and the pop-up can be re-deployed.

Programmable recording schedule Recording life and data capacity

Version 1 pop-ups, circa 1997, recorded continuously for 10 days, with a pre-programmed start and stop time. Newer versions can record according to a predetermined sampling schedule that is downloaded to the unit's microprocessor prior to deployment.

Version 1 pop-ups had a recording life of 10 to 21 days, recording continuously at a sampling rate of 2000 Hz. The total amount of data collected by these units was limited by battery life rather than data storage capacity. Version 2 pop-ups (first deployed in 1998) have a maximum deployment life of approximately 90 days (assuming continuous recording). This increase results from power-saving improvements in circuit design and use of lithium batteries or an extra battery pack, rather than the alkaline cells used in version 1. Still longer lifetimes have been achieved by a reduced (meaning: less than continuous) recording schedule or by recording at a lower sampling rate.

At the present time, each pop-up carries one hard drive, capacity up to 80GB. The actual amount of data that can be stored depends on the recording schedule and the sampling rate.

Availability

Call 607-254-2408 for leasing information..

Bioacoustics Research Program, Cornell Lab of Ornithology
159 Sapsucker Woods Rd, Ithaca, NY 14850
phone 607-254-2408; fax 607-254-2460

[Bioacoustics Research Program Site Map](#)

[About the Bioacoustics Research Program](#)

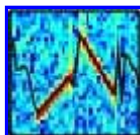
[Publications from Our Research Projects](#)



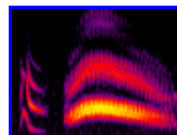
[Bioacoustics](#)



[Research in](#)



[Research in](#)



[Sound Analysis](#)



[Sound](#)

ANNEXE 2

**Matériel utilisé pour les mesures d'atténuation
du bruit en fonction de la distance**



Lubell LL9162

**Underwater Acoustic Projector
Underwater Acoustic Transducer
Underwater Speaker**

**High-Power Broadband Piezoelectric
Underwater Transducer for Military and
Scientific Applications**

SPECIFICATIONS

- **Frequency Range:** 240Hz - 20kHz
- **SPL:** 186dB/uPa/m @ 900Hz, 190dB/uPa/m @ 10.6kHz (see [plot](#))
- **Max Voltage:** 50 Vrms
- **Max Current:** 3A @ 100% D.C.; 6A @ 25% D.C. (use 3A SB fuse)
- **Impedance:** 10 ohms minimum (see impedance [plot](#) or tabular [data](#))
- **Operating Depth:** 6' min / 50' max
- **Dimensions:** 10.75"H x 10.75"W x 8.75"D, 16 lbs (w/o cable)
- **Bulkhead Connector:** Impulse IERD2F-BC single-pin right angle
- **Cable:** Impulse IE2M-7/16 on 75' 18/2 SJOW cable
- **Resistor:** 18-136-7.5RLTC-1%
- **Warranty:** 2 year limited
- **Options:** Navy calibration (\$1500); Seacon XSJJ-3BCR bulkhead fitting; High-current toroid option (LL9162T); Custom cable (call); [150HP](#) filter (\$20); [IPA300T](#) power amp (\$589)
- **PRICE:** \$1922

Tel: (614) 235-6740, 9:00am-5:00pm EST

SALES@LUBELL.COM

[Printable brochure \(pdf\)](#); [Instruction sheet \(pdf\)](#);
[Hook-up diagram \(pdf\)](#);
[Unclassified US Navy calibration data \(pdf\)](#)

The Lubell LL9162 Underwater Acoustic Transducer is designed for general purpose military and scientific applications. The LL-9162 may also be used as an underwater loudspeaker (underwater speaker) when high power is required.

The LL-9162 has a useful frequency range of 240Hz-20kHz, a minimum impedance of 10 ohms, and an SPL of 186dB/uPa/m @ 900Hz and 190dB/uPa/m @ 10.6kHz with 50 Vrms applied. The LL-9162 must be used with the included series resistor and 3A fuse per instructions, and is connected to the 8 ohm transformer isolated tap of the IPA300T amplifier (not included). If reproducing broadband, frequencies below 240Hz must be rolled off using 150HP high-pass filter (not included).

The LL9162 withstands extreme conditions by virtue of its rugged PVC and stainless steel construction. The LL9162 includes an underwater pluggable cable that can be field replaced by the operator. The LL9162 operates at depths between 6' to 50', and may be ordered with optional pressure fitting for external bladder compensation.



Power Amplifier



Model HTA250A

- Features**
- Power MOSFET circuitry
 - Capable of continuous operation at rated output power
 - Frequency response ± 1 dB, 20 - 20,000 Hz at full rated output
 - Distortion less than 0.5% THD, 20 - 20,000 Hz
 - Multiple output voltages/impedances available
 - Automatic overload protection
 - UL listed

Description

The Bogen HTA250A Power Amplifier is a high-performance unit employing Power MOSFET technology. The unique characteristics of Power MOSFETS make them ideally suited to power amplifier design, providing far superior performance and reliability compared to other types of transistors. They offer higher efficiency, reduced heat, simpler overall design, reduced size and weight.

The Model HTA250A supplies 250 watts (rms continuous output) at less than 0.5% total harmonic distortion from 20 to 20,000 Hz. An input signal of only 500mV is required for full rated output. The input impedances are: high-impedance (50,000 ohms) unbalanced; low impedance (500/600 ohms, balanced or unbalanced) with optional accessory transformer Model TL600. Line bridging can be achieved with optional transformer Model TL100. Residual hum and noise is at least 90 dB below rated output and the output regulation is better than 2 dB from no load to full load.

The HTA250A can drive a variety of load impedances. Outputs include 4 ohms, 8 ohms, 25VCT

and 70 volts. The amplifier is capable of safely driving any recommended load continuously. The HTA250A is thermally protected to prevent damage due to excessively high temperatures; however, the amplifier will deliver the full rated output continuously, even at $+49^{\circ}\text{C}$ ($+120^{\circ}\text{F}$). Additional failure-preventive devices include overload limiting, short circuit protection, and a Slo-Blo fuse.

Electronic shutdown circuitry is automatically activated if an overload or short occurs and a front panel overload shutdown LED illuminates. Once the cause has been rectified, the unit automatically resets. The power on/off switch, located on the front panel, illuminates when power is on. The rear panel contains an input level control, input and output connections, the AC line fuse, and an auxiliary receptacle. A low-cut filter switch is located internally.

BOGEN®

Specifications subject to change without notice.
© 1998 Bogen Communications, Inc.
Part No. 54-7773-06B Printed in U.S.A. 0511

Technical Specifications

Rated Output Power:	250 watts rms
Total Harmonic Distortion:	Less than 0.5%, 20 - 20,000 Hz
Frequency Response:	±1 dB, 20 - 20,000 Hz at full rated output
Input Sensitivity:	High impedance, 500mV; Low impedance balanced, with optional transformer, 150mV
Hum and Noise:	90dB below rated output
Output Loads:	4 ohms, 8 ohms, 25VCT (2.5 ohms), 70V (20 ohms)
Output Regulation:	Better than 2 dB from no load to full load
Input Impedances:	Hi-Z, 50,000 ohms unbalanced; Lo-Z, 600 ohms, balanced or unbalanced, and 1:1 bridging with optional plug-in transformers
Low-Cut Filter:	-10 dB @ 100 Hz
Controls & Indicators:	Front panel illuminated power and shutdown LED indicators Rear Panel Input level control, Slo-Blo fuse Internal Low-Cut filter switch
Power Requirements:	120V AC, 60 Hz, 520 watts @ Full Rated Output (Idle, 60W)
Overload Protection:	Electronic overload protection Electrical 7A Slo-Blo Fuse Thermal 105° C (220° F) Thermostat
Operating Temperature Range:	-20°C (-4°F) to +49°C (+120°F) at rated output
Auxiliary Receptacle (not switched):	Three-wire grounded*, 300 watts maximum
Dimensions (without removable feet):	19" W x 11" D x 5-1/4" H (48.3 x 27.9 x 13.3 cm)
Finish:	Black
Weight:	50 lb. (22.7 kg)
Accessories:	Model TL600, line-matching transformer; Model TL100, 1:1 line-matching transformer

*This receptacle will be grounded only if the power amplifier has been grounded properly.

Architect and Engineer Specifications

The power amplifier shall be a Bogen Model HTA250A or approved equivalent using power MOSFET circuitry.

The amplifier shall deliver an audio output of 250 watts (rms continuous). Total harmonic distortion shall be less than 0.5% at the 250-watt rating over the frequency range of 20 to 20,000 Hz. The rated output shall be obtained with an input that is not greater than 500mV (rms). Hum and noise shall be at least 90 dB below rated output. The frequency response, when measured at full rated output, shall be flat within ±1dB, 20 to 20,000 Hz.

The amplifier shall provide either balanced or unbalanced constant-voltage outputs of 25 VCT and 70 volts, plus 4 and 8 ohm balanced or unbalanced outputs. Output regulation shall be within 2dB from no load to full load.

The amplifier shall provide an input of 50,000 ohms unbalanced high impedance, or 600 ohms balanced or unbalanced low impedance, or line bridging with optional accessory plug-in transformers. Overall gain shall be adjustable by means of a single level control located on the rear panel. An internal low-cut filter (-10dB @ 100Hz) shall also be provided. The front of the amplifier shall contain an illuminated on/off power switch. The amplifier shall incorporate electronic shutdown circuitry which shall activate whenever an overload or short occurs on the output of the amplifier. A

front panel overload shutdown LED shall illuminate to indicate the discontinuance of power output; the circuitry shall automatically restore power output once the cause of the shutdown condition has been removed.

The amplifier shall operate from a 120 VAC, 60 Hz source and shall consume 60 watts or less at idle and 520 watts at full rated output. The amplifier shall have thermostatic control to prevent operation at excessive ambient temperatures. The amplifier also shall include electronic overload limiting, short-circuit protection and a 7-amp Slo-Blo fuse.

The amplifier shall have a standard EIA 19-inch front panel suitable for rack mounting. The amplifier shall be 19" wide, 5-1/4" high and 11" deep, finished in black and shall weigh 50 lb.

BOGEN[®]
COMMUNICATIONS, INC.

50 Spring Street, Ramsey, New Jersey 07446, U.S.A.
201-934-8500 • Fax: 201-934-9832 • www.bogen.com

ANNEXE 3

**Informations relatives aux mesures d'atténuation
du bruit en fonction de la distance**

ANNEXE 3 — Informations relatives aux mesures d'atténuations du bruit en fonction de la distance

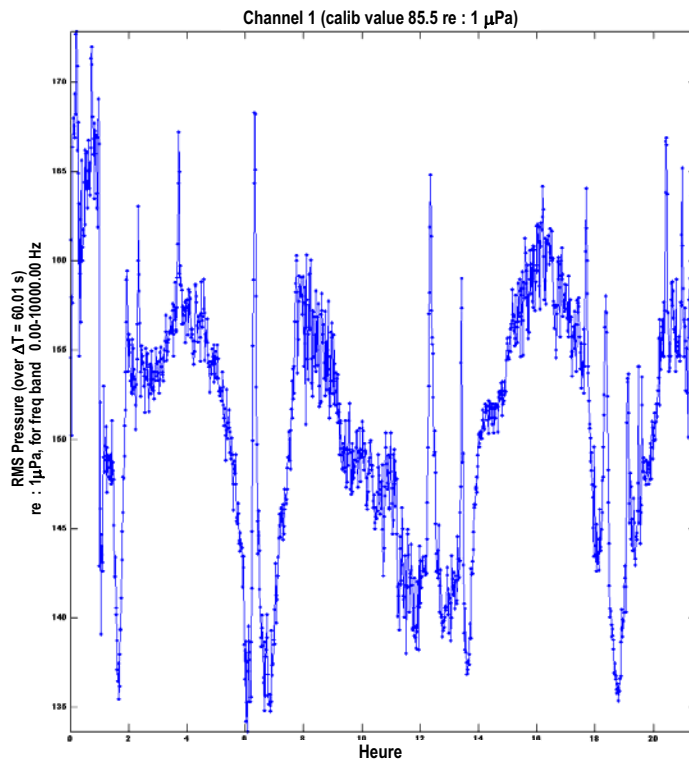
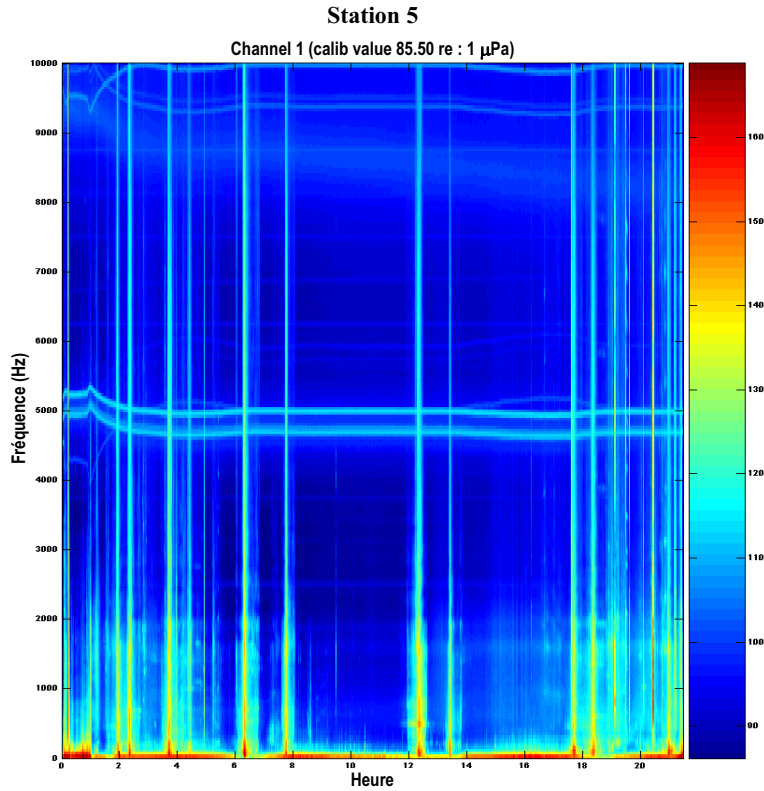
Stations- transmission	Coordonnées*		Stations- réception	Coordonnées*		Instrument	Distance (km)	Date	Heure Début	Heure Fin	Durée	Stade de marée
	X	Y		X	Y							
terminal	260870,76	5188457,29	station 5	260084,16	5188261,8	57	0,81	15-juil	11:12:00	11:17:00	00:05:00	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	15-juil	11:12:00	11:17:00	00:05:00	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	station 5	260084,16	5188261,8	57	0,81	15-juil	11:35:30	11:37:00	00:02:00	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	15-juil	11:35:30	11:37:00	00:02:00	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	station 5	260084,16	5188261,8	57	0,81	15-juil	11:42:50	11:44:20	00:01:30	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	15-juil	11:42:50	11:44:20	00:01:30	jusant
station 5	260175,18	5188273,46	station 5	260084,16	5188261,8	57	0,09	15-juil	12:31:10	12:35:10	00:04:00	jusant
station 5	260175,18	5188273,46	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,72	15-juil	12:31:10	12:35:10	00:04:00	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	station 7	262022,06	5188687,96	57	1,17	15-juil	15:32:00	15:37:00	00:04:00	jusant
terminal	260870,76	5188457,29	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	15-juil	15:32:00	15:37:00	00:04:00	jusant
terminal	260865,51	5188468,45	station 7	262022,06	5188687,96	57	1,18	16-juil	08:59:45	09:03:45	00:04:00	flot
terminal	260865,51	5188468,45	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	16-juil	08:59:45	09:03:45	00:04:00	flot
station 7	262025,92	5188693,49	station 7	262022,06	5188687,96	57	0,01	16-juil	10:18:15	10:22:15	00:04:00	flot
station 7	262025,92	5188693,49	terminal	260872,5	5188465,29	72	1,18	16-juil	10:18:15	10:22:15	00:04:00	flot
terminal	260865,51	5188468,45	station 7	262022,06	5188687,96	57	1,18	16-juil	11:06:00	11:10:00	00:04:00	marée haute
terminal	260865,51	5188468,45	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	16-juil	11:06:00	11:10:00	00:04:00	marée haute
terminal	260941,11	5188479,01	station 8	263110,82	5189000,55	57	2,23	16-juil	13:42:50	13:42:50	00:00:30	jusant
terminal	260941,11	5188479,01	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	16-juil	13:42:50	13:42:50	00:00:30	jusant
terminal	260941,11	5188479,01	station 8	263110,82	5189000,55	57	2,23	16-juil	13:44:50	13:49:00	00:04:10	jusant
terminal	260941,11	5188479,01	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	16-juil	13:44:50	13:49:00	00:04:10	jusant
terminal	260938,82	5188479,03	station 8	263110,82	5189000,55	57	2,23	17-juil	07:03:30	07:07:30	00:04:00	marée basse
terminal	260938,82	5188479,03	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	17-juil	07:03:30	07:07:30	00:04:00	marée basse
terminal	260863,9	5188457,34	station 8	263110,82	5189000,55	57	2,31	17-juil	08:34:00	08:38:00	00:04:00	flot
terminal	260863,9	5188457,34	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	17-juil	08:34:00	08:38:00	00:04:00	flot
terminal	260865,51	5188468,45	station 10	266209,07	5189629,41	57	5,47	17-juil	11:00:00	11:04:00	00:04:00	flot
terminal	260865,51	5188468,45	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	17-juil	11:00:00	11:04:00	00:04:00	flot
station 10	266107,66	5189610,62	station 10	266209,07	5189629,41	57	0,10	17-juil	11:23:00	11:27:00	00:04:00	flot
station 10	266107,66	5189610,62	terminal	260872,5	5188465,29	72	5,36	17-juil	11:23:00	11:27:00	00:04:00	flot
terminal	260866,19	5188457,32	station 10	266209,07	5189629,41	57	5,47	17-juil	11:59:30	12:03:30	00:04:00	marée haute
terminal	260866,19	5188457,32	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	17-juil	11:59:30	12:03:30	00:04:00	marée haute
terminal	260938,82	5188479,03	station 10	266209,07	5189629,41	57	5,39	17-juil	13:08:30	13:12:30	00:04:00	jusant
terminal	260938,82	5188479,03	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	17-juil	13:08:30	13:12:30	00:04:00	jusant
terminal	260939,59	5188479,02	station 10	266209,07	5189629,41	57	5,39	17-juil	18:37:00	18:41:00	00:04:00	marée basse
terminal	260939,59	5188479,02	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	17-juil	18:37:00	18:41:00	00:04:00	marée basse
voie maritime 1	260921,97	5188990,5	station 10	266209,07	5189629,41	57	5,33	17-juil	18:47:20	18:47:50	00:00:30	marée basse
voie maritime 1	260921,97	5188990,5	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,53	17-juil	18:47:20	18:47:50	00:00:30	marée basse
voie maritime 2	260989,94	5189001,12	station 10	266209,07	5189629,41	57	5,26	17-juil	18:47:52	18:48:22	00:00:30	marée basse
voie maritime 2	260989,94	5189001,12	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,55	17-juil	18:47:52	18:48:22	00:00:30	marée basse
terminal	260939,59	5188479,02	station 4	260699,04	5189866,09	57	1,41	18-juil	08:15:30	08:16:00	00:00:30	marée basse
terminal	260939,59	5188479,02	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	18-juil	08:15:30	08:16:00	00:00:30	marée basse
terminal	260939,59	5188479,02	station 4	260699,04	5189866,09	57	1,41	18-juil	08:25:30	08:29:30	00:04:00	marée basse
terminal	260939,59	5188479,02	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	18-juil	08:25:30	08:29:30	00:04:00	marée basse
terminal	260865,51	5188468,45	station 4	260699,04	5189866,09	57	1,41	18-juil	09:59:30	10:03:30	00:04:00	flot
terminal	260865,51	5188468,45	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	18-juil	09:59:30	10:03:30	00:04:00	flot
terminal	260863,98	5188468,46	station 6	261479,51	5188486,1	57	0,62	18-juil	11:27:30	11:31:30	00:04:00	flot
terminal	260863,98	5188468,46	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	18-juil	11:27:30	11:31:30	00:04:00	flot
terminal	260897,31	5188434,86	station 6	261479,51	5188486,1	57	0,58	18-juil	13:16:30	13:20:30	00:04:00	marée haute
terminal	260897,31	5188434,86	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,04	18-juil	13:16:30	13:20:30	00:04:00	marée haute
terminal	260943,4	5188479	station 2	261001,51	5188246,68	57	0,24	19-juil	08:22:00	08:26:00	00:04:00	marée basse
terminal	260943,4	5188479	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,07	19-juil	08:22:00	08:26:00	00:04:00	marée basse
voie maritime 3	264440,14	5189577,15	station 2	261001,51	5188246,68	57	3,69	19-juil	08:48:30	08:49:00	00:00:30	marée basse
voie maritime 3	264440,14	5189577,15	terminal	260872,5	5188465,29	72	3,74	19-juil	08:48:30	08:49:00	00:00:30	marée basse
voie maritime 4	264573,76	5189598,48	station 2	261001,51	5188246,68	57	3,82	19-juil	08:50:00	08:50:30	00:00:30	marée basse
voie maritime 4	264573,76	5189598,48	terminal	260872,5	5188465,29	72	3,87	19-juil	08:50:00	08:50:30	00:00:30	marée basse
terminal	260868,48	5188457,3	station 2	261001,51	5188246,68	57	0,25	19-juil	11:03:30	11:07:30	00:04:00	flot
terminal	260868,48	5188457,3	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	19-juil	11:03:30	11:07:30	00:04:00	flot
terminal	260865,51	5188468,45	station 2	261001,51	5188246,68	57	0,26	19-juil	13:53:30	13:57:30	00:04:00	marée haute
terminal	260865,51	5188468,45	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,01	19-juil	13:53:30	13:57:30	00:04:00	marée haute
T1	260895,42	5188490,46	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	0,03	19-juil	15:01:00	15:02:00	00:01:00	jusant
T2	261101,96	5188566,76	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	0,25	19-juil	15:05:40	15:06:40	00:01:00	jusant
T3	261577,31	5188685,6	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	0,74	19-juil	15:10:30	15:11:30	00:01:00	jusant
T4	262235,94	5188836,5	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	1,41	19-juil	15:15:30	15:16:30	00:01:00	jusant
T5	262840,17	5188954,52	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	2,03	19-juil	15:20:00	15:21:00	00:01:00	jusant
T6	263334,29	5189040,01	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	2,53	19-juil	15:24:10	15:25:10	00:01:00	jusant
T7	262177,23	5190126,41	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	2,10	19-juil	15:32:00	15:33:00	00:01:00	jusant
T8	260756,7	5189958,82	terminal-fond	260867,16	5188485,11	72	1,48	19-juil	15:38:05	15:39:05	00:01:00	jusant
Calibration sonde 57	260979,91	5188256,4	terminal	260872,5	5188465,29	72	0,23	19-juil	14:48:15	14:49:15	00:02:00	jusant

* Les coordonnées des stations sont en MTM zone 7, NAD83

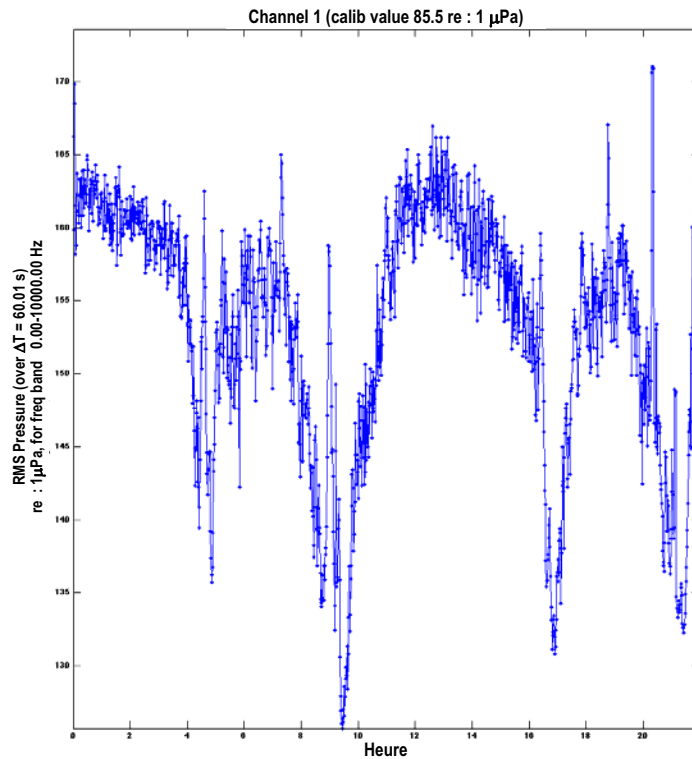
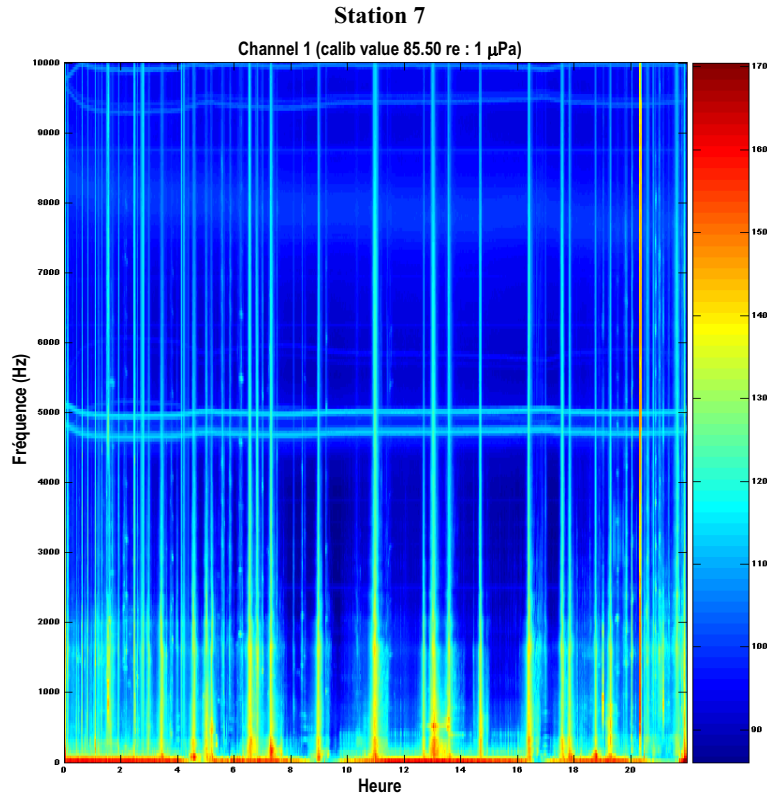
ANNEXE 4

Données d'intensité sonore du bruit ambiant et spectres de puissance mesurés aux différentes stations en fonction de la bande de fréquences étudiée

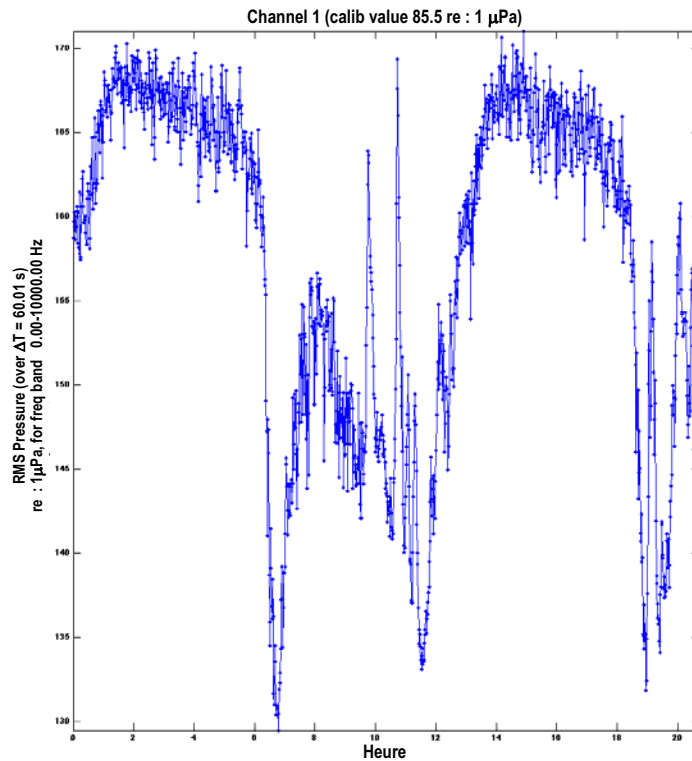
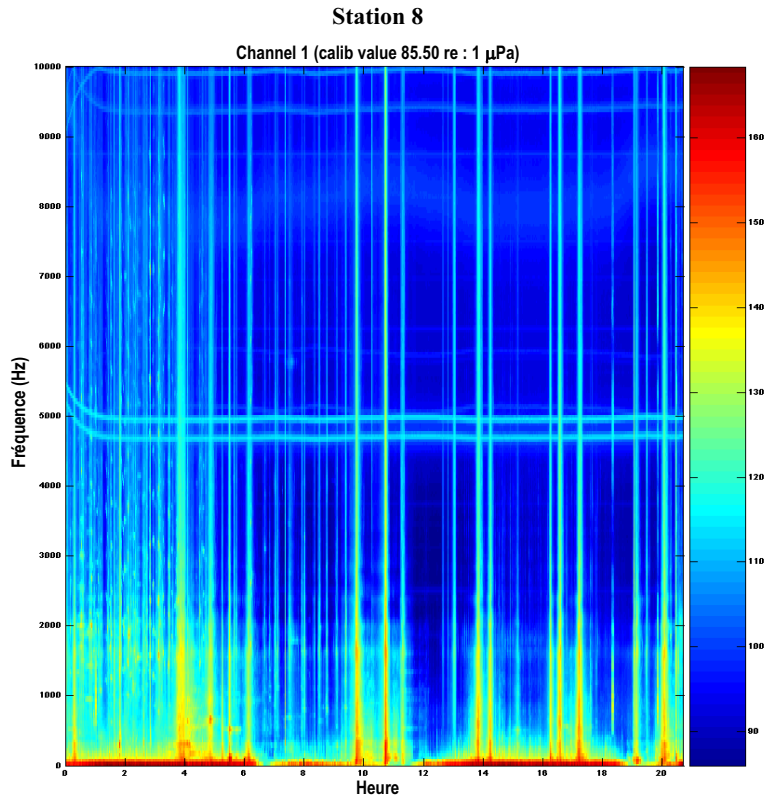
ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations



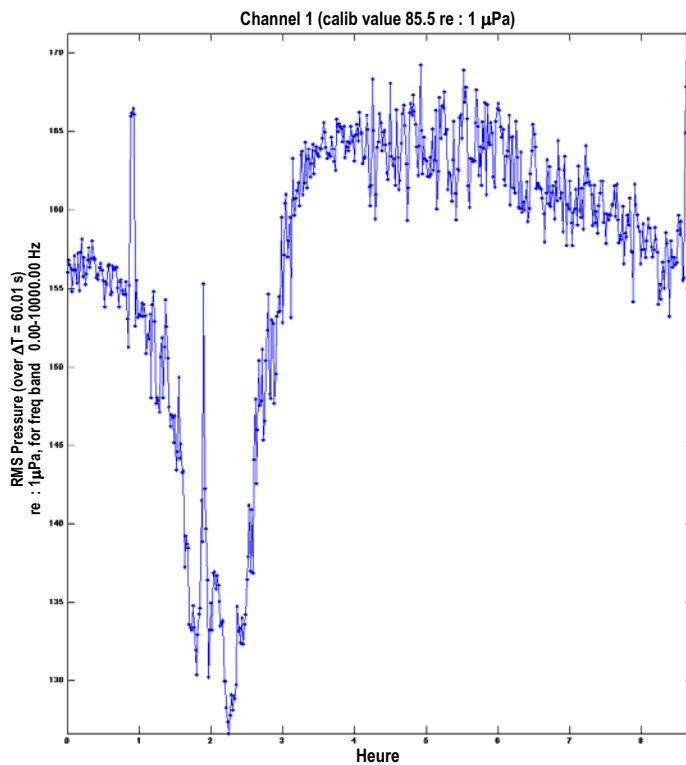
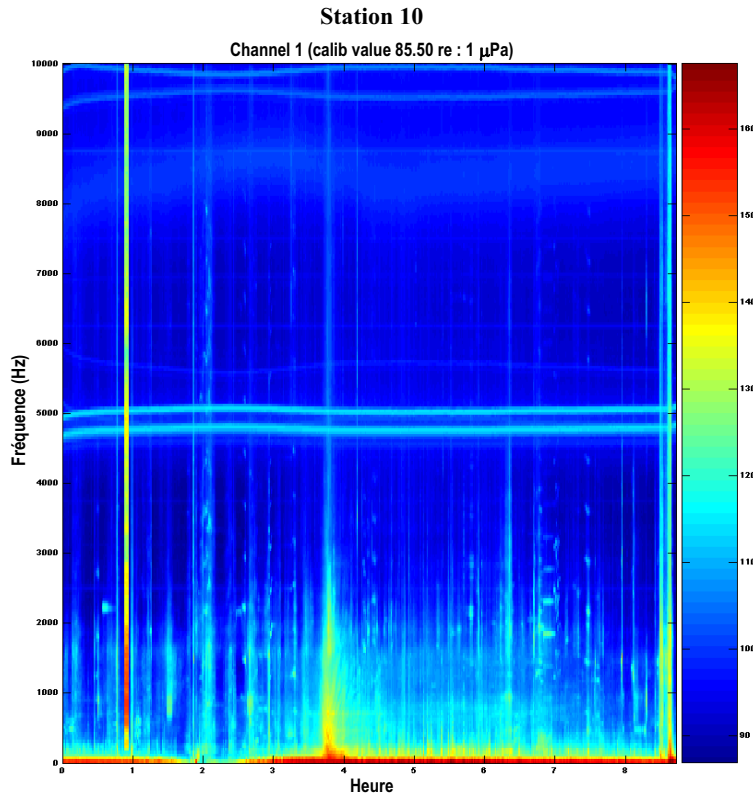
ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)



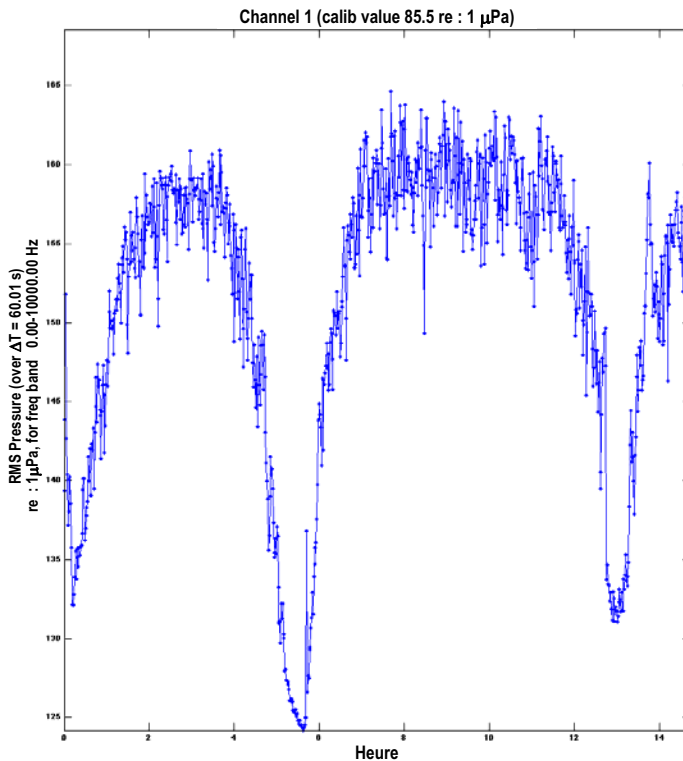
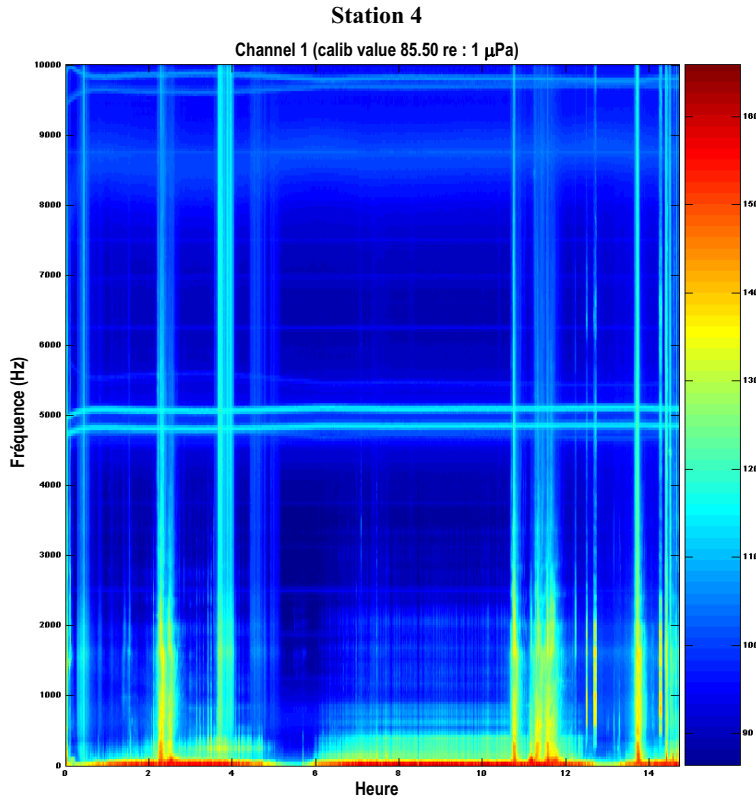
ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)



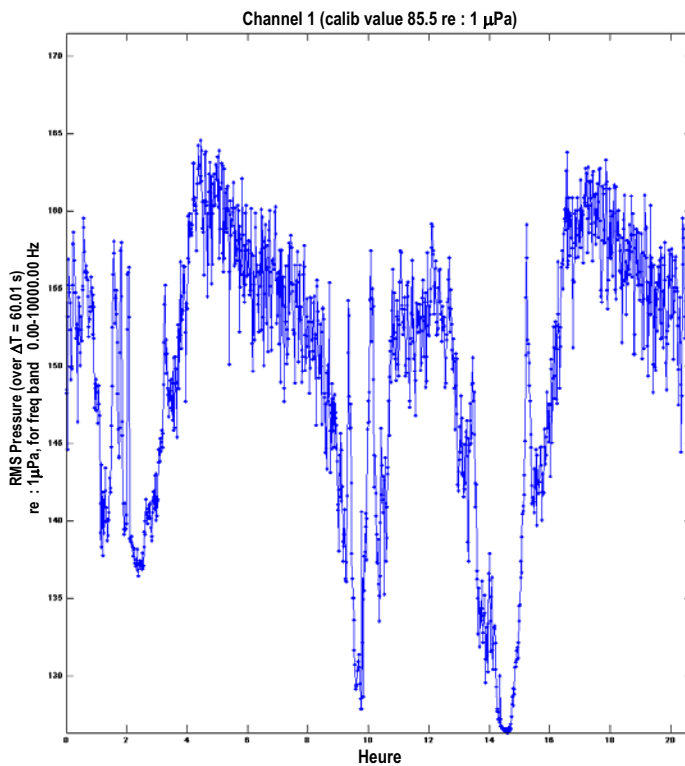
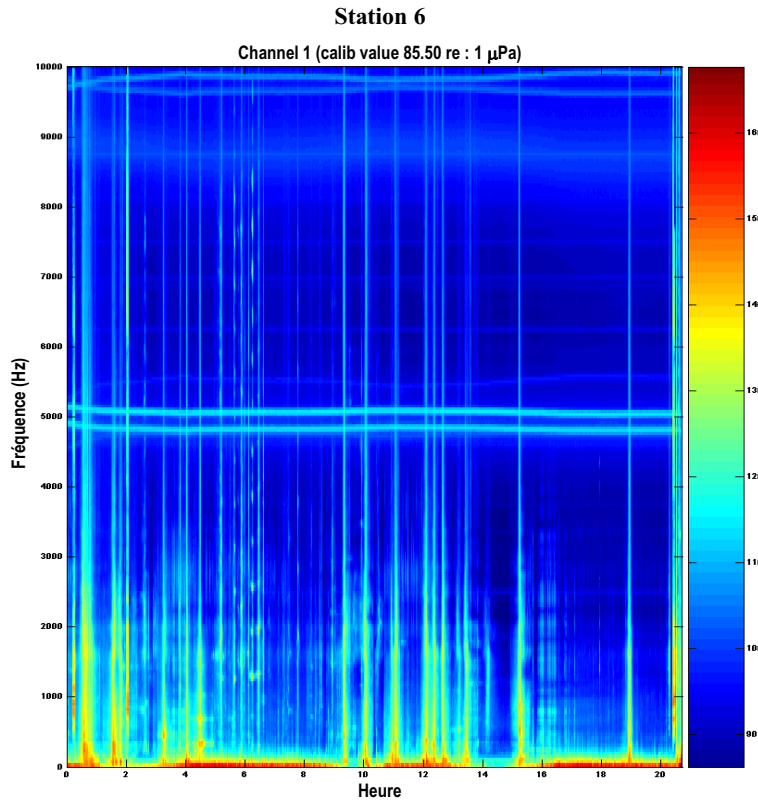
ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)



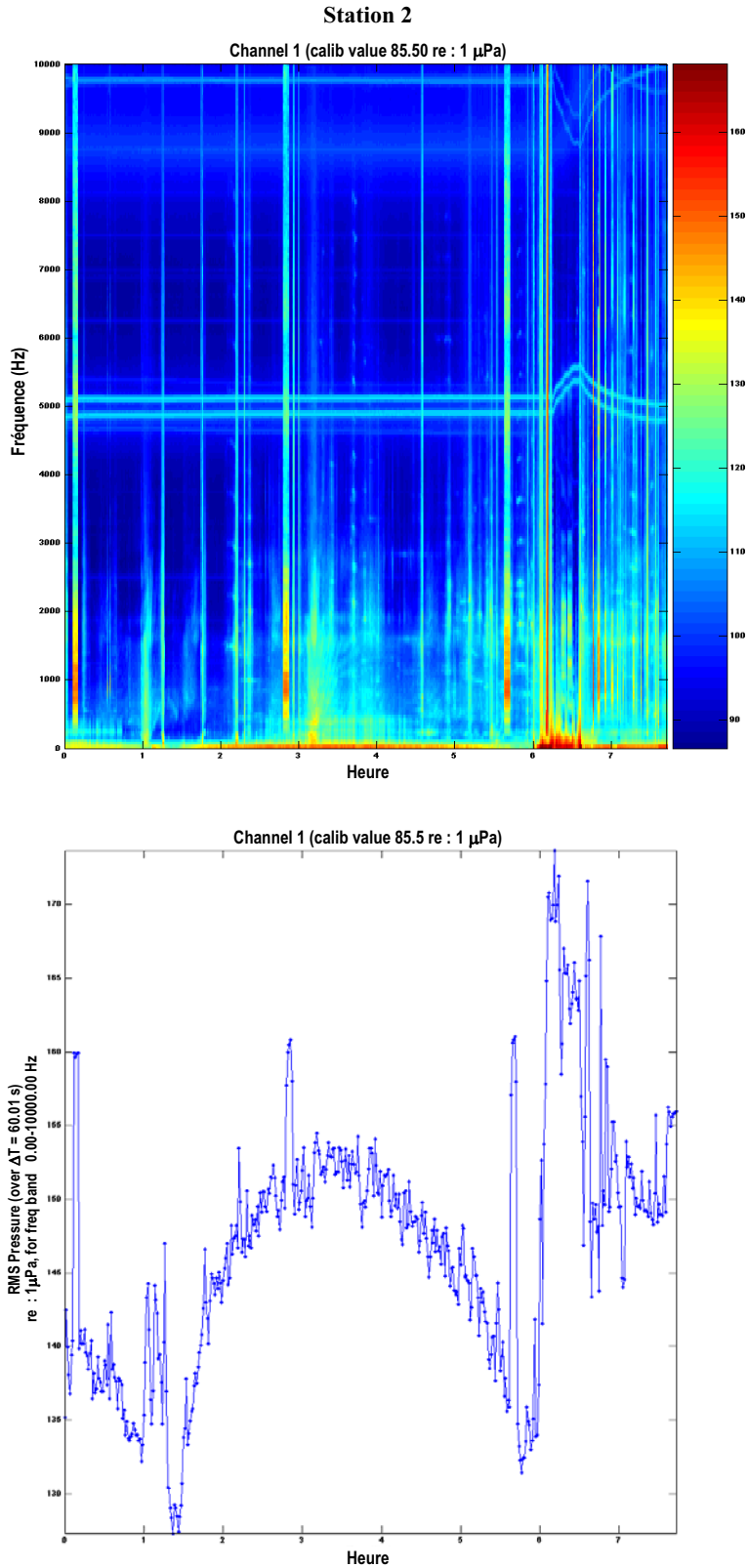
ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)



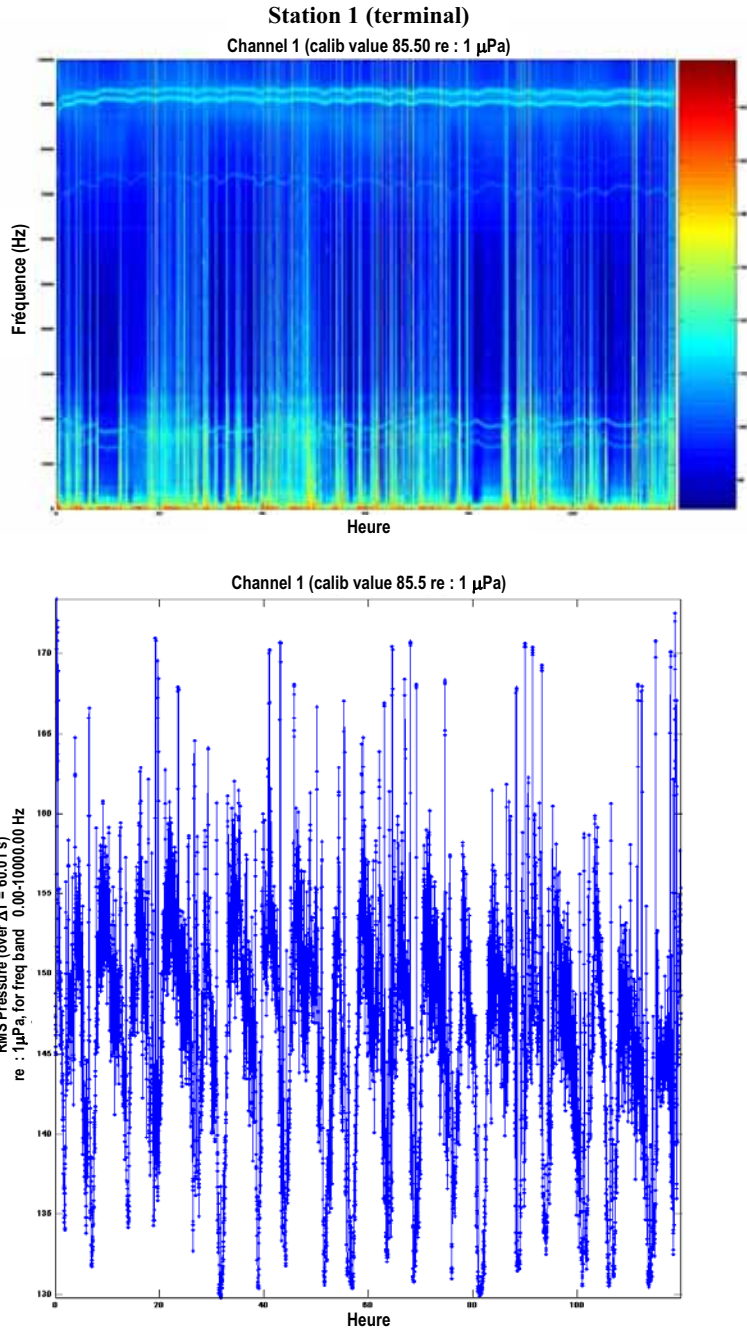
ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)



ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)

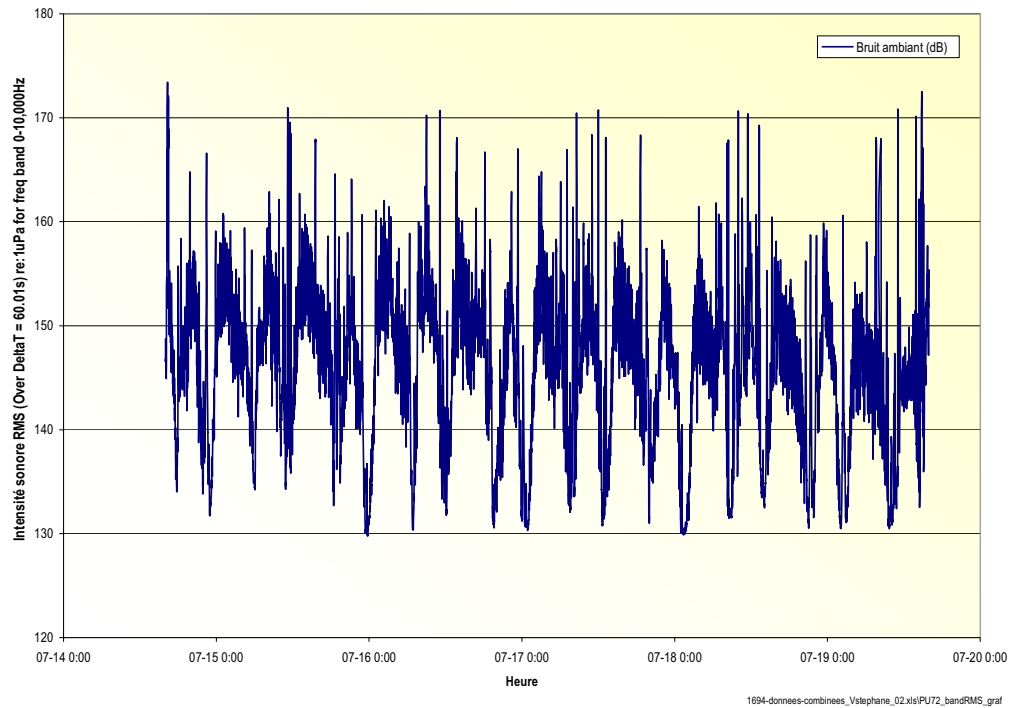


ANNEXE 4a — Variation de l'intensité sonore et spectre de puissance de l'intensité sonore pour la bande de fréquences enregistrées aux différentes stations (suite)

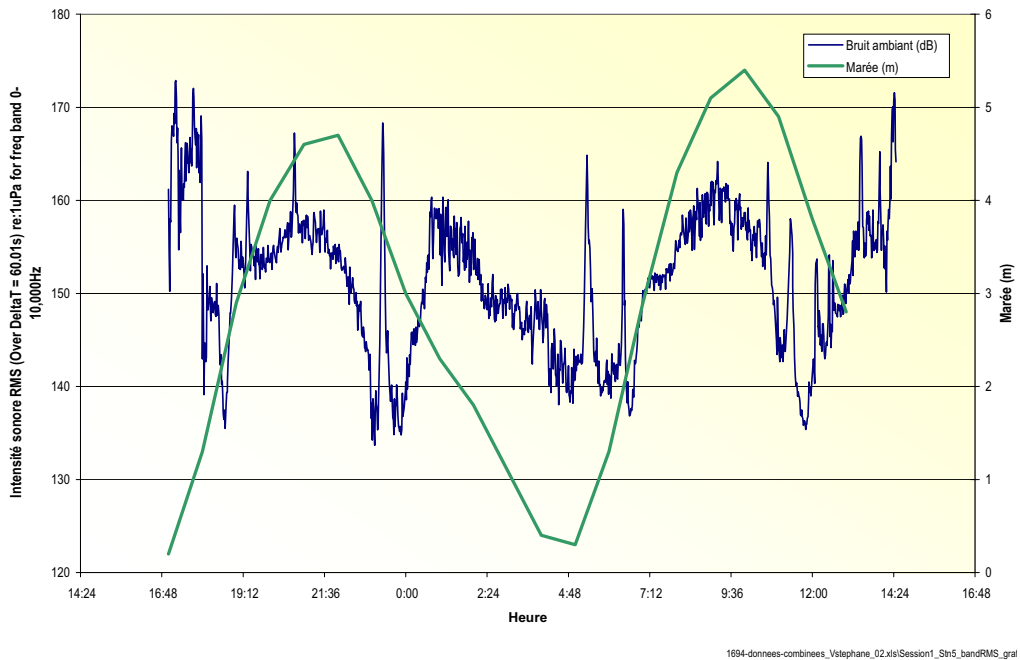


ANNEXE 4b — Variation de l'intensité sonore (toutes fréquences confondues) et relation avec le signal de la marée aux différentes stations

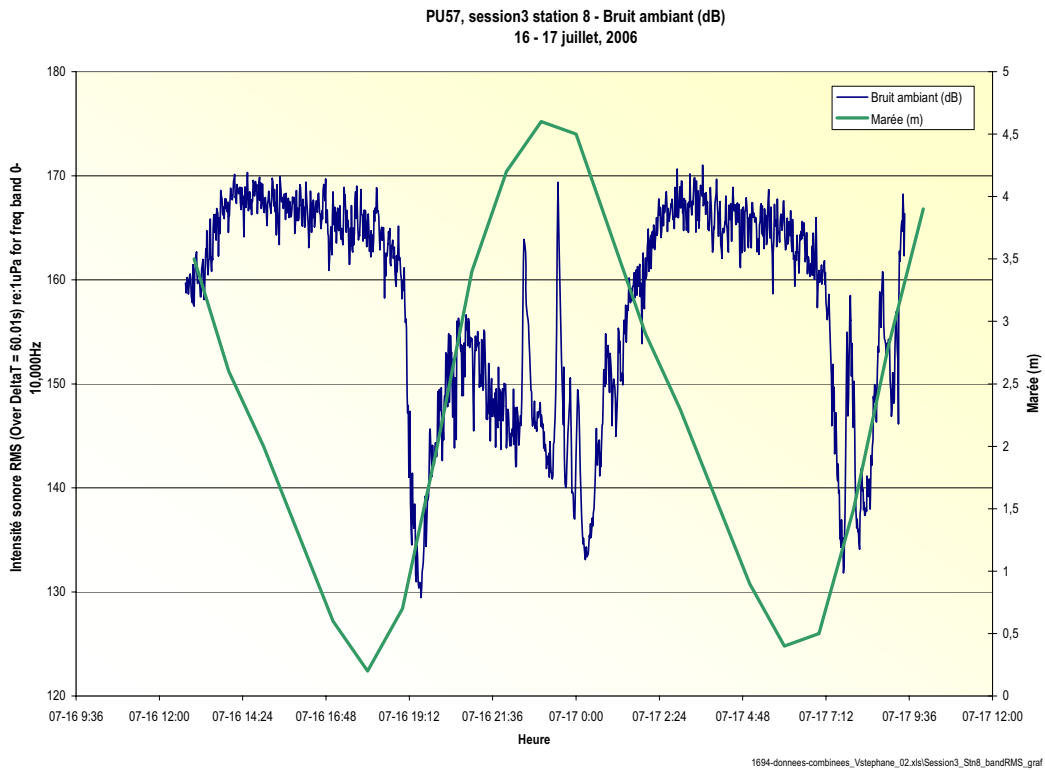
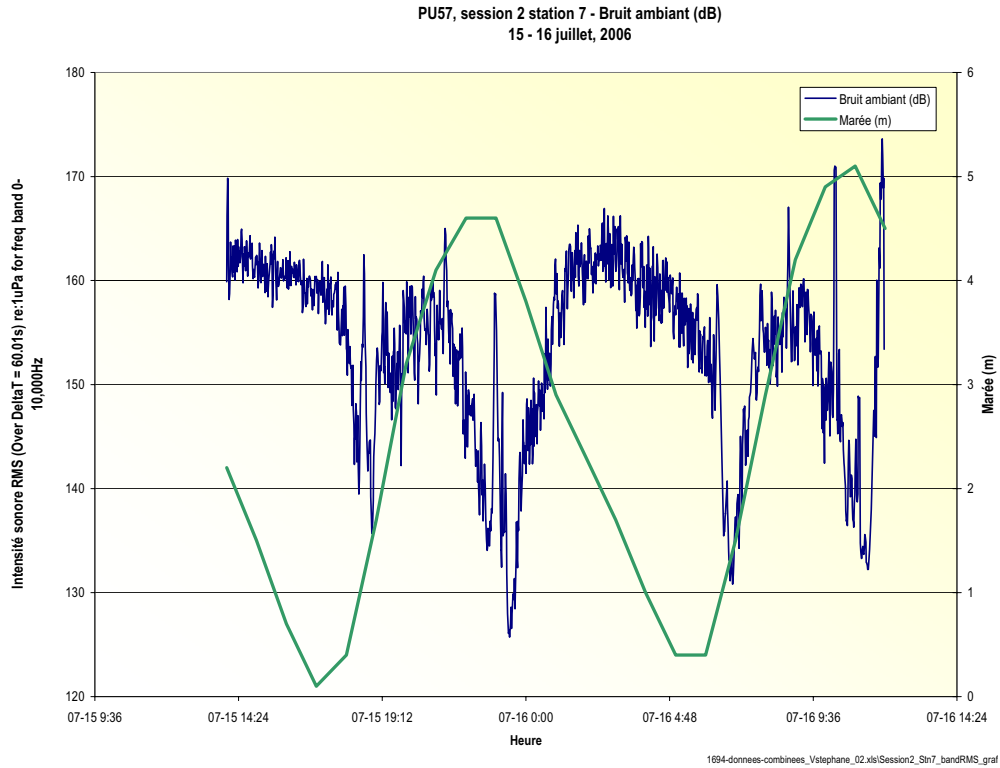
PU72, Site du futur port - Bruit ambiant (dB)
14 au 19 juillet, 2006



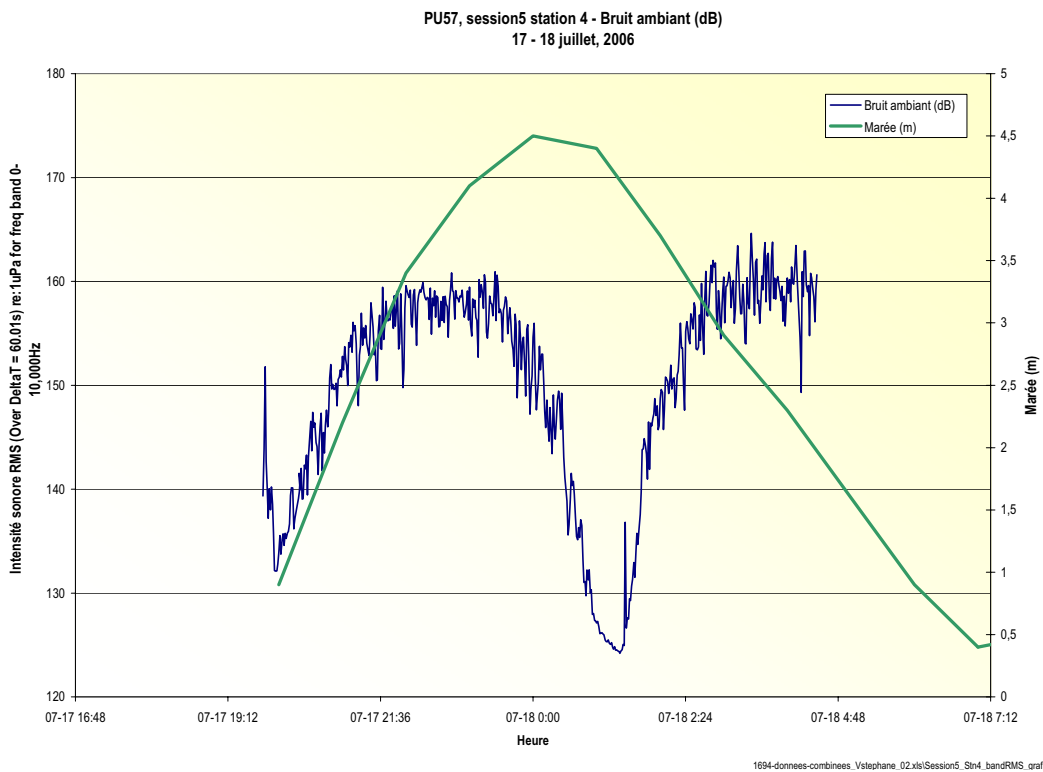
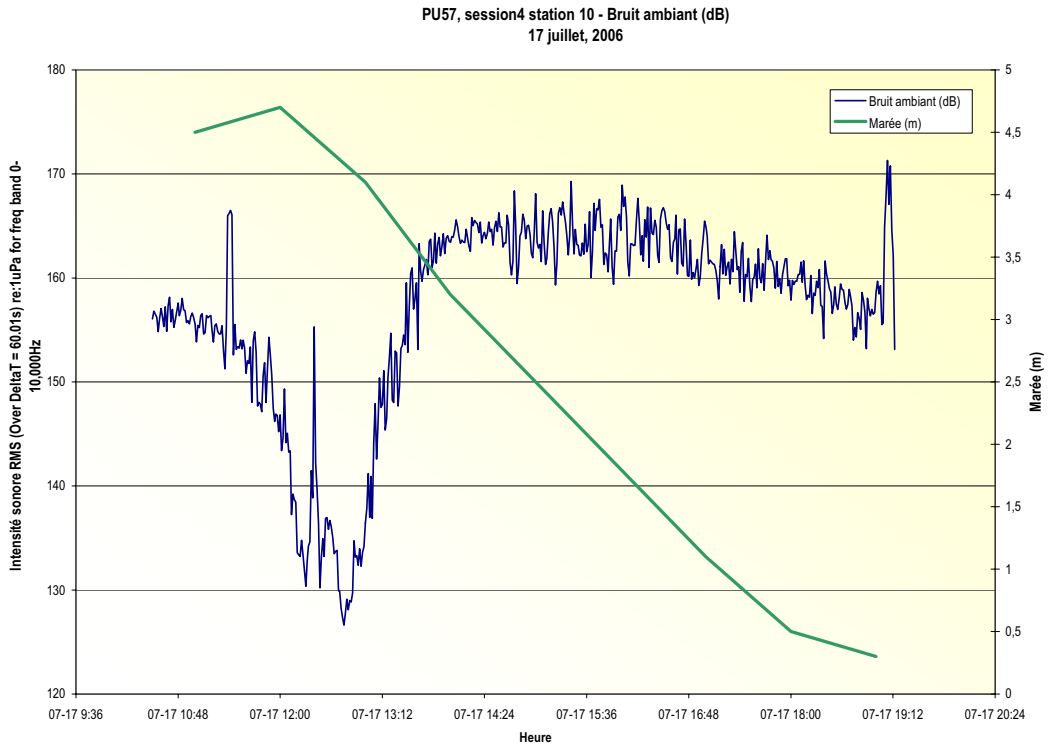
PU57, session1 station 5 - Bruit ambiant (dB)
14 - 15 juillet, 2006



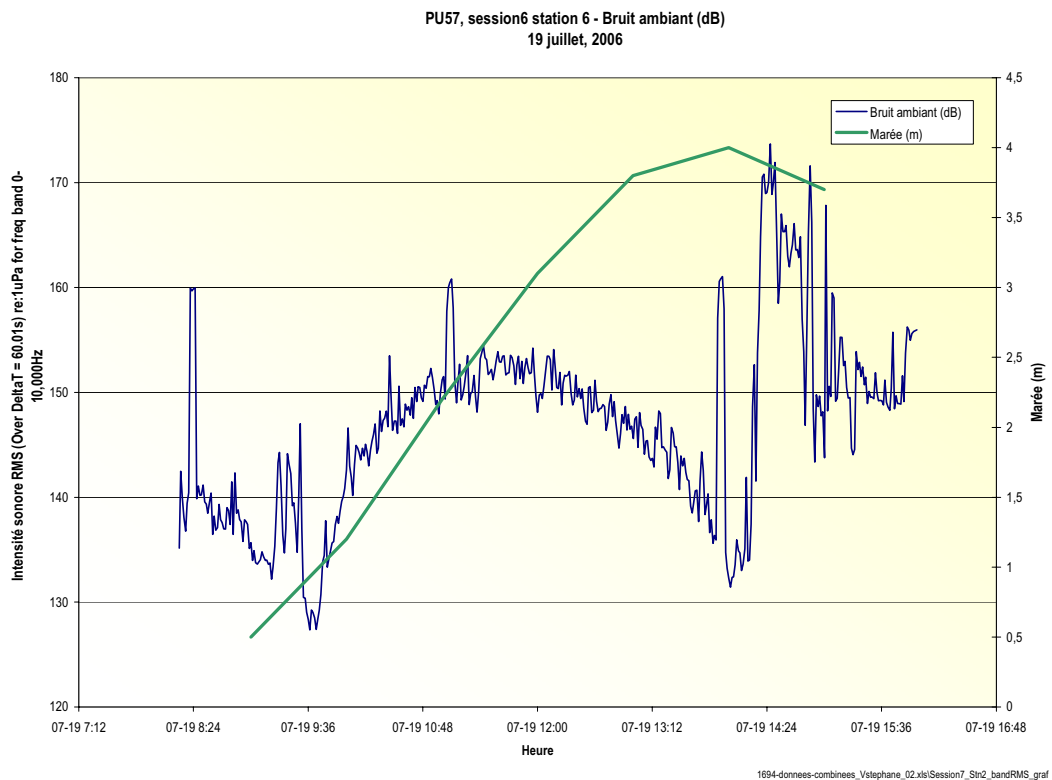
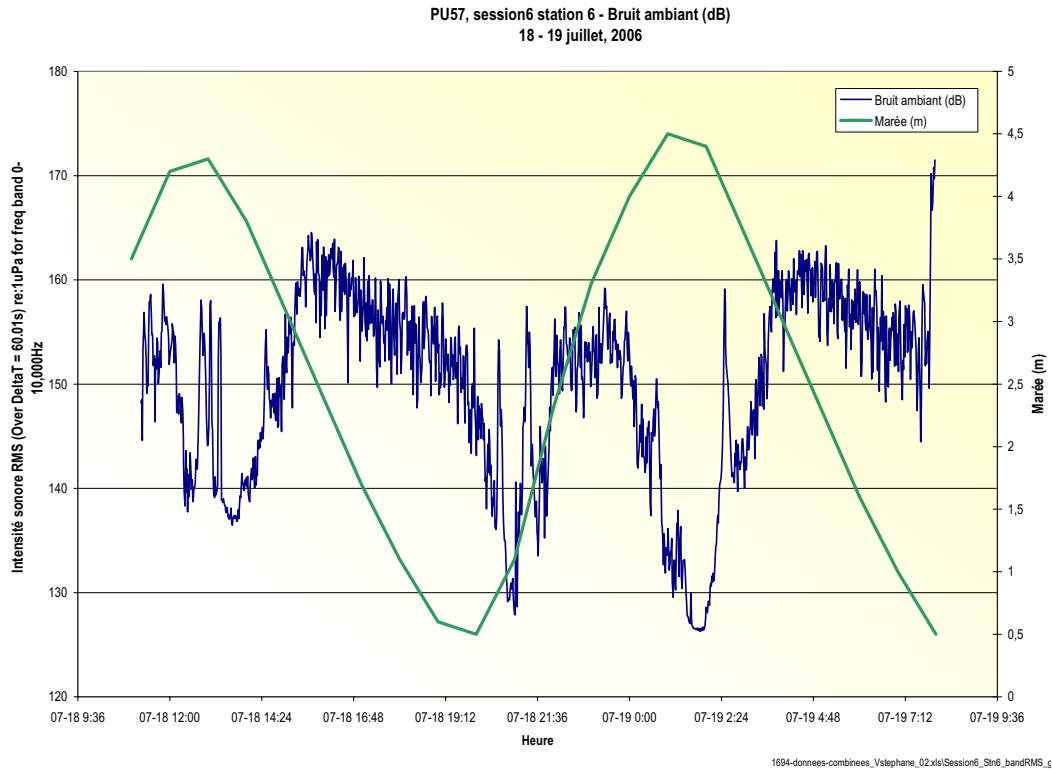
ANNEXE 4b — Variation de l'intensité sonore (toutes fréquences confondues) et relation avec le signal de la marée aux différentes stations (suite)



ANNEXE 4b — Variation de l'intensité sonore (toutes fréquences confondues) et relation avec le signal de la marée aux différentes stations (suite)



ANNEXE 4b — Variation de l'intensité sonore (toutes fréquences confondues) et relation avec le signal de la marée aux différentes stations (suite)



ANNEXE 5

Données de trafic maritime durant la période des relevés

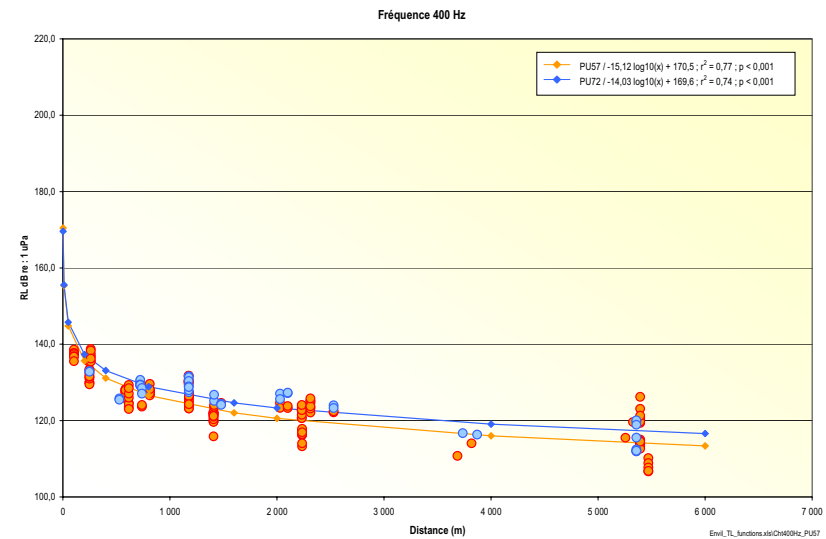
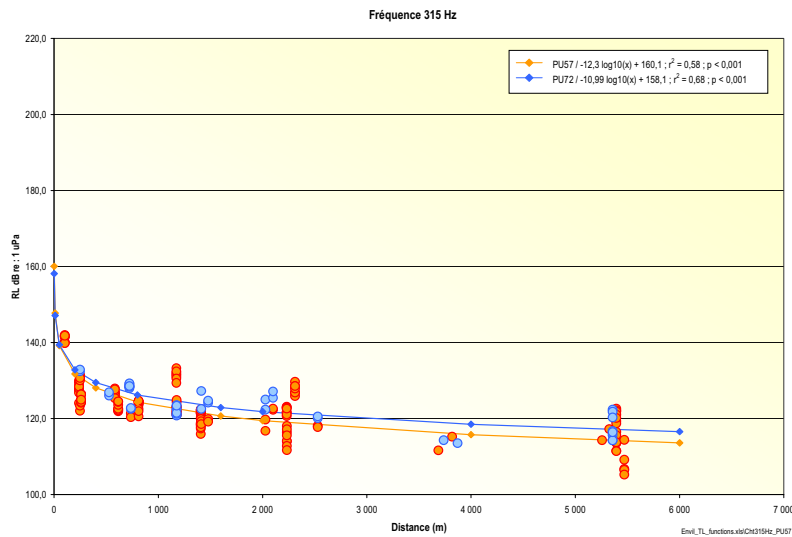
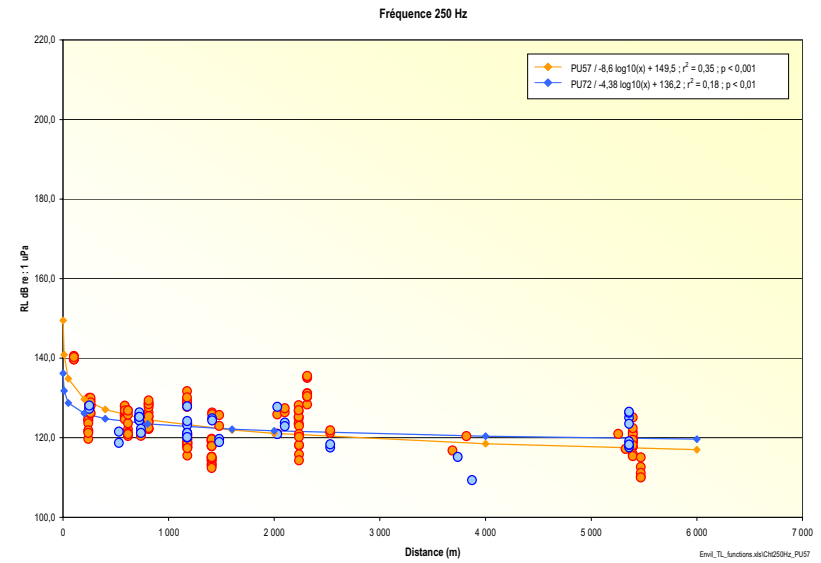
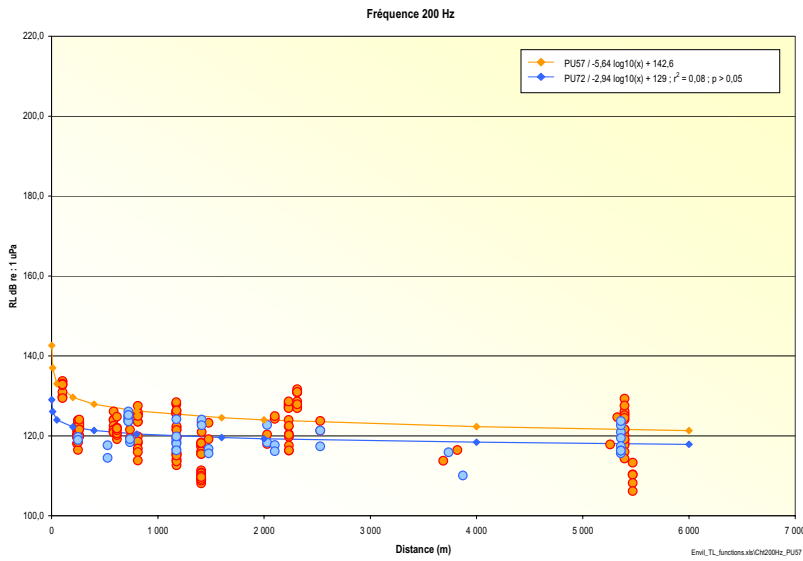
ANNEXE 5 — Données de trafic maritime durant la période des relevés

NAVIRE	TYPE DE NAVIRE	NATIONALITÉ	TIRANT D'EAU	PASSAGE À ST-LAURENT	MOIS	JOUR UTC	JOUR HAE	ANNÉ	HEURE UTC	HEURE HAE	PASSAGE À QUÉBEC	MOIS	JOUR UTC	JOUR HAE	ANNÉ	HEURE UTC	HEURE HAE	NO LLOYDS	INDICATIF D'APPEL	LONGUEUR	LARGEUR	FORCE D'ENGIN	TONNAGE NET	GROS TONNAGE	PORT EN LOURD	TIRANT D'EAU MAXIMUM	CREUX SUR QUILLE	POSITION OBSERVÉE	# DE STATION
AJAX	Citerne produits chimiques	BAHAMAS	9,75	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	14	14	2006	21:46	17:46:00	Québec Ouest (montant)	Jul	14	14	2006	22:30	18:30:00	9289518	C6TZ6	186,4	32,2	18406	14378	30053	52700	13,0	18,5		5
GLORY	Marchand conteneurs	BERMUDES	8,2	St-Laurent Est (descendant)	Jul	14	14	2006	22:42	18:42:00	Québec Est (descendant)	Jul	14	14	2006	22:05	18:05:00	7816824	ZCAX9	177,0	27,1	17399	7351	16145	18964	10,1	13,52		5
JUTUL	Citerne Marchand	NORVEGE	9,9	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	14	14	2006	23:36	19:36:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	14	2006	00:16	20:16:00	9278492	LAVX5	180,0	32,0	12870	9528	25487	38177	10,0	16,2		5
DAVIKEN	Citerne produits chimiques	CANADA	7,45	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	14	2006	00:07	20:07:00	Québec Est (descendant)	Jul	14	13	2006	01:41	21:41:00	8505848	C6PH8	222,4	23,1	13133	11667	23306	34752	9,9	10,6		5
NIAGARA PRINCE	Marchand passagers	ETATS UNIS	1,98	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	14	2006	01:02	21:02:00	Québec Est (descendant)	Jul	13	13	2006	12:10	8:10:00	8978629	WPC6159	53,0	12,2	1142	283	667	340	2,1	2,74		5
TUSCARORA	Marchand vraquier	LIBERIA	9,6	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	14	2006	02:45	22:45:00	Québec Est (descendant)	Jul	15	14	2006	01:48	21:48:00	8120698	A8GX2	195,0	23,1	10699	10713	18121	28031	10,2	14,3		5
CTMA VACANCIER	Marchand passagers	CANADA	5,3	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	15	2006	04:03	0:03:00	Québec Est (descendant)	Jul	15	14	2006	03:36	23:36:00	7310260	CFN3031	125,6	21,7	18900	4164	11481	1555	5,7	12,3		5
VEGA DESGAGNES	Citerne Marchand	CANADA	5,8	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	08:08	4:08:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	08:57	4:57:00	7927960	VOCQ	140,8	21,2	7560	3279	8806	11548	7,3	10,7		5
GORDON C LEITCH	Marchand vraquier	CANADA	6,25	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	15	2006	09:46	5:46:00	Québec Est (descendant)	Jul	15	15	2006	09:13	5:13:00	6815237	VCKM	222,5	23,0	9598	14156	19160	28824	8,6	12,81		5
FEDERAL NAKAGAWA	Marchand vraquier	HONG KONG, CHINE	8,75	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	15	2006	14:08	10:08:00	Québec Est (descendant)	Jul	15	15	2006	13:08	9:08:00	9278791	VRAT7	200,0	23,8	10710	12020	20661	36489	10,7	14,8		5
OCEAN FOXTROT	Remorqueur	CANADA	4,8	St-Laurent Est (descendant)	Jul	15	15	2006	14:55	10:55:00	Québec Est (descendant)	Jul	15	15	2006	13:51	9:51:00	7101619	CFH3373	56,3	12,0	3864	293	700	778	4,7	5,11	X	5
BRITISH COURTESY	Citerne Marchand	ISLE OF MAN	11,5	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	16:47	12:47:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	17:35	13:35:00	9288825	MHNL6	183,9	32,2	15807	12290	29214	47210	12,4	18,8	X	5
UTVIKEN	Marchand vraquier	BAHAMAS	9,79	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	21:11	17:11:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	22:06	18:06:00	8212099	C6MZ7	189,4	22,9	10875	11303	17191	30052	10,7	14,61		7
CAPE BIRD	Citerne produits chimiques	ILES MARSHALL	9,99	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	22:22	18:22:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	23:05	19:05:00	9260067	V7FA9	176,0	31,0	9894	8346	25108	35070	10,0	17		7
VECHTBORG	Cargo général	HOLLANDE	7,7	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	22:50	18:50:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	23:31	19:31:00	9160334	PJTG	132,2	15,9	5384	3424	6130	8664	7,1	9,65		7
MAERSK PERTH	Marchand conteneurs	LIBERIA	10,3	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	23:04	19:04:00	Québec Ouest (montant)	Jul	15	15	2006	23:40	19:40:00	9232747	A8CG9	211,0	32,3	29549	12517	32322	39300	12,0	19		7
LAKE ONTARIO	Marchand vraquier	ILES MARSHALL	7,47	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	15	2006	00:23	20:23:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	15	2006	01:04	21:04:00	7901148	V7AL4	222,5	23,3	11599	14959	22734	35630	10,3	14,36		7
SPENCER F. BAIRD	Navire de recherche	ETATS UNIS	N/A	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	15	2006	00:36	20:36:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	15	2006	01:25	21:25:00	N.D.	WDD3182	29,0	9,1	1700	N.D.	256	345	2,9	N/A		7
BUNGA KANTAN DUA	Citerne produits chimiques	SINGAPORE	9,62	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	15	2006	01:33	21:33:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	15	2006	00:44	20:44:00	9327140	9VBH5	144,0	24,2	8362	6259	11590	19766	9,5	12,8		7
FRONTENAC	Marchand vraquier	CANADA	7,01	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	15	2006	03:13	23:13:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	15	2006	02:24	22:24:00	6804848	VGNB	222,4	23,0	9598	13496	17808	26326	8,2	12,1		7
ALGOPORT	Marchand vraquier	CANADA	9,75	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	04:41	0:41:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	05:39	1:39:00	7810844	VCDT	200,6	23,2	10554	13070	20222	31970	8,0	14,17		7
EMERALD STAR	Citerne produits chimiques	CANADA	8,65	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	06:44	2:44:00	Québec Est (descendant)	Jul	14	13	2006	03:07	23:07:00	9040077	VCLB	123,7	17,7	5028	3154	6262	10511	8,4	10,6		7
ALGOISLE	Marchand vraquier	CANADA	6,7	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	16	2006	06:52	2:52:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	16	2006	06:20	2:20:00	5417820	VCBJ	222,5	23,0	9000	12169	22199	27199	8,2	11,89		7
ESHIPS PRELUDE	Citerne produits chimiques	ILES MARSHALL	6,8	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	07:21	3:21:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	08:22	4:22:00	9272723	V7JX2	118,0	18,8	5700	2530	5774	8500	7,1	9,7		7
ENDURANCE	Marchand conteneurs	Royaume Uni	8,3	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	16	2006	08:54	4:54:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	16	2006	08:21	4:21:00	8204626	ZCBE7	221,6	32,2	31998	14183	32152	32424	11,6	15,02		7
PINEGLEN	Marchand vraquier	CANADA	8,05	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	16	2006	10:37	6:37:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	16	2006	09:57	5:57:00	8409331	VOGJ	224,5	23,2	8157	14534	20370	32713	8,6	12,81		7
BOTANY TRUST	Citerne produits chimiques	HONG KONG, CHINE	7,4	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	11:25	7:25:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	12:01	8:01:00	9191230	VRZA4	113,0	18,8	N.D.	2602	5483	8823	7,8	9,65		7
CANADIAN NAVIGATOR	Marchand vraquier	CANADA	6,78	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	16	2006	11:17	7:17:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	16	2006	11:17	7:17:00	6707961	VGMV	222,2	23,2	9679	12829	18788	31769	8,9	12,3		7
ANETTE	Marchand vraquier	BAHAMAS	10,03	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	12:35	8:35:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	13:14	9:14:00	9279094	C6SW2	179,9	23,2	14969	8261	17534	25575	9,8	13,9	X	7
CABOT	Marchand RO/RO	CANADA	6,1	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	13:10	9:10:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	13:39	9:39:00	7700051	VCSZ	172,1	22,5	15000	4379	14597	10926	6,9	13,95	X	7
MSC MALAGA	Marchand conteneurs	ALLEMAGNE	10,2	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	16:54	12:54:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	17:36	13:36:00	9154220	DNKL	206,0	29,8	24390	12275	25713	34051	11,4	16,4	X	8
SENECA	Marchand vraquier	MALTE	8	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	20:19	16:19:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	21:42	17:42:00	8200486	9HYC7	185,0	23,1	9289	10411	17822	28788	10,4	14,66		8
WILF SEYMOUR	Remorqueur	CANADA	4,88	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	20:26	16:26:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	22:29	18:29:00	5215789	CFG8081	34,1	9,6	5700	123	410	57	4,0	5,7		8
MISSISSAUGA EXPRESS	Marchand conteneurs	BERMUDES	10,1	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	20:34	16:34:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	21:13	17:13:00	9165358	ZCBP6	245,0	32,3	34553	17884	39174	40881	10,8	19		8
MELISSA DESGAGNES	Cargo général	CANADA	4,57	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	21:23	17:23:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	22:24	18:24:00	7356501	VGQC	108,3	15,0	4000	3168	7405	4488	7,4	9,3		8
OOCL MONTREAL	Marchand conteneurs	HONG KONG, CHINE	8,7	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	16	2006	22:09	18:09:00	Québec Est (descendant)	Jul	16	16	2006	21:40	17:40:00	9253739	VRYO3	294,0	32,2	49680	22426	55994	47840	10,8	21,5		8
EMERALD STAR	Citerne produits chimiques	CANADA	5,4	St-Laurent Est (descendant)	Jul	16	16	2006	22:23	18:23:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	07:56	3:56:00	9040077	VCLB	123,7	17,7	5028	3154	6262	10511	8,4	10,6		8
ALGONTARIO	Marchand vraquier	CANADA	8,05	St-Laurent Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	22:40	18:40:00	Québec Ouest (montant)	Jul	16	16	2006	23:37	19:37:00	5301980	VCKD	222,5	23,1	8750	12875	18883	28591	8,4	12,2		8
RT. HON. PAUL J. MARTIN	Marchand vraquier	CANADA	7,95	St-Laurent Est (descendant)	Jul	17	16	2006	02:45	22:45:00	Québec Est (descendant)	Jul	17	16	2006	01:45	21:45:00	7324405	VGFJ	225,5	23,8	8999	7916	23989	35439	8,9	14,7		8
FEDERAL EMS	Marchand vraquier	CHYPRE	8,5	St-Laurent Est (descendant)	Jul	17	16	2006	03:39	23:39:00	Québec Est (descendant)	Jul	17	16	2006	02:48	22:48:00	9229											

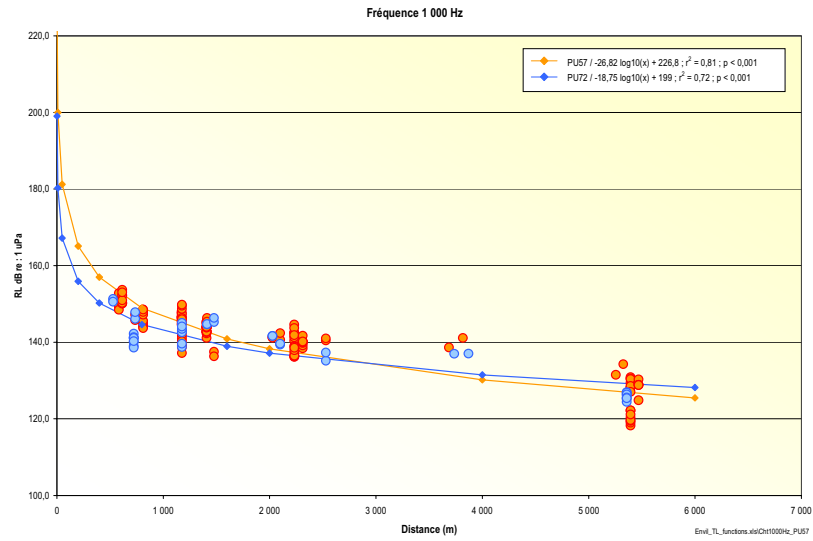
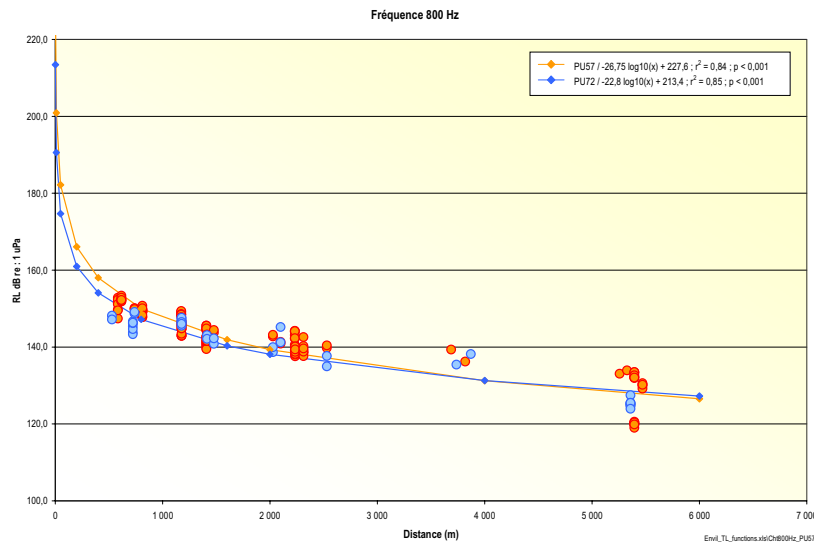
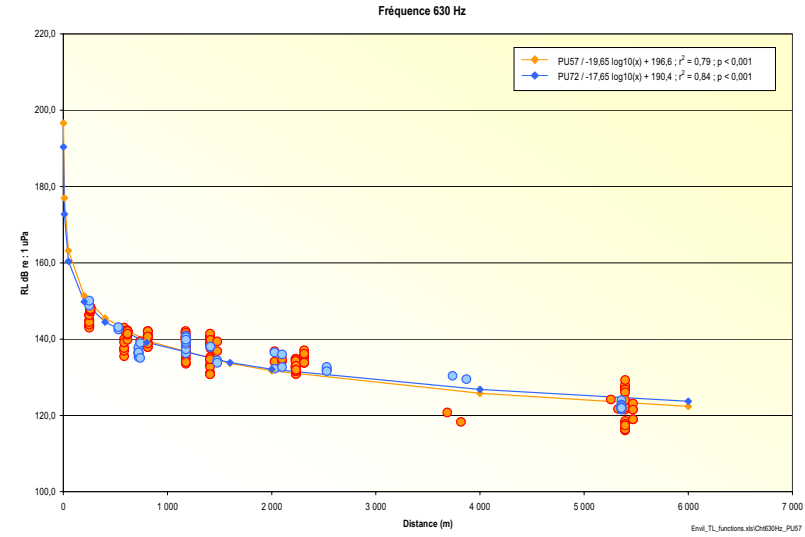
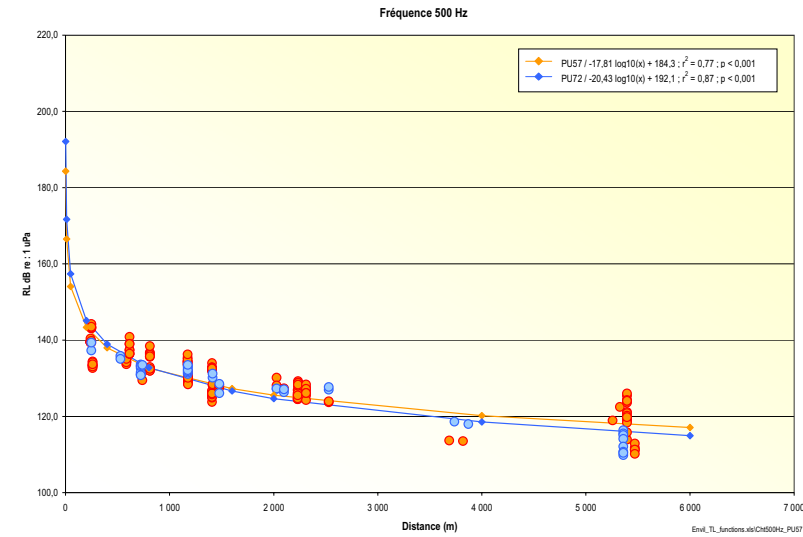
ANNEXE 6

**Données d'atténuation du bruit en fonction
de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave)
allant de 200 Hz à 10 kHz**

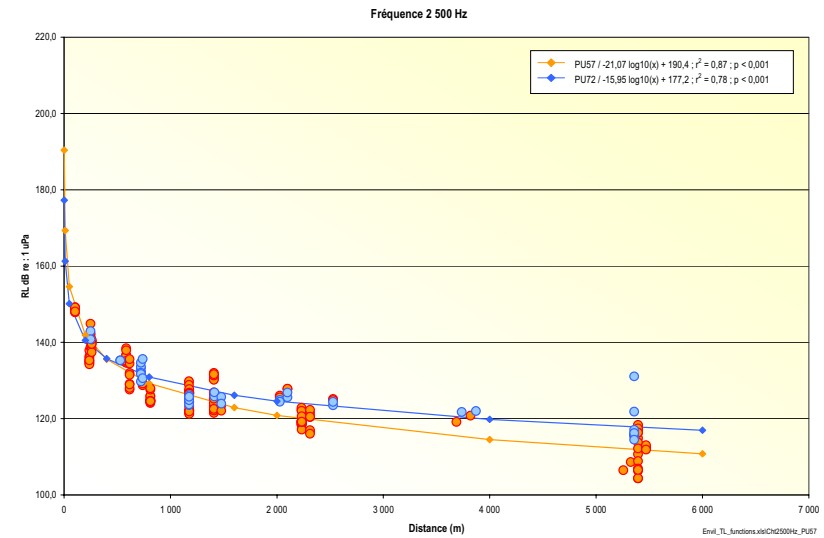
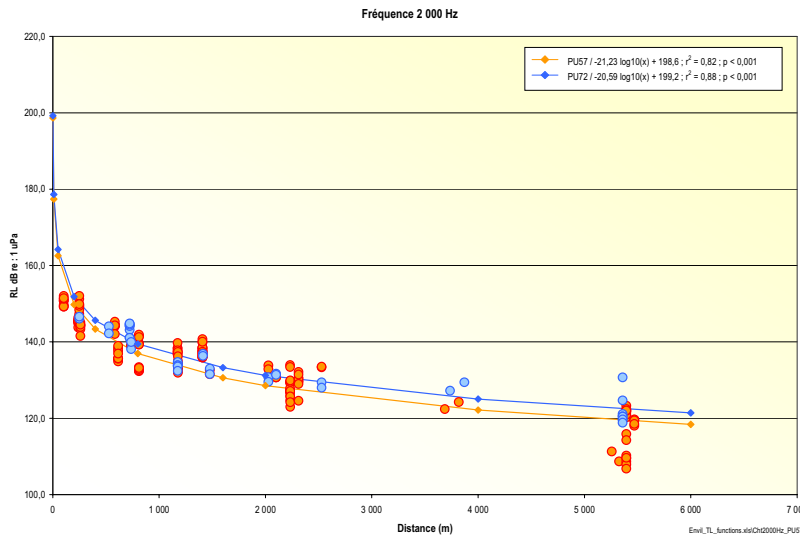
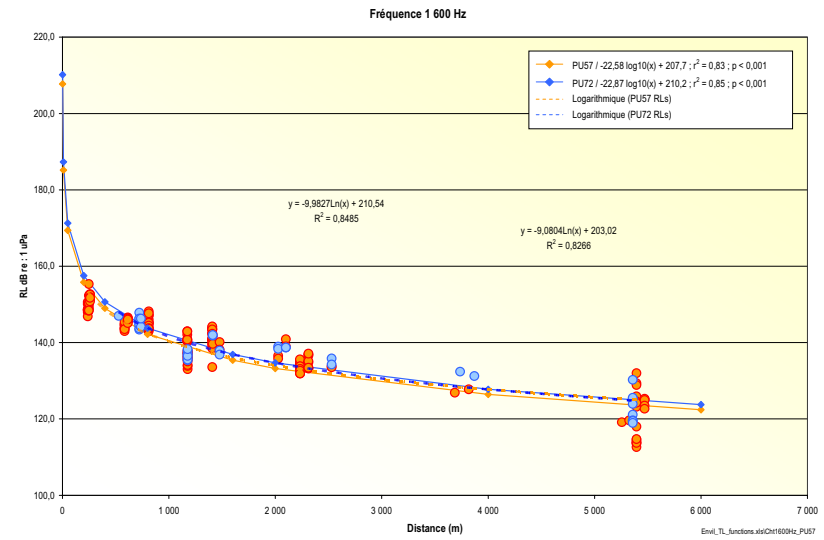
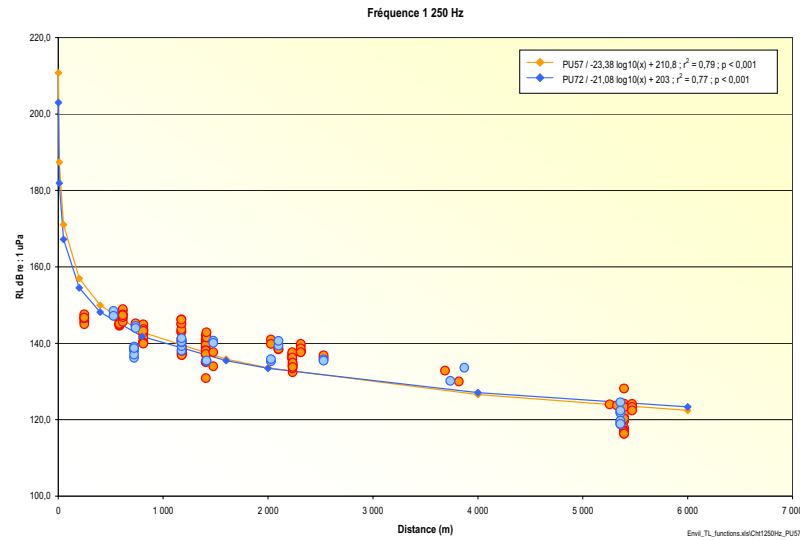
ANNEXE 6 — Données d'atténuation du bruit en fonction de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz



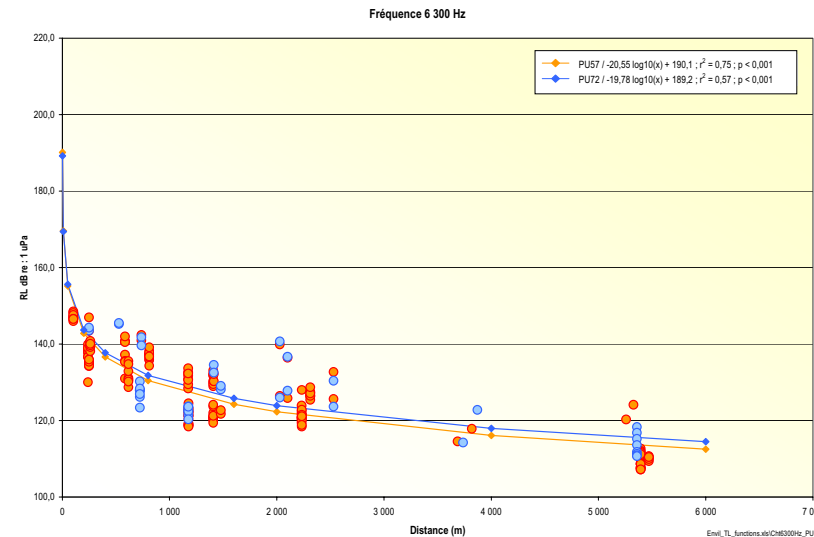
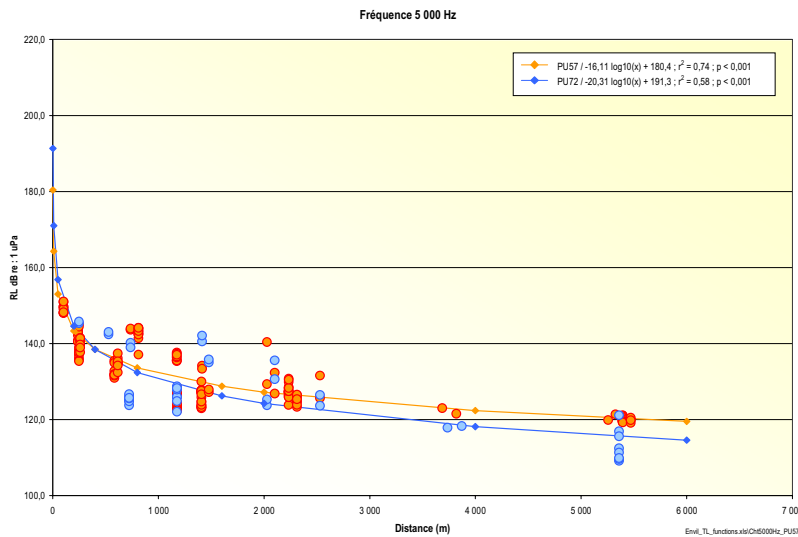
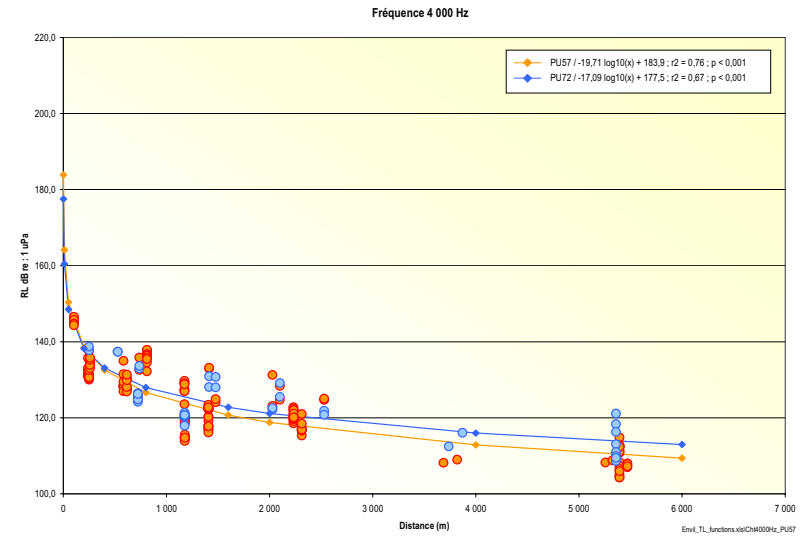
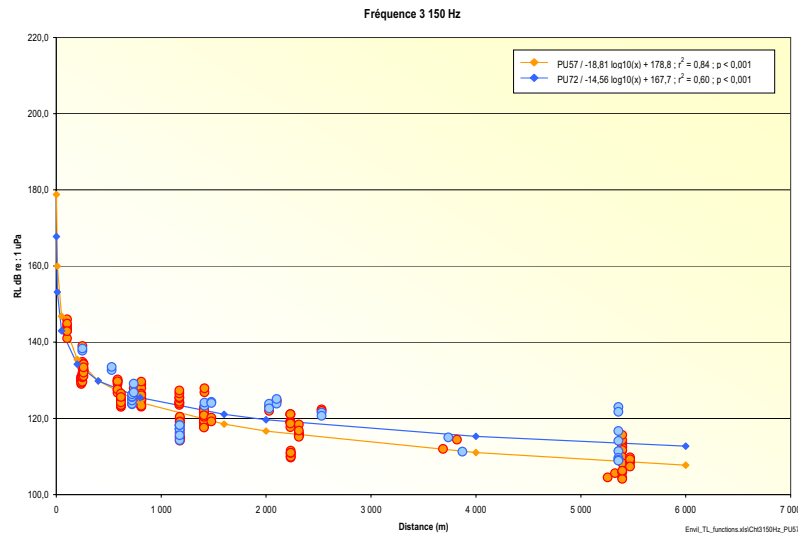
ANNEXE 6 — Données d'atténuation du bruit en fonction de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz (suite)



ANNEXE 6 — Données d'atténuation du bruit en fonction de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz (suite)



ANNEXE 6 — Données d'atténuation du bruit en fonction de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz (suite)



ANNEXE 6 — Données d'atténuation du bruit en fonction de la distance pour les différentes fréquences ($1/3$ octave) allant de 200 Hz à 10 kHz (suite)

