

Etude d'impact sur l'acoustique sous-marine des Travaux du Terminal du Naye

ST MALO

Etude d'Impact – V2



SUIVI DU DOCUMENT

Version	Date Rédaction	Rédacteurs	Relecture
1	01/12/2022	Achraf DRIRA <i>Dc. Acoustique sous-marine</i>	Guillaume BLONDEAU <i>Directeur des Opérations</i>
2	13/01/2022	Achraf DRIRA <i>Dc. Acoustique sous-marine</i>	Guillaume BLONDEAU <i>Directeur des Opérations</i>
3	13/02/2022	Achraf DRIRA <i>Dc. Acoustique sous-marine</i>	Guillaume BLONDEAU <i>Directeur des Opérations</i>

SOMMAIRE

Introduction	8
1.1 Contexte	8
1.2 Données transmises	8
2 Traitements et modélisations	9
2.1 Rappels et contexte	9
2.1.1 Localisation des zones et type de travaux envisagés	9
2.1.2 Rappel Des Traitements Et Indicateurs du bruit.....	10
2.1.3 Contraintes d'entrée pour les modélisations des ateliers de travaux	13
2.1.4 Contraintes d'entrée pour atelier de minage.....	14
2.1.5 Production des résultats et modélisation.....	14
3 Enjeux Mammifères Marins	17
3.1 Population présente sur la zone d'étude	17
3.2 Enjeux relatifs aux mammifères marins	20
4 Présentation des résultats par ateliers et zones	24
5 Modélisation de l'atelier de Dragage Pelle Mécanique	27
5.1 Rappels sur les niveaux de bruit à la source et effet du bruit	27
5.2 Zone 1	28
5.2.1 Niveau de bruit obtenu.....	28
5.2.2 Effets bruits continus pour l'atelier de Dragage Pelle Mécanique en zone 1.....	29
5.2.3 Mesures de réduction et effets résiduels.....	30
5.2.4 Mesure de surveillance ou de suivi	30
5.3 Zone 2	31
5.3.1 Niveau de bruit obtenu.....	31
5.3.2 Effets bruits continus pour l'atelier de Dragage Pelle Mécanique en zone 2.....	31
5.3.3 Mesures de réduction et effets résiduels.....	33
5.3.4 Mesures de surveillance ou de suivi	33
5.4 Zone 3	34
5.4.1 Niveau de bruit obtenu.....	34
5.4.2 Effets bruits continus pour l'atelier Dragage Pelle Mécanique en zone 3.....	34
5.4.3 Mesures de réduction et effets résiduels	36
5.4.4 Mesure de surveillance ou de suivi	36
6 Modélisation de l'atelier de Déroctage au BRH	37
6.1 Rappels sur les niveaux de bruit à la source et effet du bruit	37
6.2 Zone 1	38
6.2.1 Niveau de bruit obtenu.....	38
6.2.2 Effet bruits cumulatifs pour l'atelier de Déroctage au BRH en zone 1	39
6.2.3 Effet bruits impulsifs pour l'atelier de Déroctage au BRH en zone 1	41
6.2.4 Mesures de réduction et effets résiduels	42
6.2.5 Mesure de surveillance ou de suivi	42
6.3 Zone 2	43
6.3.1 Niveau de bruit obtenu.....	43
6.3.2 Effets bruits cumulatifs pour l'atelier de déroctage au BRH en zone 2.....	44
6.3.3 Effets bruits impulsif pour l'atelier de déroctage au BRH en zone 2.....	46
6.3.4 Mesures de réduction et effets résiduels	46

6.3.5	Mesure de surveillance ou de suivi	47
6.4	Zone 3	48
6.4.1	Niveau de bruit obtenu.....	48
6.4.2	Effets bruits cumulatifs pour l'atelier de Déroctage au BRH en zone 3	49
6.4.3	Effets bruits impulsifs pour l'atelier de Déroctage au BRH en zone 3	51
6.4.4	Mesures de réduction et effets résiduels	52
6.4.5	Mesure de surveillance ou de suivi	52
6.5	Zone 4	53
6.5.1	Niveau de bruit obtenu.....	53
6.5.2	Effets bruits cumulatifs pour l'atelier de déroctage au BRH en zone4.....	54
6.5.3	Effets bruits impulsifs pour l'atelier de déroctage au BRH en zone4	56
6.5.4	Mesures de réduction et effets résiduels	58
6.5.5	Mesure de surveillance ou de suivi	58
7	Atelier modélisé du Battage de Pieux.....	59
7.1	Rappels sur les niveaux de bruit à la source et effet du bruit	59
7.2	Zone 4	60
7.2.1	Niveau de bruit obtenu.....	60
7.2.2	Effets bruits cumulatifs pour l'atelier battage de pieux zone 4.....	62
7.2.3	Effets bruits impulsif pour l'atelier battage de pieux zone 4.....	63
7.2.4	Mesures de réduction et effets résiduels	64
7.2.5	Mesure de surveillance ou de suivi	64
8	Modélisation de l'atelier de Minage.....	66
8.1	Rappels sur les niveaux de bruit à la source et effet du bruit	66
8.2	Zone 1	66
8.2.1	Niveau de bruit obtenu.....	66
8.2.2	Effets bruits impulsif pour l'atelier de minage en zone1.....	68
8.2.3	Effets bruits continus pour l'atelier de minage en zone1.....	70
8.2.4	Mesures de réduction et effets résiduels	72
8.2.5	Indicateur d'efficacité de la mesure de réduction du bruit pour le minage.....	79
8.3	Conclusions des résultats sans mesures de réductions	80
8.3.1	Le bruit en continu	80
8.3.2	Le bruit impulsif.....	81
8.3.3	Tableaux de synthèse des rayons d'effet par atelier et par zone.....	82
8.4	Conclusion Mesures ERC	85
8.4.1	Mesures d'évitement.....	85
8.4.2	Mesures de réduction.....	85
8.4.3	Mesures de suivi	85
9	Bibliographie	86

Tables des illustrations

Figure 1: Localisation des zones et type de travaux	9
Figure 2: illustration graphique de l'indicateur SPL-PIC.....	10
Figure 3: illustration graphique de l'indicateur SPL-RMS.....	11
Figure 4: illustration graphique de l'indicateur SEL-24H.....	12
Figure 5: Niveau de perception pour le calculs d'impact suivant les ateliers de construction.....	15
Figure 6: Processus de modélisation et calculs des niveaux de bruits	16
Figure 7: Les 5 principales espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie (échelles de taille des espèces non respectées). Issue du Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021.....	18
Figure 8: 8 autres espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie (échelles de taille des espèces non respectées). Issue du Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021.	19
Figure 9: Carte représentant l'occurrence des cétacés présents sur la zone d'étude du port de Saint Malo, ainsi que la taille des groupes associée. Source Inventaire biodiversité marine –Port Saint Malo Juillet 2021 AL LARK	21
Figure 10: Les 5 principales espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie (échelles de taille des espèces non respectées). Issue du Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021.....	25
Figure 11: Niveaux de bruit SPL-RMS, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone1.	28
Figure 12: modélisation de l'impact acoustique du dragage, localisation zone1	29
Figure 13: Niveaux de bruit SPL-RMS, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone2	31
Figure 14: modélisation de l'impact acoustique du dragage, localisation zone2	32
Figure 15: Niveaux de bruit SPL-RMS, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone3	34
Figure 16: modélisation de l'impact acoustique du dragage, localisation zone3	35
Figure 17: Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de déroctage sur zone1.....	38
Figure 18: Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de déroctage sur zone1	39
Figure 19: Modélisation de l'impact acoustique cumulatif du BRH, localisation zone1	40
Figure 20: Modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone1	41
Figure 21: Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone2.....	43
Figure 22: Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone2.....	44
Figure 23: modélisation de l'impact acoustique continu du BRH, localisation zone2	45
Figure 24: modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone2.....	46
Figure 25 : Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone3.....	48
Figure 26 : Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de déroctage sur zone3	49
Figure 27: modélisation de l'impact acoustique continu du BRH, localisation zone3	50
Figure 28: modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone3.....	51
Figure 29 : Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone4	53

Figure 30 : Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone4.....	54
Figure 31: modélisation de l'impact acoustique continu du BRH, localisation zone4	55
Figure 32: modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone4.....	56
Figure 33: Niveau de bruit SPL-Pic, exprimés en dB, travaux de battage de pieux.	60
Figure 34: Niveau de bruit SPL-RMS, exprimé en dB, pour battage de pieux.....	61
Figure 35: Impact du bruit cumulatif du battage de pieux en zone4.....	62
Figure 36: Impact du bruit impulsif du battage de pieux en zone4	64
Figure 37 : Niveau de bruit SPL-PIC pour atelier de minage (20 charges de 2kg équivalent TNT à 70cm dans la roche).....	66
Figure 38: Niveau de bruit SPL-RMS pour atelier de minage (20 charges de 2kg équivalent TNT à 70cm dans la roche).....	67
Figure 39: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1	68
Figure 40: Impact du bruit continu du minage en zone 1	70
Figure 41: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1, avec rideau de bulles.	73
Figure 42: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1 sans rideau de bulles.....	74
Figure 43: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1, avec rideau de bulles.	74
Figure 44: Impact du bruit continu du minage en zone 1, avec rideau de bulles.....	76
Figure 45: Impact du bruit continu du minage en zone 1, sans rideau de bulles	77
Figure 46: Impact du bruit continu du minage en zone 1, avec rideau de bulles.....	77
Figure 47: synthèse des indicateurs de réduction de bruit par modélisation d'un rideau de bulles pour l'atelier de minage.....	79
Tableau 1: synthèse des seuils PTS&TTS pour bruits impulsionnels SPL-PIC par classe de mammifères marins selon la sensibilité de leur audiogramme à différentes gammes de fréquences.	11
Tableau 2: synthèse des seuils PTS & TTS pour le SEL	12
Tableau 3: données d'entrée communiquées pour la réalisation des modélisations acoustiques	13
Tableau 4: Synthèse des enjeux pour chaque espèce identifiée dans l'état initial.	20
Tableau 5: détail de l'étude TBM-1somme 2021 pour la détermination de la valeur de l'enjeu des mammifères marins	22
Tableau 6: Répartition des espèces enjeux en fonction de leurs gammes de sensibilité fréquentiel	25
Tableau 7: détail des sensibilités définissant les audiogrammes pour les mammifères marins	26
Tableau 8: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.....	41
Tableau 9: Seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.	46
Tableau 10: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.....	51
Tableau 11: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.....	56
Tableau 12: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.....	63
Tableau 13: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.....	68

Tableau 14: Tableau de synthèse des effet du Dragage en Zone2	82
Tableau 15: Tableau de synthèse des effet du Dragage en Zone3	82
Tableau 20: Tableau de synthèse des effet du battage de pieux en Zone4.....	82
Tableau 16: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone1.....	83
Tableau 17: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone2.....	83
Tableau 18: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone3.....	83
Tableau 19: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone4.....	83
Tableau 21: Tableau de synthèse des effet du minage en Zone1, sans rideau de bulles	84
Tableau 22: Tableau de synthèse des effet du minage en Zone1, avec rideau de bulles.....	84

INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Dans le cadre des projets de travaux dans le port du Bas-Sablou et le terminal du Naye, la société SINAY a réalisé en 2018-2019 un état de référence acoustique sous-marine. Cet état de référence permet de caractériser et quantifier les différentes sources de bruit, la distribution fréquentielle, leur propagation et de connaître le niveau du bruit moyen dans la zone.

À la suite de l'identification des sources de bruit et de leurs cartographie, réalisés pour l'état initial, SINAY a réalisé l'étude des effets du projet des Bas-Sablons et du terminal du Naye sur le bruit pouvant être généré en milieu sous-marin.

Cette évaluation porte sur la phase chantier (*travaux de dragage, déroctage, battage de pieux et minage*). En effet, le scénario de référence établie en phase 1 pourra alors être comparé à la situation future et ses incidences potentielles.

Les effets cumulés potentiels liés au projet du terminal du Naye / port bas sablon seront alors pris en compte. Enfin Sinay proposera des mesures pour éviter, réduire ou compenser l'ensemble de ces incidences.

1.2 DONNEES TRANSMISES

Les données liées aux travaux (*localisation, sources*) ainsi que les études géophysiques et environnementales ont été transmises à SINAY sur la période juin-juillet 2022. Les dernières validations sur les données d'entrée ont été arrêtées en novembre 2022.

Ces données ont alors été vérifiées, formatées et intégrées à la chaîne de traitement SINAY pour traitement et modélisation.

2 TRAITEMENTS ET MODELISATIONS

2.1 RAPPELS ET CONTEXTE

2.1.1 LOCALISATION DES ZONES ET TYPE DE TRAVAUX ENVISAGES

Dans le cadre des projets de travaux dans le port du Bas-Sablou et le terminal du Naye, plusieurs types d'ateliers sont envisagés. Il a été demandé à Sinay de réaliser une étude d'impact acoustique sous-marine pour des ateliers de :

- **Minage** dans la zone nord-ouest sur l'affleurement rocheux immergé de « la Traversaine », situé en bordure de chenal. (Zone 1)
- **Dragage à la pelle mécanique** dans le cheval en sortie du terminal et du port du bas sablon. (Zone 1, 2, 3 et 4)
- **Déroctage au BRH** (Zone 1, 2, 3 et 4)
- **Battage de pieux** dans l'enceinte du terminal (Zone 4) (*durée estimée à 88 jours*)



Figure 1: Localisation des zones et type de travaux

2.1.2 RAPPEL DES TRAITEMENTS ET INDICATEURS DU BRUIT

En utilisant les données d'entrée (*étude état de référence, bathymétrie précise et récente, positionnement et nature des travaux*) une modélisation de la propagation des effets des travaux a été possible.

- L'analyse post modélisation se fait au travers de plusieurs indicateurs (*cf. explication dans l'état de référence et ci-après*).
- La prise en compte des espèces présentes sur zone, leur répartition et de leur sensibilité en fonction de leur audiogramme permet de générer une cartographie des contours seuils des espèce (*contour de dérangement, de traumatisme temporaire, traumatisme permanent et létaux*).
- Fort de ces deux traitements la génération d'une cartographie de l'impact acoustique des travaux, et par type de travaux est ainsi réalisée.

Une extraction visuelle est alors réalisée afin de produire des illustrations pour l'étude en choisissant les scénarii pertinents, à enjeux et représentatifs.

12.2.1.2 Indicateur de bruits : SPL-PIC

Le SPL-PIC a pour fonction de mesurer le du bruit impulsionnel.

SPL peak (dB re. 1 μ Pa peak)

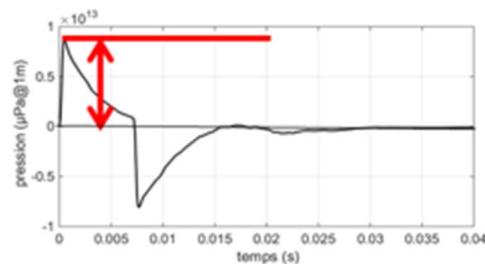


Figure 2: illustration graphique de l'indicateur SPL-PIC

Impact bruit impulsionnel : Les sons impulsionnels sous-marins sont générés par certaines activités humaines telles que les levés géophysiques, le battage de pieux, les sonars navals, les explosions sous-marines, les échosondeurs multifaisceaux et la détonation d'explosifs.

Il existe des preuves considérables des effets du son impulsionnels sur les organismes marins individuels. Les effets sur les individus peuvent être subtils (*par exemple, réduction de la sensibilité auditive TTS - déficit temporaire auditif, stress physiologique*) ou évidents (*tels que des changements de comportement, la mort PTS - Déficit auditif permanent*).

Pour mesurer l'impact du bruit impulsionnel nous utilisons l'indicateur SPL-PIC car même si l'individu exposé à ce niveau de bruit ne l'entend pas (*pas dans l'audiogramme de cette espèce*) il va subir les dommages physiques dus au mouvement des particules dans son système auditif.

Tableau 1: synthèse des seuils PTS&TTS pour bruits impulsionnels SPL-PIC par classe de mammifères marins selon la sensibilité de leur audiogramme à différentes gammes de fréquences.

Groupe taxonomique des mammifères marins	Seuil PTS et TTS – pour les bruits impulsionnels			
	Injury (PTS) onset		TTS onset	
	Pk SPL, dB re 1µPa	Weighted SEL _{24hr} , dB re 1µPa ² ·S	Pk SPL, dB re 1µPa	Weighted SEL _{24hr} , dB re 1µPa ² ·S
Cétacés “basse fréquence” (LF)	219+ 238*	183+ 198*	213+ 224*	168+ 183*
Cétacés “haute fréquence” (HF)	230+ 238*	185+ 198*	224+ 224*	170+ 183*
Cétacés “très haute fréquence” (VHF)	202+ 238*	155+ 198*	196+ 224*	140+ 183*
Siréniens (SI)	226+ N.D*	203+ N.D*	220+ N.D*	175+ N.D*
Phoques carnivores dans l’eau (PCW)	218+	185+	212+	170+
Autres carnivores dans l’eau (OCW)	232+	203+	226+	188+

22.2.1.2 Indicateur de bruits : SPL-RMS

Le SPL-RMS a pour fonction de mesurer le du bruit continu.

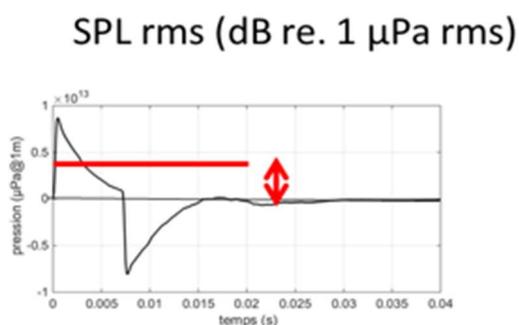


Figure 3: illustration graphique de l'indicateur SPL-RMS

Le niveau RMS est un moyen efficace et utile pour calculer la moyenne des valeurs de la pression acoustique sur une période donnée pour déterminer le niveau sonore dans cet intervalle du temps.

La pression sonore de RMS est calculée en évaluant d'abord les valeurs moyennes de la pression sonore pendant l'intervalle de temps spécifié puis en calculant la racine carrée de la valeur ainsi obtenue. La pression sonore RMS est exprimée en Pascals (dB re 1 µPa).

32.2.1.2 Indicateur de bruits : SEL 24H

Le SEL-24H a pour fonction de mesurer l'impact du bruit continu.

SEL : Niveau d'exposition sonore

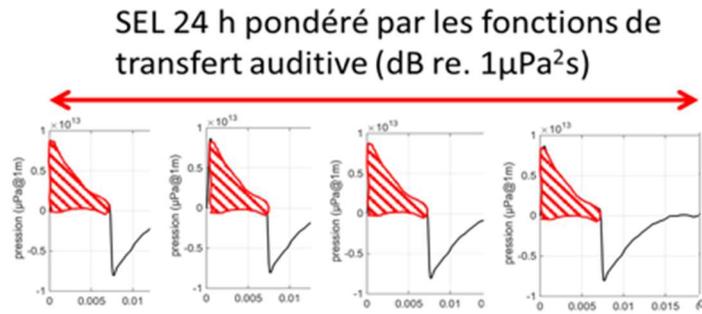


Figure 4: illustration graphique de l'indicateur SEL-24H

Impact bruit non impulsif / ou continu : il consiste à mesurer le niveau d'impact sur les mammifères marins en appliquant les niveaux de perception de ces espèces sur le niveau sonore reçu ainsi qu'en prenant en compte l'effet du temps d'exposition à ce niveau sonore. Pour cette raison nous utilisons l'indicateur SEL.

Tableau 2: synthèse des seuils PTS & TTS pour le SEL

	Type d'impact acoustique	Type de son	Cétacés basse fréquence	Cétacés moyenne fréquence	Cétacés haute fréquence	Pinnipède Phocidés
NOAA 2016	PTS	Impulsif	219 dB re.1 μ pa 183 dB re.1 μ pa ² s	230 dB re.1 μ pa 185 dB re.1 μ pa ² s	202 dB re.1 μ pa 155dB re.1 μ pa ² s	218 dB re.1 μ pa 185 dB re.1 μ pa ² s
		Non Impulsif	199 dB re.1 μ pa ² s	198 dB re.1 μ pa ² s	173 dB re.1 μ pa ² s	201 dB re.1 μ pa ² s
	TTS	Impulsif	204 dB re.1 μ pa 168 dB re.1 μ pa ² s	215 dB re.1 μ pa 170 dB re.1 μ pa ² s	187 dB re.1 μ pa 140 dB re.1 μ pa ² s	203 dB re.1 μ pa 170 dB re.1 μ pa ² s
		Non Impulsif	179 dB re.1 μ pa ² s	178 dB re.1 μ pa ² s	153 dB re.1 μ pa ² s	181 dB re.1 μ pa ² s

2.1.3 CONTRAINTES D'ENTREE POUR LES MODELISATIONS DES ATELIERS DE TRAVAUX

Les modélisations ont été contraintes suivant les paramètres suivants :

- **Source minage** : 20 charges de 2kg équivalent TNT avec un déclinement espacé de 25 millisecondes, charges installées à 70cm dans la roche.
- **Source battage de pieux** : Niveaux de bruit communiqués par la Région Bretagne (*tableau ci-dessous*),
- **Source BRH** : basé sur étude bibliographique et validé par la Région Bretagne,
- **Implantation des ateliers** : positions fournies par la Région Bretagne,
- **Marée** : les différents ateliers ont tous été modélisés par marée basse.

Tableau 3: données d'entrée communiquées pour la réalisation des modélisations acoustiques

Localisation	Zone	Opération/ Technique	Données caractéristiques d'atelier bruyant	Puissance acoustique en dB (Sound Level)	Horaires de fonctionnement prévisionnelles	Durée phase des travaux	Phase de la marée (haute / basse)
Déroctage marins	Zone 1 (Traversaine) Coordonnées exprimées en WGS84 48.668602°N, 2.081992°W 48.668600°N, 2.081726°W 48.668650°N, 2.082151°W	Minage du de dolérite	20 charges de 2 kg de TNT Espacées de 25 ms (Les explosions sont enfouies à 70 cm dans la roche)	SL=273 dB Freq_max entre 10 et 100 Hz Calcul Freq_total jusqu'à 16 kHz		1 fois	9.8 m - coefficient de 45 par marée basse (mortes eaux)
	Zone 1 (Traversaine) Coordonnées exprimées en WGS84 48.668602°N, 2.081992°W 48.668600°N, 2.081726°W 48.668650°N, 2.082151°W	Pelle mécanique + BRH		Pelle mécanique : Freq_max entre 200 et 500 Hz SL=190 dB BRH : Freq_max entre 100 et 200 Hz SL=188 dB Calcul Freq_total jusqu'à 16 kHz	Pelle mécanique : 8H de travaux par jour BRH : 40 fois par minute/ 8 H par jour	3 semaines	9.8 m - coefficient de 45 par marée basse (mortes eaux)
	Zone de déroctage résiduel en fin de dragage des sédiments : Zone 2 Coordonnées exprimées en WGS84 48.64149°N, 2.04344°W 48.64062°N, 2.04195°W 48.64010°N, 2.04058°W 48.63977°N, 2.03917°W 48.63971°N, 2.03747°W 48.63999°N, 2.03581°W	Déroctage à la pelle mécanique et BRH		Pelle mécanique : Freq_max entre 200 et 500 Hz SL=190 dB BRH : Freq_max entre 100 et 200 Hz SL=188 dB Calcul Freq_total jusqu'à 16 kHz	Pelle mécanique : 8H de travaux par jour BRH : 40 fois par minute/ 8 H par jour	-5 jours de déroctage de substrats durs (324m3/jour)	10-9 m - coefficient de 80 par marée basse.
	Zone de déroctage résiduel en fin de dragage des sédiments : Zone 3 Et 4 Coordonnées exprimées en WGS84 48.64066°N, 2.03468°W 48.64043°N, 2.03386°W 48.64071°N, 2.03239°W 48.64125°N, 2.03023°W	Déroctage à la pelle mécanique et BRH		Pelle mécanique : Freq_max entre 200 et 500 Hz SL=190 dB BRH : Freq_max entre 100 et 200 Hz SL=188 dB Calcul Freq_total jusqu'à 16 kHz	Pelle mécanique : 8H de travaux par jour BRH : 40 fois par minute/ 8 H par jour	-9 jours migmatite altérée (324 m3/j) -21 jours migmatite (324 m3/j) - 12 heures migmatite (380 m3/j)	7m - coefficient de 80 par marée basse.

	48.64131°N, 2.02907°W 48.64138°N, 2.02824°W						
Construction des infrastructures poste 1	Front d'accostage de pointe Coordonnées exprimées en WGS84 48.641686°N, 2.026826°W 48.641858°N, 2.026508°W 48.642062°N, 2.026230°W	Déroctage des assises des caissons à la pelle mécanique et au BRH		Pelle mécanique : Freq_max entre 200 et 500 Hz SL=190 dB BRH : Freq_max entre 100 et 200 Hz SL=188 dB Calcul Freq_total jusqu'à 16 kHz	Pelle mécanique : 8H de travaux par jour BRH : 40 fois par minute/ 8 H par jour	1,5 mois	3 m - coefficient de 80 par marée basse.
	Front d'accostage principal (quai)	Battage des pieux / Trépannage	88 pieux Ø914 mm, épaisseur 20 mm 1 pieux/ jour pendant 88 jours	SL=212 dB Freq_max entre 100 et 200 Hz Calcul Freq_total jusqu'à 16 kHz	8H de travaux par jour	1 pieux/ jour pendant 88 jours	3 m - coefficient de 80 par marée basse.

2.1.4 CONTRAINTES D'ENTREE POUR ATELIER DE MINAGE

L'atelier minage fait l'objet d'une seconde modélisation définie par les contraintes suivantes :

- **Source** : 20 charges de 2kg équivalent TNT avec un déclinement espacé de 25 millisecondes.
- **Implantation des charges** : les charges sont positionnées dans un carottage de 70cm dans la roche à disloquer.
- **Marée** : l'atelier de minage est réalisé à marée basse en prenant comme hauteur d'eau 9,8m correspondant à une période de mortes eaux et plus exactement à un coefficient d'environ 45.

2.1.5 PRODUCTION DES RESULTATS ET MODELISATION

Les résultats produits prennent en compte les niveaux de perception des espèces selon les références suivantes : Standard 2007 - Southall, B. L., et al. Et Standard 2016 - NMFS (2016), NOAA.

Les niveaux de perception des espèces permettent de d'appréhender la sensibilité de l'audiogramme des individus, et aussi de pouvoir calculer l'impact des différents atelier de construction selon leurs type de fréquences émises.

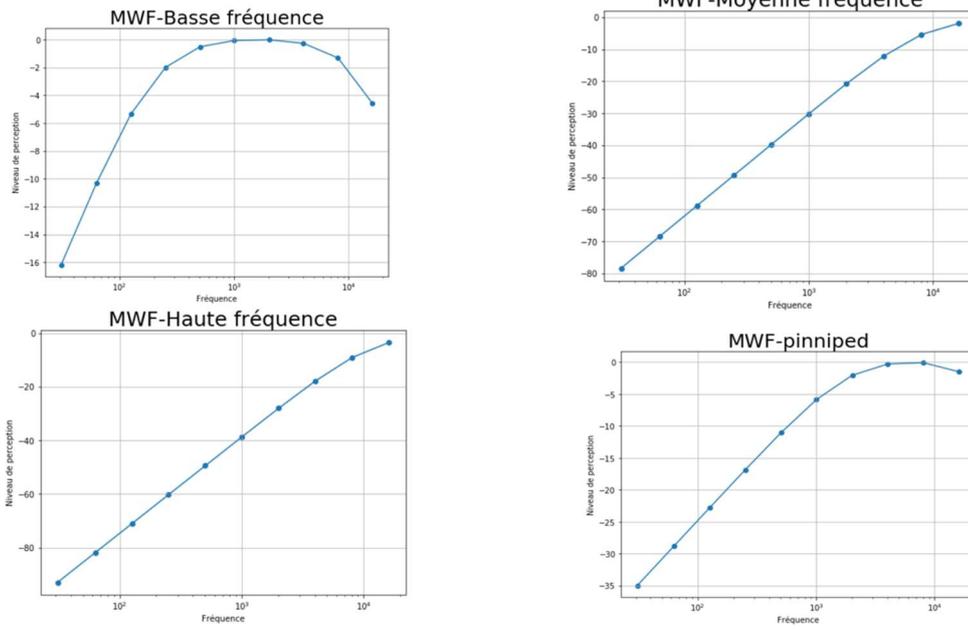


Figure 5: Niveau de perception pour le calculs d'impact suivant les ateliers de construction

La modélisation acoustique réalisée par Sinay suit le processus ci-dessous.

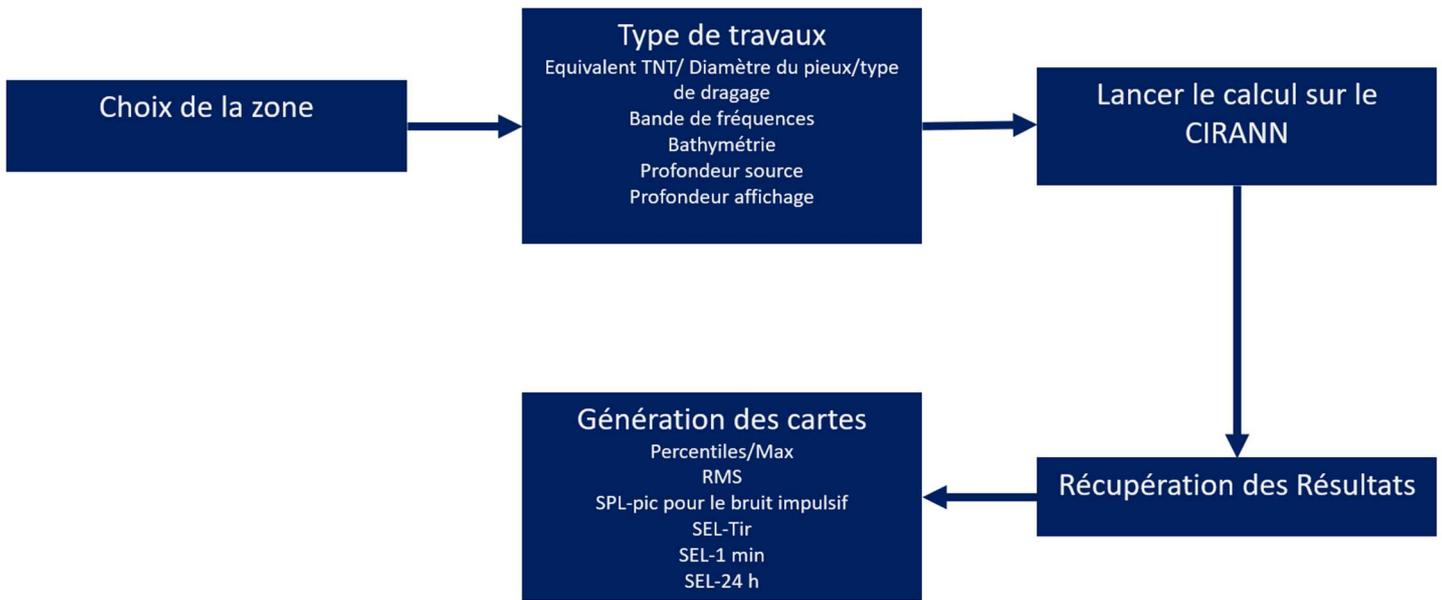


Figure 6: Processus de modélisation et calcul des niveaux de bruits

3 ENJEUX MAMMIFERES MARINS

La définition des enjeux de la zone concernant les mammifères marins s'appuie sur les études *Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021* et *Inventaire biodiversite marine - Port Saint Malo - Association AL LARK* communiquées à Sinay par la Région Bretagne.

3.1 POPULATION PRESENTE SUR LA ZONE D'ETUDE

Concernant les mammifères marins, le golfe Normand-Breton accueille une des plus grandes populations de grands dauphins résidents et côtiers de la façade Atlantique de l'Europe (*hors Méditerranée*), composée d'environ 400 individus. Les grands dauphins sont présents tout au long de l'année.

Guidées par la recherche de proies, le marsouin et le dauphin commun représentent également deux espèces fréquentant régulièrement le golfe Normand-Breton. Les connaissances actuelles ne permettent pas d'estimer quantitativement l'abondance de ces espèces à l'échelle de l'aire d'étude élargie. **Cependant, on peut dire qu'elles sont surtout observées en été pour le marsouin et en hiver pour le dauphin commun.**

Les pinnipèdes sont présents à l'année à proximité de l'aire d'étude. Une colonie sédentaire de phoque veau-marins est établie en baie du Mont Saint-Michel et des populations de phoques gris résident sur les îles anglo-normandes (*Minquiers et Ecrehous*). Des observations locales rapportent également la présence occasionnelle de dauphins de Risso dans le golfe Normand-Breton. Répartition géographique représentée sur la figure 9.

D'autres espèces de mammifères marins incluant les dauphins bleu et blanc, les petits rorquals, les globicéphales noirs, les rorquals communs, les dauphins à nez blanc, les mésoplodons et les cachalots, ont pu être détectées en Manche lors de campagnes d'observation spécifiques (*SCAN, SAMM, Megafaune*) ou via le recensement des échouages. Ces observations rares semblent correspondre à des incursions ou écarts de leurs aires de répartition.

Treize espèces de mammifères marins occupent potentiellement l'aire d'étude élargie du projet.

La figure 7, regroupe les 5 principales espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie du projet. Cette liste comprend notamment 3 espèces d'odontocètes (*Grand dauphin, Dauphin commun, Marsouin commun*) et 2 espèces de pinnipèdes (*Phoque gris, Phoque veau-marin*).

Espèces dont la présence est régulière	
Le Grand dauphin (<i>Tursiops truncatus</i>) 	Le Dauphin commun (<i>Delphinus delphis</i>) 
Le Marsouin commun (<i>Phocoena phocoena</i>) 	Le Phoque gris (<i>Halichoerus grypus</i>) 
Le Phoque veau-marin (<i>Phoca vitulina</i>) 	

Figure 7: Les 5 principales espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie (échelles de taille des espèces non respectées). Issue du Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021.

La figure 8 présente les autres espèces de mammifères marins pouvant être observées de manière anecdotique en Manche.

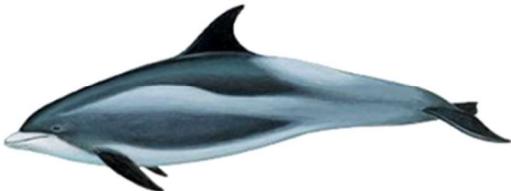
Espèces dont la présence est anecdotique	
<p>Le dauphin de Risso (<i>Grampus griseus</i>)</p> 	<p>Le dauphin Bleu et Blanc (<i>Stenella coeruleoalba</i>)</p> <p>P. A. Folkens</p> 
<p>Le rorqual commun (<i>Balaenoptera physalus</i>)</p> 	<p>Le globicéphale noir (<i>Globicephala melas</i>)</p> 
<p>Mésoplodon (<i>Mesoplodon bidens</i>)</p> 	<p>Le dauphin à nez blanc (<i>Lagenorhynchus albirostris</i>)</p> 
<p>Le petit rorqual de l'Atlantique (<i>Balaenoptera acutorostrata</i>)</p> 	<p>Le cachalot (<i>Physeter macrocephalus</i>)</p> 

Figure 8: 8 autres espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie (échelles de taille des espèces non respectées). Issue du Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021.

3.2 ENJEUX RELATIFS AUX MAMMIFERES MARINS

Cette section a pour objectif de présenter les résultats d'évaluation des enjeux mammifères marins sur l'aire d'étude élargie.

La prise en compte des enjeux identifie 4 espèces avec un enjeu fort (*Grand dauphin, Marsouin commun, Phoque gris, Phoque veau-marin*) ; 1 espèce avec un enjeu moyen (*Dauphin commun*) ; et identifie 8 espèces avec un enjeu faible (*Dauphin de Risso, Dauphin à nez blanc, Dauphin Bleu et Blanc, Globicéphale noir, Petit rorqual de l'Atlantique, Rorqual commun, Cachalot, Mésoplodon*).

Le Tableau 4 présente une synthèse des résultats de l'évaluation des enjeux pour chaque espèce de mammifère marin identifiée par l'état initial comme potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie. Le détail de l'étude *TBM-SOMME 2021* pour la détermination de la valeur de l'enjeu est présenté dans le Tableau 5.

Tableau 4: Synthèse des enjeux pour chaque espèce identifiée dans l'état initial.

Groupe/thématique	Sous-groupe/thématique/ espèce	Justification de l'enjeu	Caractérisation de l'enjeu
Mammifères marins	Grand dauphin (<i>Tursiops truncatus</i>)	Tableau 20	Fort
	Marsouin commun (<i>Phocoena phocoena</i>)	Tableau 20	Fort
	Phoque gris (<i>Halichoerus grypus</i>)	Tableau 20	Fort
	Phoque veau-marin (<i>Phoca vitulina</i>)	Tableau 20	Fort
	Dauphin commun (<i>Delphinus delphis</i>)	Tableau 20	Moyen
	Dauphin de Risso (<i>Grampus griseus</i>)	Tableau 20	Faible
	Dauphin à nez blanc (<i>Lagenorhynchus albirostris</i>)	Tableau 20	Faible
	Dauphin Bleu et Blanc (<i>Stenella coeruleoalba</i>)	Tableau 20	Faible
	Globicéphale noir (<i>Globicephala melas</i>)	Tableau 20	Faible
	Petit rorqual (<i>Balaenoptera acutorostrata</i>)	Tableau 20	Faible
	Rorqual commun (<i>Balaenoptera physalus</i>)	Tableau 20	Faible
	Cachalot (<i>Physeter macrocephalus</i>)	Tableau 20	Faible
	Mésoplodon (<i>Mesoplodon bidens</i>)	Tableau 20	Faible

Trois groupes de Mammifères marins ont ainsi pu être définis :

- **Les espèces avec un enjeu fort** (*Grand dauphin, Marsouin commun, Phoque gris, Phoque veau-marin*) ;
- **Les espèces avec un enjeu moyen** (*Dauphin commun*) ;
- **Les espèces à enjeu faible** (*Dauphin de Risso, Dauphin à nez blanc, Dauphin Bleu et Blanc, Globicéphale noir, Petit rorqual de l'Atlantique, Rorqual commun, Cachalot, Mésoplodon*).

La distribution géographique des espèces présentes sur la zone d'étude est illustrée en figure 9 et réalisée par l'inventaire biodiversité marine conduit par l'association AL LARK en juillet 2021. Cette étude montre une répartition relativement homogène sur la baie de st Malo, impliquant les 4 zones de travaux.

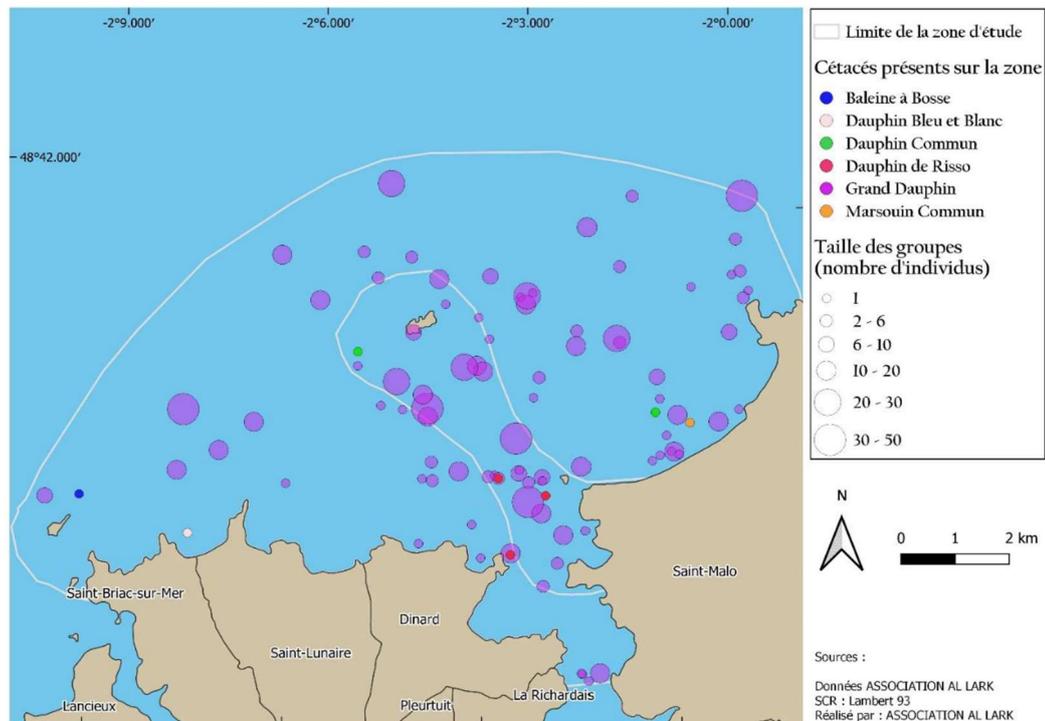


Figure 9: Carte représentant l'occurrence des cétacés présents sur la zone d'étude du port de Saint Malo, ainsi que la taille des groupes associée. Source Inventaire biodiversité marine –Port Saint Malo Juillet 2021 AL LARK

Cette cartographie de densité des populations est utilisée dans les modélisations acoustiques pour produire l'impact acoustique des travaux selon les sensibilités acoustiques des espèces à fort enjeux.

Tableau 5: détail de l'étude TBM-1somme 2021 pour la détermination de la valeur de l'enjeu des mammifères marins

Espèces		Statut patrimonial											Statut local (Golfe Normand-Breton)			Valeur				
		International				Européen			Etat de conservation	National			Région manche	Aire de répartition	Population (individus)		Synthèse de l'enjeu patrimonial	Utilisation particulière de la zone (reproduction, habitat)	Utilisation autre de la zone (alimentation migration)	Synthèse de l'enjeu local
Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR	Berne	OSPAR	Bonn	LR	DH	CITES		LR	PN 1	PN 2	ZNIEFF							
Grand dauphin	<i>Tursiops truncatus</i>	LC	Ann.II	/	Ann.II	DD	Ann.II et IV	Ann.A	Quasi-menacée	LC	Art. 1	Art.2		Eaux tropicales et tempérées dans les deux hémisphères (principalement côtiers mais aussi pélagiques)	600 000	Fort	Reproduction et habitat annuel	Alimentation, migration	Fort	Fort
Marsouin commun	<i>Phocoena phocoena</i>	LC	Ann.II	Ann. V	Ann.II	VU	Ann.II et IV	Ann.A	Vulnérable	NT	Art. 1	Art.2		Eaux côtières tempérées froides et sub-polaires (plateau continental - eaux inférieures à 200 m)	Au moins 700 000	Fort	s.o.	Présence régulière : migration, incursions sur le plateau en zone côtière à la poursuite de petites proies pélagiques	Moyen	Forte
Phoque gris	<i>Halichoerus grypus</i>	LC	Ann.III	/	Ann.II	LC	Ann.II et V	/	Vulnérable	NT	Art. 1	Art 3 et 5	X	Eaux côtières de l'Atlantique nord (la Bretagne est la limite sud de l'aire de répartition)	300 000	Fort	Plusieurs repositoirs à proximité de l'aire d'étude, reproduction et habitat annuel	Alimentation, repos, et migration	Fort	Forte
Phoque veau-marin	<i>Phoca vitulina</i>	LC	Ann.III	/	Ann.II	LC	Ann.II et V	/	Quasi-menacée	NT	Art. 1	Art 3 et 5	X	Eaux côtières de l'hémisphère nord	Entre 350 000 et 500 000 animaux dont 100 000 Atlantique ouest	Fort	Plusieurs repositoirs à proximité de l'aire d'étude, reproduction et habitat annuel	Alimentation, repos, et migration	Fort	Forte
Dauphin commun	<i>Delphinus delphis</i>	LC	Ann.II	/	Ann.I et II	DD	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	LC	/	Art.2		Eaux côtières tempérées tropicales ou sub-tropicales (talus continental préférentiellement)	4 000 000	Faible	s.o.	Présence régulière : incursions sur le plateau en zone côtière à la poursuite de petites proies pélagiques	Moyen	Moyen
Dauphin de Risso	<i>Grampus griseus</i>	LC	Ann.II	/	Ann.II	DD	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	VU	/	Art.2		Eaux tempérées, froides à tropicales du monde entier. Principalement en haute mer, s'approchant parfois des côtes, fréquente le talus continental.	90 000 à 120 000	Faible	s.o.	Présence occasionnelle : incursions sur le plateau en zone côtière à la poursuite de petites proies pélagiques	Faible	Faible
Le dauphin à nez blanc	<i>Lagenorhynchus albirostris</i>	LC	Ann.II	/	Ann.II	LC	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	LC	/	Art.2		Dans les eaux froides subpolaires habituellement sous l'isobathe 200m (talus et plateau continental)	100 000 en Atlantique Nord	Faible	s.o.	Présence rare	Faible	Faible
Dauphin bleu et blanc	<i>Stenella coeruleoalba</i>	LC	Ann.II	/	Ann.II	DD	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	LC	/	Art.2		Des tropiques aux eaux tempérées isobathe 200m (talus et plateau continental)	Au moins 700 000	Faible	s.o.	Présence rare : incursions sur le plateau continental pour la ressource alimentaire	Faible	Faible
Globicéphale noir	<i>Globicephala melas</i>	DD	Ann.II	/	Ann.II	DD	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	LC	/	Art.2		Eaux tempérées et sub-polaires (entre 300 et 1800 m principalement sur le talus continental/peuvent suivre leurs proies en zones plus côtières)	1 000 000	Faible	s.o.	Présence rare : incursions sur le plateau continental pour la ressource alimentaire	Faible	Faible

Espèces		Statut patrimonial											Statut local (Golfe Normand-Breton)			Valeur				
		International				Européen			Etat de conservation	National			Région manche	Aire de répartition	Population (individus)		Synthèse de l'enjeu patrimonial	Utilisation particulière de la zone (reproduction, habitat)	Utilisation autre de la zone (alimentation migration)	Synthèse de l'enjeu local
Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR	Berne	OSPAR	Bonn	LR	DH	CITES		LR	PN 1	PN 2	ZNIEFF							
Petit rorqual	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	LC	Ann.II et III	/	/	LC	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	LC	/	Art.2		Présence dans tous les océans (migre en été vers les hautes latitudes en hémisphère nord)	Plus de 100 000 dans l'hémisphère nord	Faible	s.o.	Présence rare	Négligeable	Faible
Rorqual commun	<i>Balaenoptera physalus</i>	EN	Ann.II et III	/	Ann. I et II	NT	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	NT	/	Art.2		Distribution mondiale sauf dans les tropiques (eaux profondes)	Supérieur à 30 000	Faible	s.o.	Présence rare	Négligeable	Faible
Cachalot	<i>Physeter macrocephalus</i>	VU	Ann.II	/	Ann. I et II	VU	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	VU	/	Art.2		Présence dans tous les océans (les femelles évitent les eaux froides des pôles)	Estimations : 200 000 à 450 000	Faible	s.o.	Présence rare	Négligeable	Faible
Mésoplodon	<i>Mesoplodon bidens</i>	LC	Ann.II	/	/	DD	Ann.IV	Ann.A	Inconnu	DD	/	Art.2		Atlantique Nord. Peu d'observations. Eaux profondes, le long de la bordure et du talus du plateau continental.	Inconnu	Faible	s.o.	Présence rare	Négligeable	Faible

LR : liste rouge UICN (mondiale, européenne, nationale)

- CR : En danger critique
- EN : En danger
- VU : Vulnérable
- NT : Quasi menacée
- LC : Préoccupation mineure
- DD : Données insuffisantes
- NA : Non applicable

Berne : Convention (19 septembre 1979) relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Les exigences de la convention de Berne en matière d'habitats sont satisfaites par la désignation de sites dans le cadre du Réseau Natura 2000. Ann. II : espèces de faune nécessitant une protection particulière ; Ann. III : .

OSPAR : Convention (22 septembre 1992) qui guide la coopération internationale pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-est. Ann. V : liste des espèces.

Bonn : Convention (23 juin 1979) sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS : Convention on Migratory Species), Ann. I : regroupe la liste des espèces menacées en danger d'extinction c'est-à-dire les espèces dont l'aire de répartition pourrait disparaître ou toute espèce en danger, Ann. II : établit la liste des espèces dont l'état de conservation est défavorable.

DH : directive européenne du 21 mai 1992 92/43/CEE concerne la préservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage.

- Ann. II : annexe qui regroupe les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation (ZSC).
- Ann. IV : annexe qui liste les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte : elle concerne les espèces devant être strictement protégées. Cette liste a été élaborée sur la base de l'annexe 2 de la Convention de Berne.
- Ann V : annexe qui concerne les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.

CITES : application de la convention CITES N°338/97 du conseil du 9 décembre 1996 relatif à la protection des espèces de faune et de flore sauvages par le contrôle de leur commerce. Ann. A : toutes les espèces menacées d'extinction qui sont ou pourraient être affectées par le commerce.

PN1 : arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégés menacés d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département :

- Art.1 : liste espèces de vertébrés protégés au titre de l'article L. 211-1 du code rural menacés d'extinction en France en raison de la faiblesse observée ou prévisible de leurs effectifs et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département, au sens du 1 des tableaux « Code rural » figurant aux paragraphes 1 et 2-A du titre II de l'annexe du décret du 19 décembre 1997

PN2 : arrêté du 1er juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection

- Art. 2 : Pour les espèces de cétacés et de siréniens dont la liste est fixée, sont interdits sur le territoire national, et dans les eaux marines sous souveraineté et sous juridiction, et en tout temps :
I. La destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement intentionnel incluant les prélèvements biologiques, la perturbation intentionnelle incluant la poursuite ou le harcèlement des animaux dans le milieu naturel.
II. La destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation compromette la conservation de l'espèce en remettant en cause le bon accomplissement des cycles biologiques.
III. La détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation commerciale ou non des spécimens de mammifères marins prélevés dans le milieu naturel :
- du territoire national, et dans les eaux marines sous souveraineté et sous juridiction après le 1er octobre 1995 ;
- du territoire européen, et dans les eaux marines sous souveraineté et sous juridiction des autres Etats membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

Art. 3 : idem article 2 pour les Pinnipèdes

- Art 5 : sont interdits sur le territoire national, et dans les eaux marines sous souveraineté et sous juridiction, et en tout temps le colportage, l'utilisation commerciale, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout produit, transformé ou non, obtenu à partir d'un animal d'une espèce d'otaridés, de phocidés ou d'odobénéidés, notamment la viande, l'huile, la graisse, les organes, les pelleteries brutes et les pelleteries tannées ou apprêtées, y compris les pelleteries assemblées en nappes, sacs, carrés, croix et présentations similaires, et les articles fabriqués à partir de pelleteries.

ZNIEFF : Liste des espèces déterminantes pour la désignation des ZNIEFF

SCAN II : chiffres d'abondance issus du programme SCAN II (plateau continental Europe du nord)

CODA : chiffres d'abondance issus du programme CODA (zone hauturière Europe du nord)

s.o. : sans objet

? : non évaluée (UICN, 2015)

Source l'étude TBM-1somme 2021.

4 PRESENTATION DES RESULTATS PAR ATELIERS ET ZONES

Afin de pouvoir appréhender pleinement l'ampleur de l'impact de chaque atelier, un grand nombre de modélisations a été réalisé pour chaque type de travaux, chaque zone de travaux et suivant les sensibilités fréquentielles des espèces à enjeux présentes sur zone. Cette approche a ensuite été dupliquée en tenant compte des mesures de réduction du bruit (*rideau du bulles*) afin d'en estimer l'impact résiduel.

Chaque type de travaux est exposé de la façon suivante :

- Type de travaux dans Zone numérotée
 - Modélisation du bruit généré (*cartographie des indicateurs SLP_RMS, SLP_PIC*)
 - Modélisation de l'effet sur les mammifères marins (*cartographie impact acoustique*)
 - Présentation des mesures de réduction
 - Modélisation du bruit résiduel
 - Indicateurs de réduction du bruit

Cette approche est ainsi dupliquée pour chaque zone, et chaque type de travaux basé sur les données d'entrée du tableau 3.

Dans cette étude les niveaux de seuils d'impact sur les mammifères marins ont été classés sur les niveaux SEL (*bruit en continu*). Cette classification est décrite ci-dessous :

- Niveau 0 = Pas de dérangement
- Niveau 1 =  Faible dérangement
- Niveau 2 =  Dérangement moyen
- Niveau 3 =  Dérangement fort
- Niveau 4 =  Seuil TTS (*Temporary Threshold Shift -> Traumatisme Temporaire*)
- Niveau 5 =  Seuil PTS (*Permanent Threshold Shift -> Traumatisme Permanent*)

Les seuils TTS et PTS ayant préalablement été décrits en tableau 2. Ces seuils varient selon les catégories de fréquences, chaque espèce étant plus ou moins sensibles selon les catégories.

Pour l'indicateur SPL_PIC seuls les seuils TTS et PTS existent mais les seuils de dérangement ne peuvent être pris en compte en raison du caractère impulsionnel du bruit.

Les 5 principales espèces à enjeux sur la zone, repris en figure 10, peuvent être réparties ci-dessous selon leurs sensibilités fréquentielles (tableau 6)

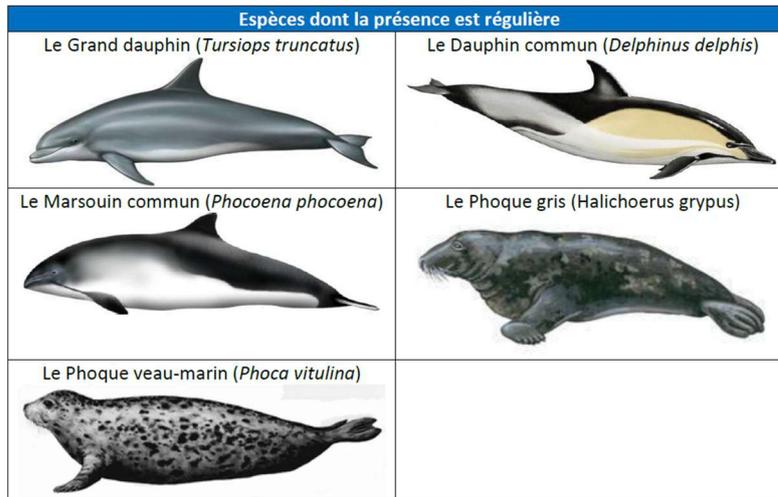


Figure 10: Les 5 principales espèces de mammifères marins potentiellement présentes dans l'aire d'étude élargie (échelles de taille des espèces non respectées). Issue du Rapport_avifaune et mammifères marins_Port St-Malo_TBM-SOMME_2021.

Tableau 6: Répartition des espèces enjeux en fonction de leurs gammes de sensibilité fréquentiel

ESPECE	SENSIBILITE HF (160kHz -> 275KHz)	SENSIBILITE MF (150kHz -> 160KHz)	SENSIBILITE BF (7Hz -> 35KHz)	SENSIBILITE Pinnipède (50Hz -> 86KHz)
Grand Dauphin (<i>Tursiops truncatus</i>)		X		
Dauphin commun (<i>Delphinus Delphis</i>)		X		
Marsouin Commun (<i>Phocoena phocoena</i>)	X			
Phoque Gris (<i>Halichoerus grypus</i>)				X
Phoque veau-marin (<i>Phoca vitulina</i>)				X

Tableau 6 issu de l'étude 2016-*Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing Underwater Acoustic*, dont les valeurs fréquentielles sont extraites cf tableau 7 ci-dessous.

Les tableaux 6 et 7 permettent de visualiser que les Marsouin Communs sont sensibles aux bruits générés dans les hautes fréquences, les grands Dauphins Communs sont sensibles aux bruits générés dans les moyennes fréquences et les phoques ont une sensibilité aux bruits générés dans des gammes de fréquences moyennes à basses.

Tableau 7: détail des sensibilités définissant les audiogrammes pour les mammifères marins

Hearing Group	Generalized Hearing Range*
Low-frequency (LF) cetaceans (baleen whales)	7 Hz to 35 kHz
Mid-frequency (MF) cetaceans (dolphins, toothed whales, beaked whales, bottlenose whales)	150 Hz to 160 kHz
High-frequency (HF) cetaceans (true porpoises, <i>Kogia</i> , river dolphins, cephalorhynchid, <i>Lagenorhynchus cruciger</i> & <i>L. australis</i>)	275 Hz to 160 kHz
Phocid pinnipeds (PW) (underwater) (true seals)	50 Hz to 86 kHz
Otariid pinnipeds (OW) (underwater) (sea lions and fur seals)	60 Hz to 39 kHz
* Represents the generalized hearing range for the entire group as a composite (i.e., all species within the group), where individual species' hearing ranges are typically not as broad. Generalized hearing range chosen based on ~65 dB threshold from normalized composite audiogram, with the exception for lower limits for LF cetaceans (Southall et al. 2007) and PW pinniped (approximation).	

5 MODELISATION DE L'ATELIER DE DRAGAGE PELLE MECANIQUE

5.1 RAPPELS SUR LES NIVEAUX DE BRUIT A LA SOURCE ET EFFET DU BRUIT

- Niveau de bruit à la source

Le niveau de bruit à la source pour les travaux de dragage avec emploi d'une pelle mécanique est de 190dB (*renseigné dans le tableau 3*). La bibliographie mentionne en fonction des types de pelles mécaniques un niveau de bruit à la source pouvant varier de 160dB à 190dB. Pour le besoin de l'étude nous avons donc retenu la valeur la plus critique pour l'environnement à savoir 190dB.

Du fait de sa nature, l'activité de dragage est considérée comme un bruit dit « continu » en opposition à bruit impulsif. A cet égard nous nous intéresserons ici à la représentation de l'indicateur SPL-RMS.

- Effets du bruit

L'impact sur les mammifères marins est exprimé selon une échelle de seuils allant de dommage permanent (PTS) ou temporaire (TTS) jusqu'à un dérangement faible.

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

5.2 ZONE 1

5.2.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

Les mesures réalisées durant la phase initiale avec des enregistreurs sur la zone des travaux ont montré que le niveau de bruit moyen est d'environ 100 dB. Pour cette raison l'échelle de bruit commence à ce niveau ce qui nous permet de voir l'empreinte acoustique de cette activité. Le niveau de 140 dB représente un seuil de dérangement des mammifères marins ce qui est comparable en SPL-RMS à celui d'un petit navire de pêche dans la zone.

Les résultats de modélisation présentés dans la **Figure 11**, montrent une valeur de 140 dB dans le périmètre très rapproché des travaux, pouvant donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin reste à côté (*rayon de 1km*).



Figure 11: Niveaux de bruit SPL-RMS, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone1.

- L'empreinte acoustique de cette activité reste relativement limitée localement, se propageant dans le chenal à des niveaux assez bas, bien en dessous des seuils de dérangement des mammifères marins.

5.2.2 EFFETS BRUITS CONTINUS POUR L'ATELIER DE DRAGAGE PELLE MECANIQUE EN ZONE 1

La modélisation de l'impact de l'atelier de dragage a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences HF, Moyennes Fréquences MF, Basses Fréquences BF, Fréquences Pinnipèdes*).

Parmi ces modélisations seules les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessous.

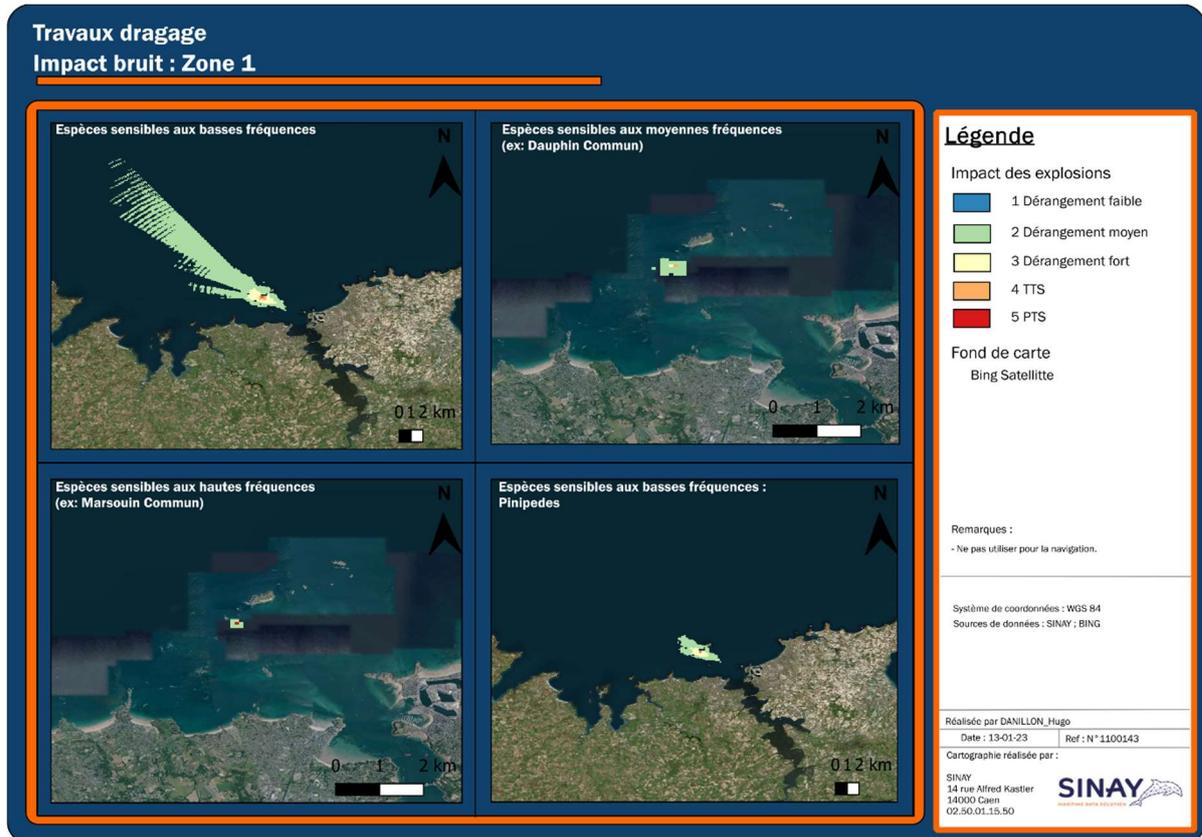


Figure 12: modélisation de l'impact acoustique du dragage, localisation zone1

On observe des niveaux TTS et PTS extrêmement limités géographiquement. En effet, la nature des travaux génère moins de bruit que d'autres activités type minage ou battage de pieux. Un dérangement de type moyen est toutefois observé à plus grande échelle en raison de la propagation du bruit dans l'axe du chenal. Toute fois ce type de dérangement présente un bien moindre risque que les seuils TTS et PTS.

Effets sur les espèces sensibles aux Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 250m autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 1,7km de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles aux Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouins)

Un dérangement fort est localisé dans un rayon d'une dizaine de mètres autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 1 km de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles aux Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1 km autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 100 km de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles aux Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 15 km autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 100 km de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

5.2.3 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

En raison de l'emprise des zones de nuisance et seuils TTS & PTS visible en Erreur ! Source du renvoi introuvable., des mesures de réduction du bruit de type rideau de bulle ne sont pas considérées comme nécessaires pour les travaux de dragage à la pelle mécanique en zone1.

Les mesures de réduction envisageables restent le choix des périodes de basse mer afin de limiter l'emprise des dérangements.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

5.2.4 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Aucune mesure de surveillance ou de suivi n'est préconisée pour l'activité de dragage à la pelle mécanique en zone1.

5.3 ZONE 2

5.3.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

Le niveau de 140 dB représente un seuil de dérangement des mammifères marins ce qui est comparable en SPL-RMS à celui d'un petit navire de pêche dans la zone.

Les résultats de modélisation (**Figure 13**) montrent une valeur de 140 dB dans le périmètre très rapproché des travaux, donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin reste à côté.

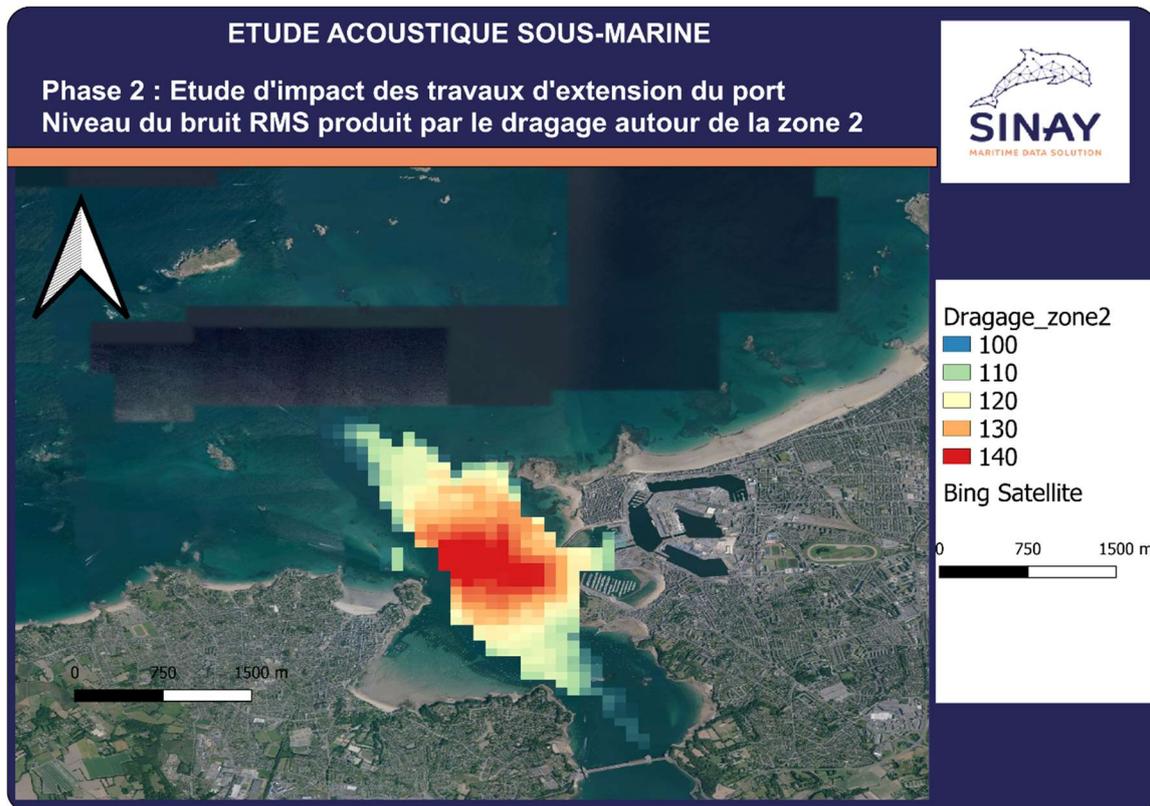


Figure 13: Niveaux de bruit SPL-RMS, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone2

→ L'emprise acoustique de cette activité reste relativement limitée localement contrainte par la morphologie du trait de côte, à des niveaux assez bas bien en dessous des seuils de dérangement des mammifères marins.

5.3.2 EFFETS BRUITS CONTINUS POUR L'ATELIER DE DRAGAGE PELLE MECANIQUE EN ZONE 2

La modélisation de l'impact de l'atelier de dragage a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinipèdes*).

Parmi ces modélisations seules les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la carte. Source du renvoi introuvable. ci-dessous.

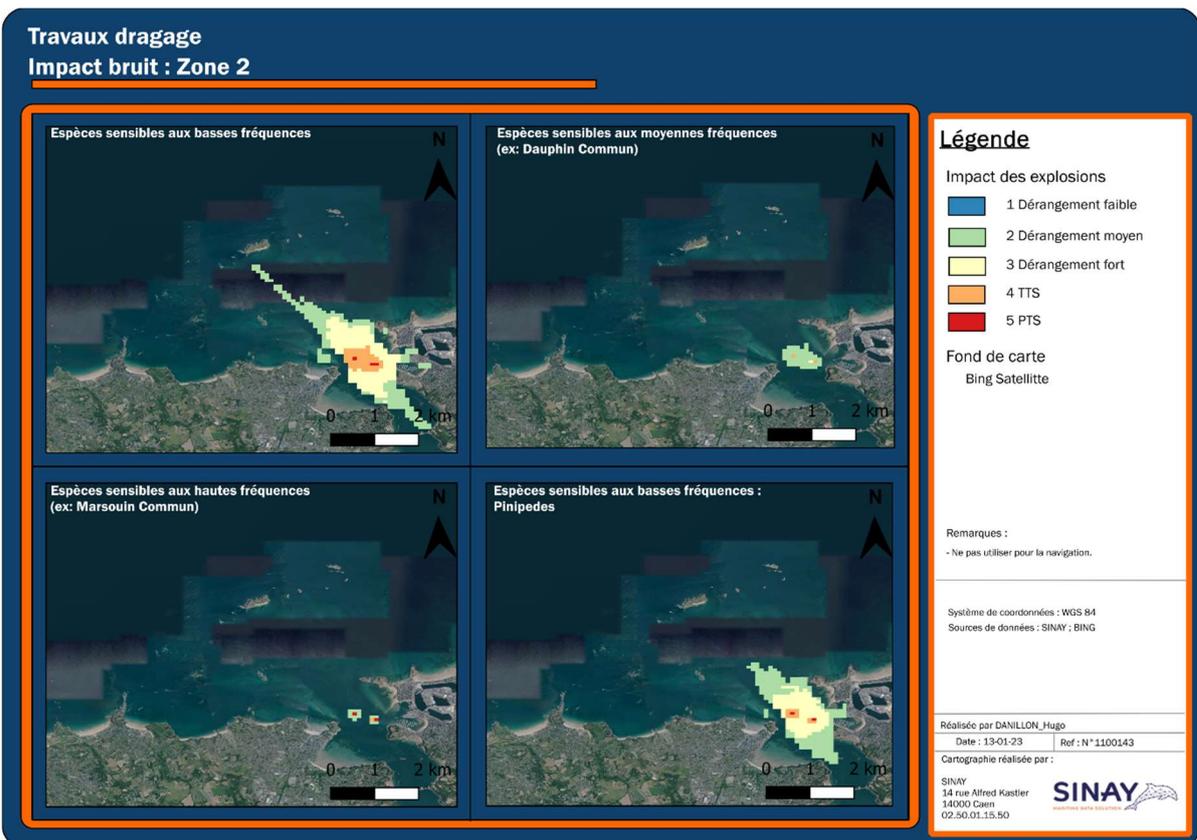


Figure 14: modélisation de l'impact acoustique du dragage, localisation zone2

- ➔ Les niveaux sonores des travaux de dragage ne sont pas très élevés malgré le calcul d'un impact sur 24h continu. L'impact sur les mammifères marins est donc ici limité, se traduisant par un niveau de dérangement moyen dans l'axe du chenal.
- ➔ Le rayon du seuil TTS en cantonné à un rayon inférieur à 500m et valable pour un mammifère marin qui resterait dans ce périmètre pendant une durée de 8H continue.

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 500 m autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 1,5 km de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouins)

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de quelques dizaines de mètres autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 1 km de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1 km autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 3,5 km de la source. Un seuil TTS (Traumatisme temporaire) applicable dans un rayon de 100 m de la source. Un PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 900 m autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 3,6 km de la source. Un seuil TTS (Traumatisme temporaire) applicable dans un rayon de 400 m de la source. Un PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

5.3.3 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

En raison de l'emprise des zones de nuisance et seuils TTS & PTS visibles en figure 14, des mesures de réduction du bruit ne sont pas considérées comme nécessaire pour les travaux de dragage à la pelle mécanique en zone2. Des mesures d'effarouchement ne serait recommandées que si la zone des travaux présentait un enjeu sur les espèces sensibles aux basses fréquences.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

5.3.4 MESURES DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Aucune mesure de surveillance ou de suivi n'est préconisée pour l'activité de dragage à la pelle mécanique en zone2.

5.4 ZONE 3

5.4.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

Le niveau de 140 dB représente un seuil de dérangement des mammifères marins ce qui est comparable en SPL-RMS à celui d'un petit navire de pêche dans la zone. Les résultats de modélisation (**Figure 15**) montrent une valeur de 140 dB dans le périmètre très rapproché des travaux, pouvant donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin se trouve à côté.

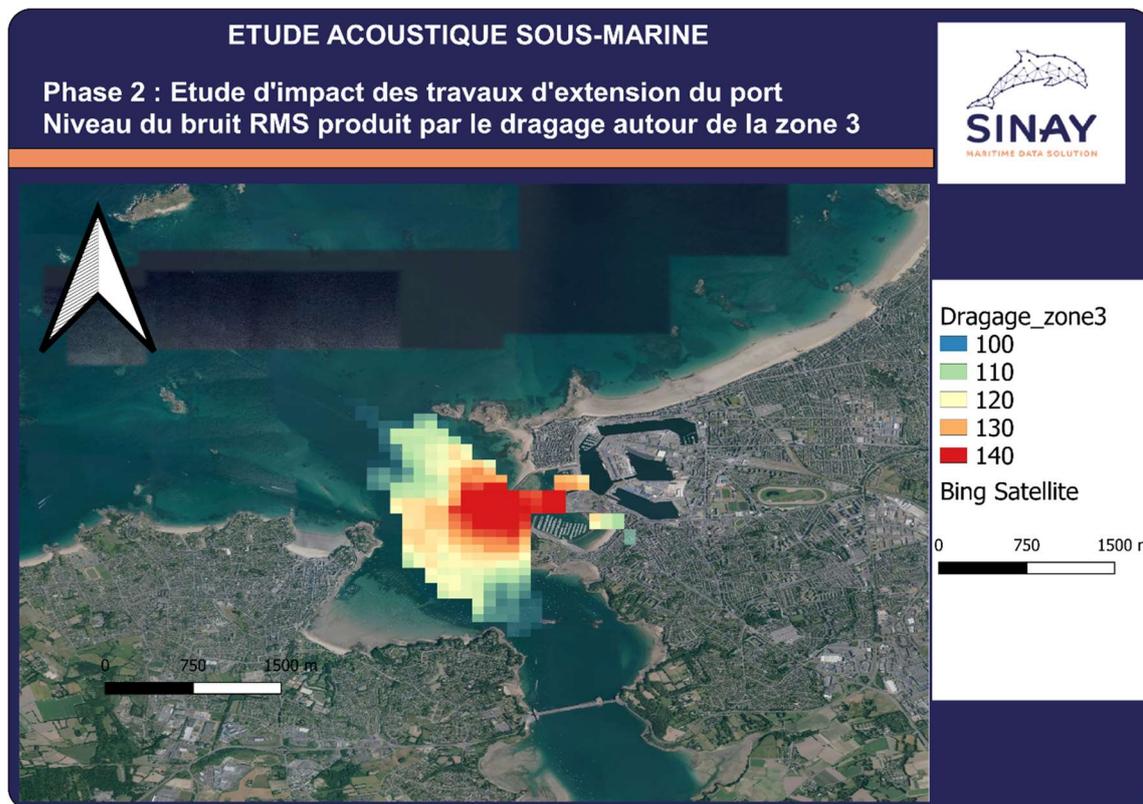


Figure 15: Niveaux de bruit SPL-RMS, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone3

→ L'emprise acoustique de cette activité reste relativement limitée localement et contrainte par l'enceinte du port et du terminal, à des niveaux assez bas bien en dessous des seuils de dérangement des mammifères marins.

5.4.2 EFFETS BRUITS CONTINUS POUR L'ATELIER DRAGAGE PELLE MECANIQUE EN ZONE 3

La modélisation de l'impact de l'atelier de dragage a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinipèdes*).

Parmi ces modélisations seules les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la **Figure 16** ci-dessous.

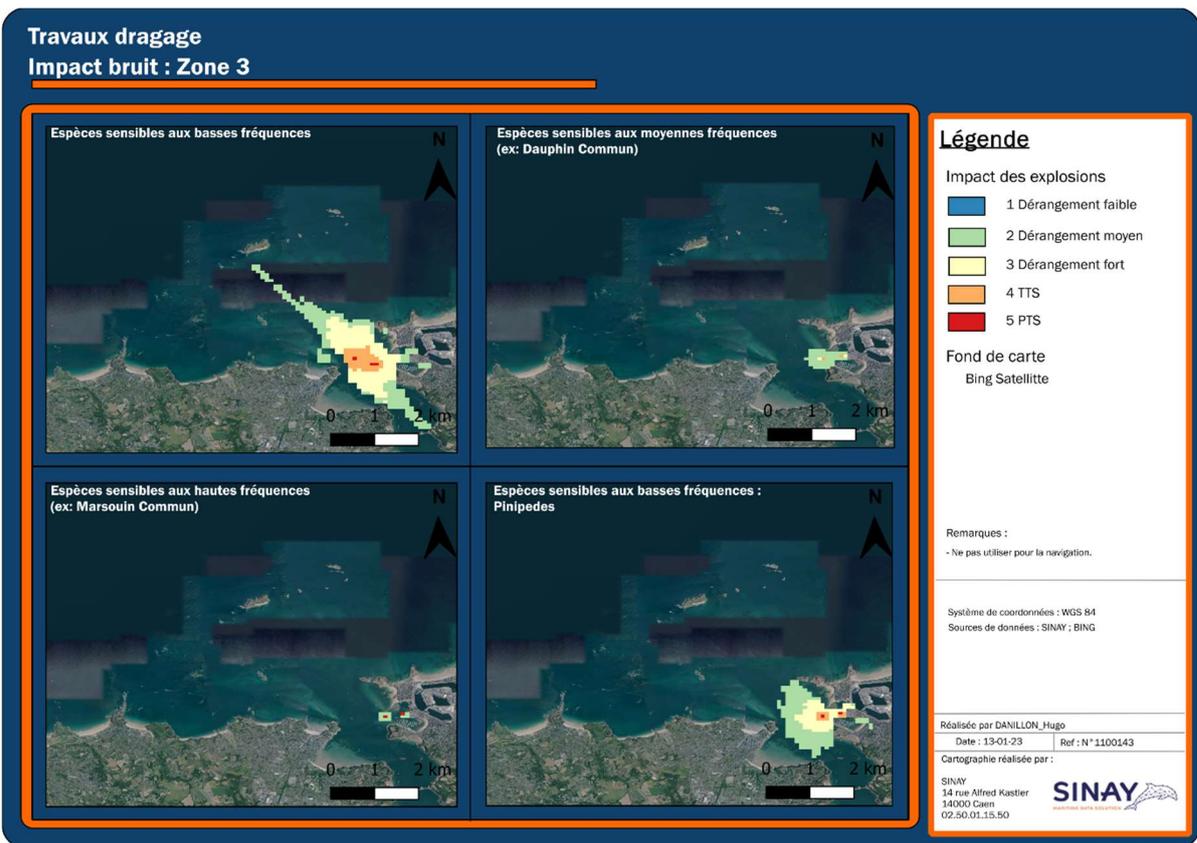


Figure 16: modélisation de l'impact acoustique du dragage, localisation zone3

- ➔ Les niveaux sonores des travaux de dragage ne sont pas très élevés malgré le calcul d'un impact sur 24h continu. L'impact sur les mammifères marins est donc ici limité se traduisant par un niveau de dérangement moyen à fort à la sortie du port et sans propagation à l'extérieur de la rade.
- ➔ Le rayon du seuil TTS en cantonné à un rayon inférieur à 150m est valable pour un mammifère marin qui resterait dans ce périmètre pendant une durée de 8H continue.

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement fort est localisé dans un rayon d'une dizaine de mètres autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 500 m de la source. Un seuil TTS (Traumatisme temporaire) applicable dans un rayon de quelques mètres de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouins)

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de quelques mètres autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 150 m de la source. Un seuil PTS (Traumatisme permanent) applicable dans un rayon de quelques mètres de la source.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 650 mètres autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 1 km de la source. Un seuil TTS (Traumatisme temporaire) applicable dans un rayon de 100 m de la source. Un PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1 km autour de la source, et un dérangement moyen dans un rayon maximal de 4,4 km de la source. Un seuil TTS (Traumatisme temporaire) applicable dans un rayon de 300 m de la source. Un PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

5.4.3 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

En raison de l'emprise des zones de nuisance et seuils TTS & PTS visible en figure 16, des mesures de réduction du bruit ne sont pas considérées comme nécessaires pour les travaux de dragage à la pelle mécanique en zone 3. Des mesures d'effarouchement ne serait recommandées que si la zone des travaux présentait un enjeu sur les espèces sensibles aux basses fréquences.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

5.4.4 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Aucune mesure de surveillance ou de suivi n'est préconisée pour l'activité de dragage à la pelle mécanique en zone3.

6 MODELISATION DE L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH

6.1 RAPPELS SUR LES NIVEAUX DE BRUIT A LA SOURCE ET EFFET DU BRUIT

- Niveau de bruit

Le niveau de bruit à la source pour les travaux de déroctage au BRH est de 188dB (*renseigné dans le tableau 3*). Bien que le bruit du BRH soit considéré comme un bruit impulsionnel, il est constitué, par l'action du BRH, d'une succession de bruits impulsionnels, qui peut être considérée comme un bruit en continu. La durée de l'impulsion est 0.3 seconde mais il se répète 40 fois en une minute. Donc il y a un effet impulsionnel mais également un effet en continu (*ou cumulatif*).

A cet égard nous nous intéresserons ici à la représentation des indicateurs suivants :

- SPL-PIC permettant de visualiser des valeurs maximums émises sur de courtes périodes ;
- SPL-RMS pour les bruits continus.

- Effets du bruit

Le bruit généré par un déroctage au BRH peut gêner les mammifères marins ou les rendre sourds s'ils sont exposés en continu à ce niveau de bruit.

Le niveau de 140 dB représente un seuil de dérangement des mammifères marins ce qui est comparable en SPL-RMS à celui d'un petit navire de pêche dans la zone. Les résultats des modélisations montrent une valeur de 140 dB dans le périmètre très rapproché des travaux, donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin reste à côté.

L'impact sur les mammifères marins est exprimé selon une échelle de seuils allant de dommage permanent (PTS) ou temporaire (TTS) jusqu'à un dérangement faible.

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

6.2 ZONE 1

6.2.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

- Indicateur de bruits SPL-PIC

En raison de sa nature l'activité de décrochage au BRH génère un bruit considéré comme un bruit dit « impulsif ».

Le niveau SPL-PIC modélisé par un niveau à 140 dB (**Figure 17**), reste très localisé autour de la source, de 110 dB à 60 km dans une seule direction. La propagation est ici accentuée par le chenal exposant ainsi une partie de la baie au niveau régional.

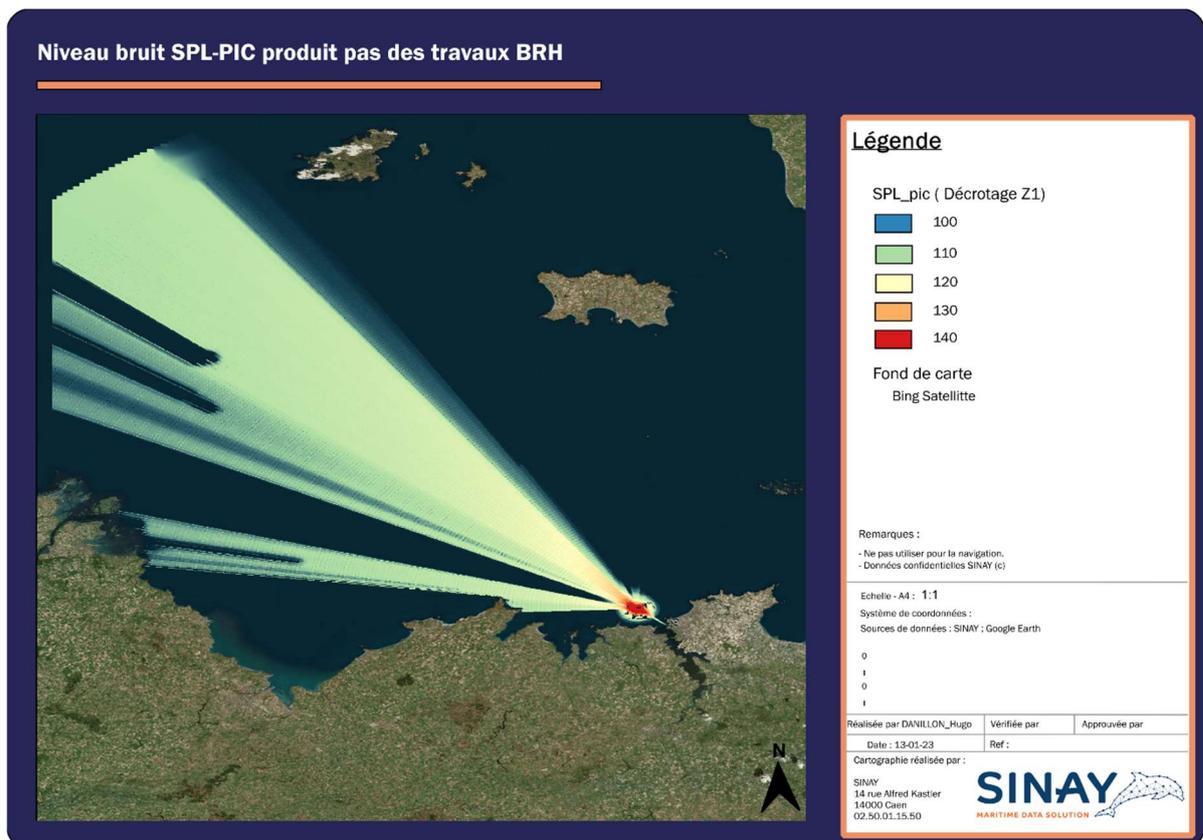


Figure 17: Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de décrochage sur zone1

- Ces valeurs maximales ne constituent pas pour l'indicateur SPL-PIC un dépassement de seuil critique pour les mammifères marins.

- Indicateur de bruits SPL-RMS

L'interprétation de la **Figure 18** pourrait amener à trouver une dimension régionale aux niveaux de bruit SPL-RMS modélisé, or les niveaux de 100-110dB représentés sont assimilables au bruit ambiant indiqué dans l'état de référence. Le bruit SPL-RMS garde donc une empreinte locale.

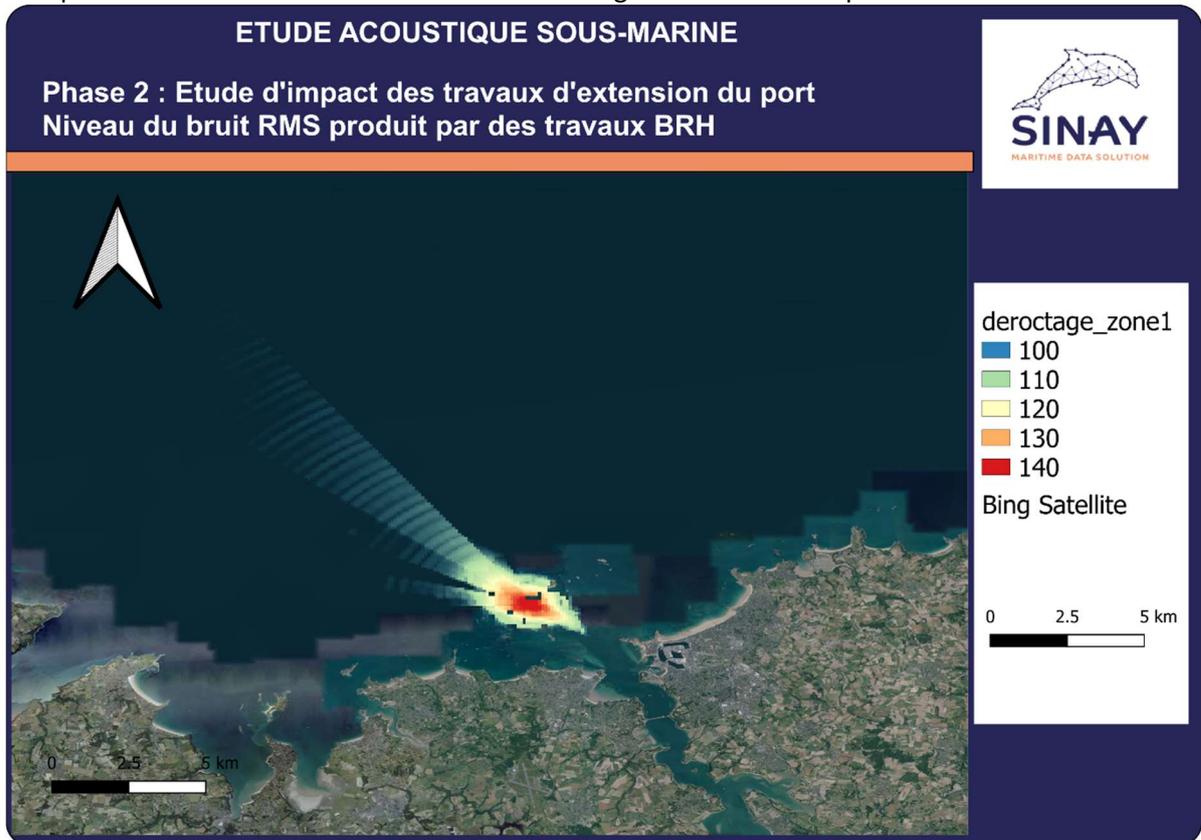


Figure 18: Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de déroctage sur zone1

6.2.2 EFFET BRUITS CUMULATIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE 1

La modélisation de l'impact de l'atelier de déroctage a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinipèdes*).

Parmi ces modélisations seules les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la **Figure 19** ci-dessous.

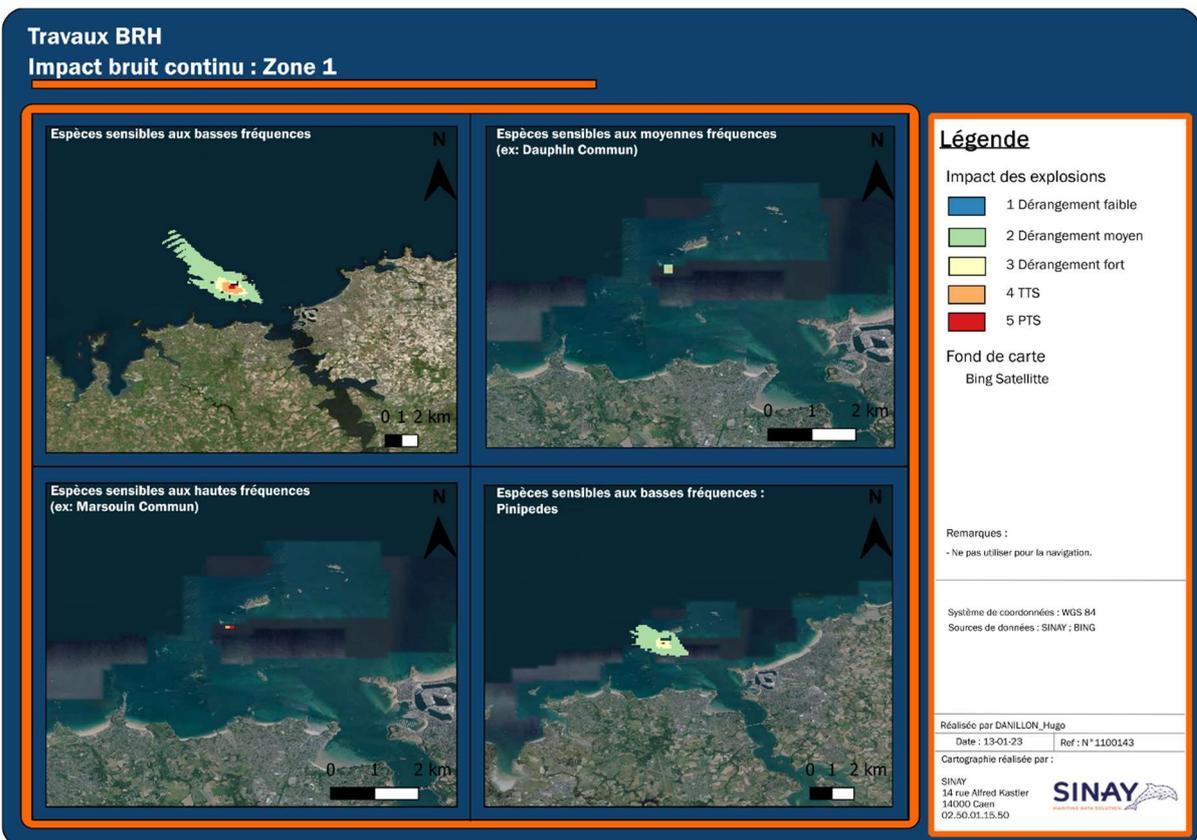


Figure 19: Modélisation de l'impact acoustique cumulatif du BRH, localisation zone1

→ L'emprise des seuils PTS et TTS ont un caractère très localisé autour des travaux avec un diamètre maximum de 1Km pour le TTS. Un dérangement fort est visible plus largement tout en gardant un caractère local.

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 200 m autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouins)

Aucun dérangement n'est perceptible. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 450 m autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 1,5 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1km autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 4,6 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur 540 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon d'une dizaine de mètres autour de la source de bruit.

6.2.3 EFFET BRUITS IMPULSIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE 1

La modélisation de l'impact de l'atelier de déroctage a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinipèdes*).

Le **Tableau 8** ci-dessous récapitule pour les bruits impulsionnels les limites de seuils PTS et TTS. On observe que le niveau maximum des SPL-PIC se situe bien en dessous des valeurs seuils.

Tableau 8: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.

NOAA 2016	Seuils SPL sur une impulsion					
	Type d'impact acoustique	type de son	cétacés sensibilité basses fréquences	cétacés sensibilité moyennes fréquences	cétacés sensibilité hautes fréquences	Pinnipède Phocidés
	PTS	Impulsif	219dB re.1µpa	230dB re.1µpa	202dB re.1µpa	218dB re.1µpa
TTS	Impulsif	204dB re.1µpa	215dB re.1µpa	187dB re.1µpa	203dB re.1µpa	

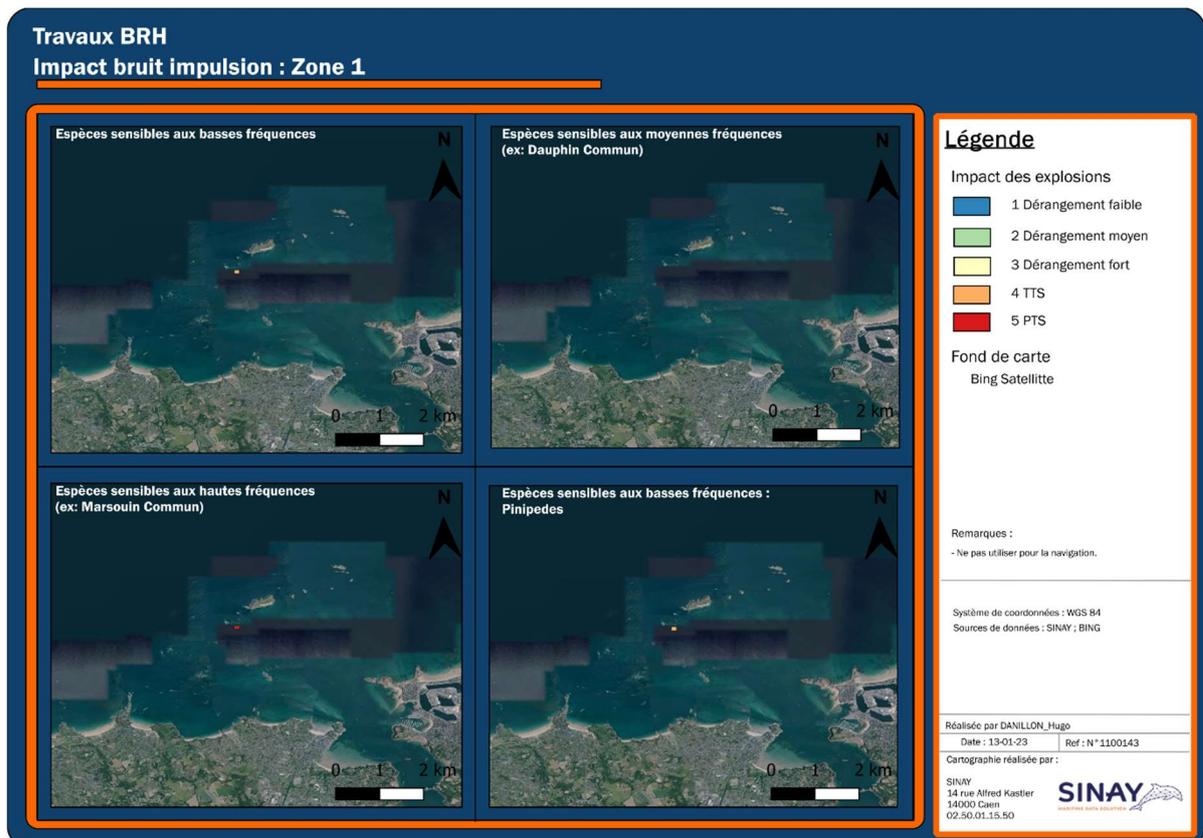


Figure 20: Modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone1

➔ L'emprise des seuils PTS et TTS ont un caractère très localisé d'une dizaine de mètres de rayon autour de la source.

6.2.4 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

Le caractère local des seuils TTS et PTS ainsi que les niveaux SPL-PIC modélisés ne nécessite pas la mise en œuvre d'une mesure de réduction de bruit type rideau de bulles. Cependant, cette étude prend en compte la possibilité sur la zone 1 de réaliser un atelier de minage. Pour cet atelier la mise en œuvre d'un rideau de bulles est fortement indiquée et modélisée plus tard dans cette étude. Le déroctage au BRH sur la zone1, s'il doit être réalisé en complément du minage, pourra donc bénéficier du même rideau de bulles et ainsi réduire à un caractère encore plus local le dérangement moyen visible en **Figure 19**. La seule espèce à enjeux concernée ici se trouve être les Pinnipèdes.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

6.2.5 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Les mesures préconisées lors des travaux de déroctage au BRH en zone 1 sont l'effarouchement à l'aide de seascarers en amont des travaux afin de garantir l'absence d'individus dans un rayon d'au moins 850m.

Cette mesure d'effarouchement consiste à mettre en place des avertisseurs sonores (*des signaux d'effarouchement*), pour éloigner les mammifères marins et les poissons de la zone. Ces dispositifs acoustiques sont des émetteurs étanches qui produisent des impulsions sonores capables de repousser les animaux marins sensibles aux nuisances sonores sans les blesser. L'ensemble des travaux décrit dans cette étude et peuvent faire l'objet d'emploi d'avertisseurs sonore et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux. Afin d'éviter toutes accoutumance, les dispositifs d'effarouchement sont employés en amont des travaux pendant une période de 50 minutes.

6.3 ZONE 2

6.3.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

- Indicateur de bruits SPL-PIC

Le niveau SPL-PIC modélisé par un niveau à 140 dB (Erreur ! Source du renvoi introuvable.) reste très localisé et contraint par la morphologie du trait de côte. La propagation est ici accentuée par le chenal exposant ainsi l'axe du chenal jusqu'à l'île de Cézembre.

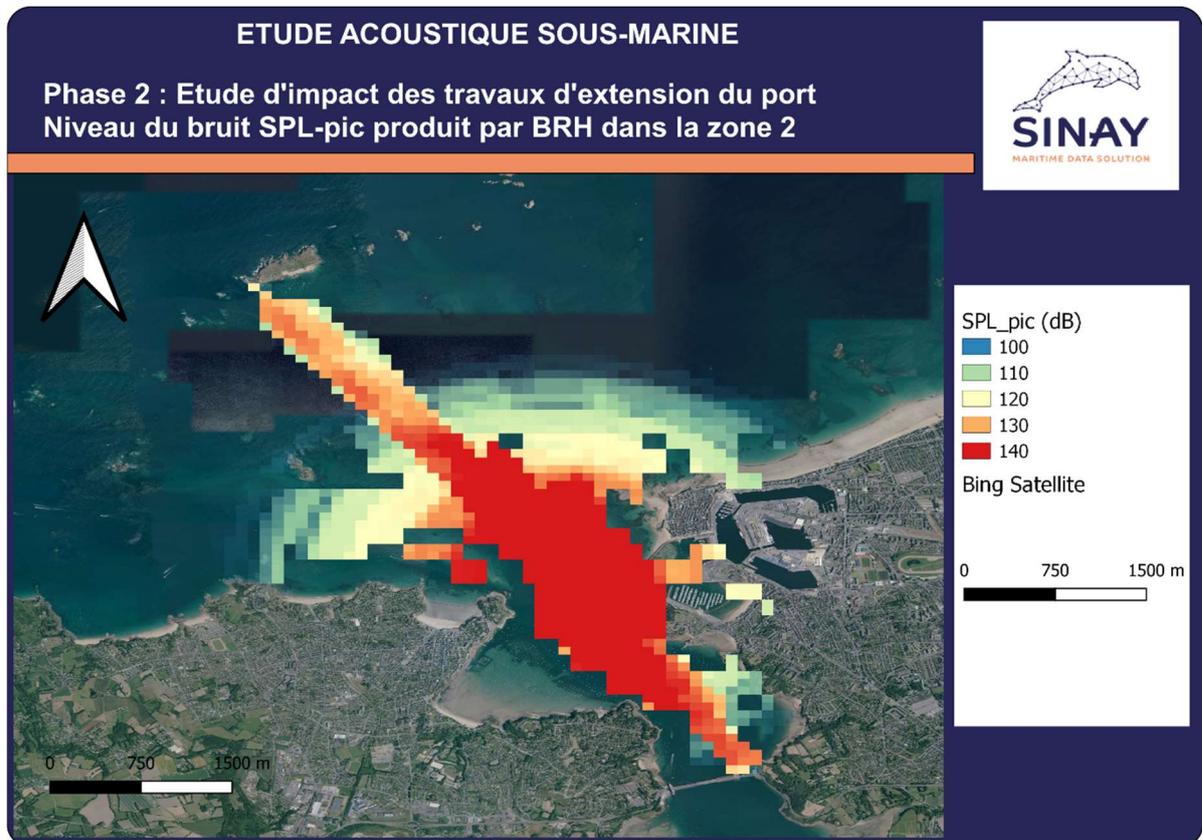


Figure 21: Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone2

→ Ces valeurs maximales ne constituent pas pour l'indicateur SPL-PIC un dépassement de seuil critique pour les mammifères marins.

- Indicateur de bruits SPL-RMS

L'emprise acoustique de cette activité (**Figure 222**) reste cantonnée localement et contrainte par la configuration du trait de côte. Seul le chenal permet une extension du bruit jusqu'à l'île de Cézembre.

ETUDE ACOUSTIQUE SOUS-MARINE

Phase 2 : Etude d'impact des travaux d'extension du port
Niveau du bruit RMS produit par BRH dans la zone 2

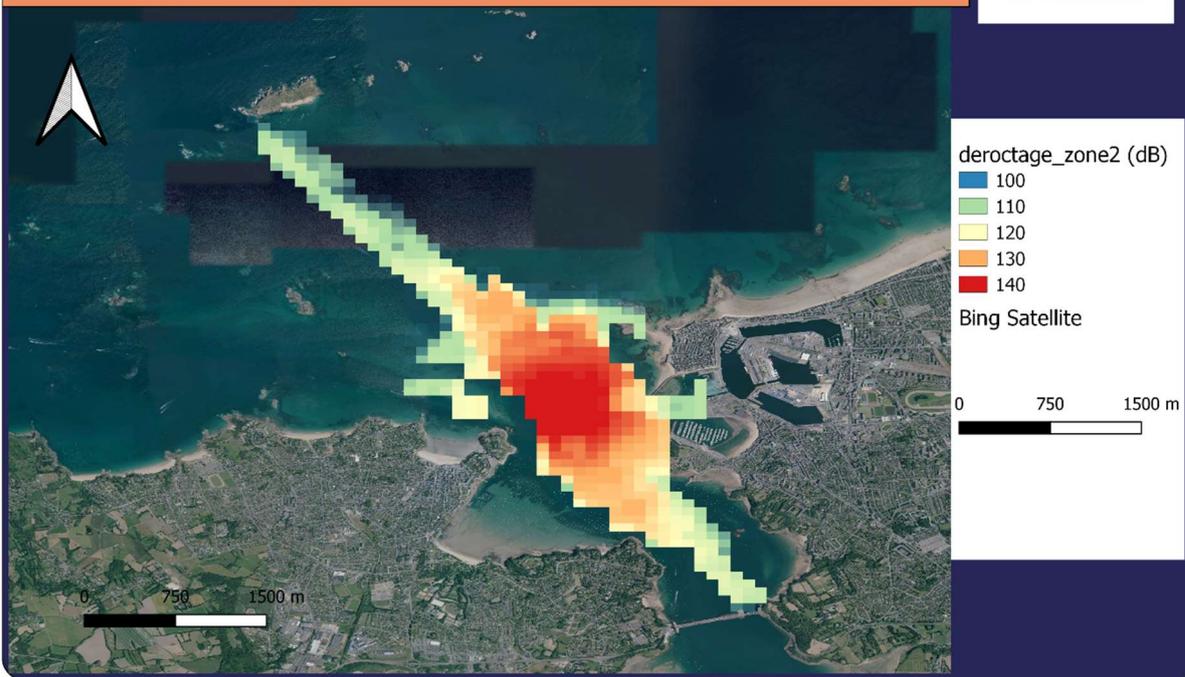


Figure 22: Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone2

→ Les valeurs de bruit SPL-RMS propagées en dehors de l'intérieur de la rade sont assimilables au bruit ambiant mesuré lors de l'état de référence.

6.3.2 EFFETS BRUITS CUMULATIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE 2

La modélisation de l'impact de l'atelier de déroctage au BRH a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinipèdes*).

Parmi ces modélisations seule les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la **Figure 233** ci-dessous.

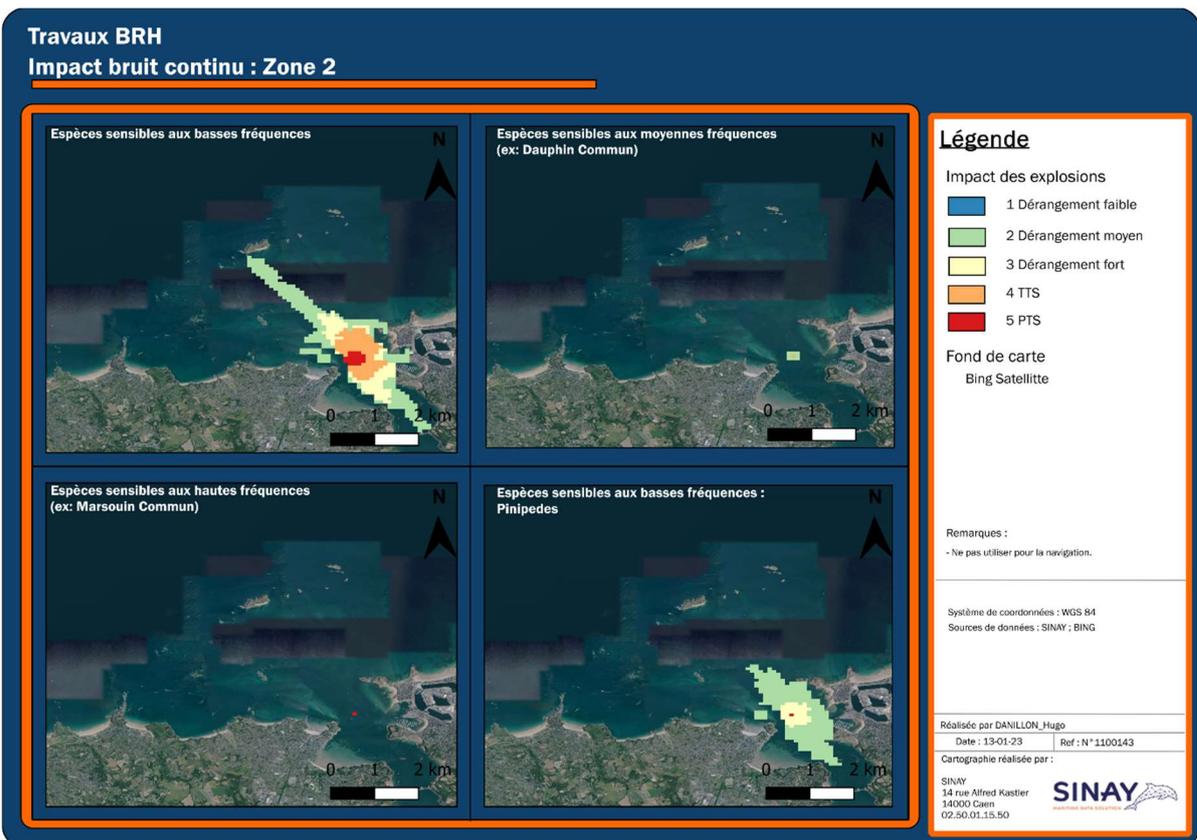


Figure 23: modélisation de l'impact acoustique continu du BRH, localisation zone2

→ L'emprise des seuils PTS et TTS ont un caractère très localisé autour des travaux avec un rayon maximum de 500m pour le TTS. Un dérangement fort est visible plus largement le long du chenal tout en gardant un caractère local.

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 130 m autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

Seul un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 270 m autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 2,0 km autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1,1km autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 3,4 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme

temporaire) n'est applicable uniquement sur 600 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de 300 m autour de la source de bruit.

6.3.3 EFFETS BRUITS IMPULSIF POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE 2

Le **Tableau 9**, ci-dessous récapitule, pour les bruits impulsionnels, les limites de seuils PTS et TTS. On observe que le niveau maximum des SPL-PIC se situe bien en dessous des valeurs seuils.

Tableau 9: Seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.

Seuils SPL sur une impulsion						
NOAA 2016	Type d'impact acoustique	type de son	cétacés sensibilité basses fréquences	cétacés sensibilité moyennes fréquences	cétacés sensibilité hautes fréquences	Pinnipède Phocidés
	PTS	Impulsif	219dB re.1µpa	230dB re.1µpa	202dB re.1µpa	218dB re.1µpa
	TTS	Impulsif	204dB re.1µpa	215dB re.1µpa	187dB re.1µpa	203dB re.1µpa

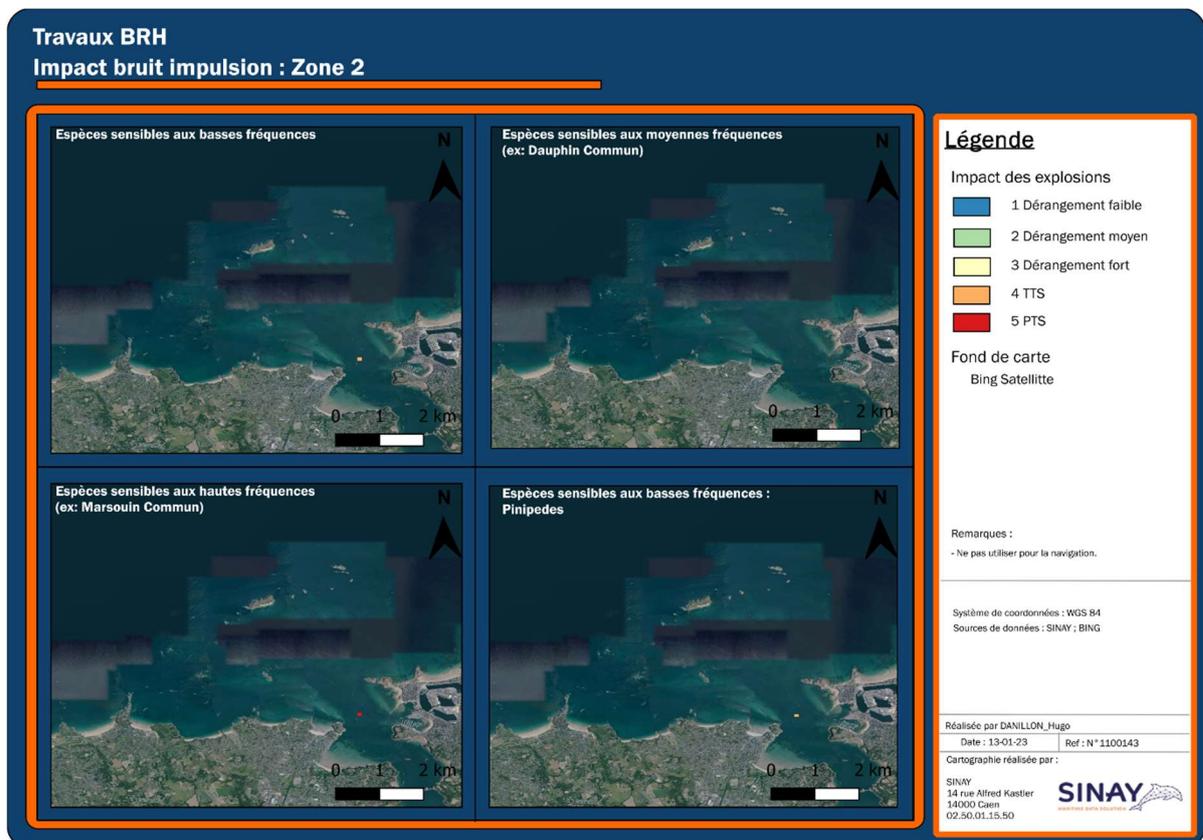


Figure 24: modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone2

➔ L'emprise des seuils PTS et TTS ont un caractère très localisé autour des travaux avec un rayon maximum d'une dizaine de mètres.

6.3.4 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

Le caractère local des seuils TTS et PTS ainsi que les niveaux SPL-PIC modélisés ne nécessite pas la mise en œuvre d'une mesure de réduction de bruit type rideau de bulles. La seule espèce à enjeux concernée ici se trouve être les Pinnipèdes.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

6.3.5 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Les mesures préconisées lors des travaux de déroctage au BRH en zone 2 sont l'effarouchement à l'aide de seascarers en amont des travaux afin de garantir l'absence d'individus dans un rayon d'au moins 850m.

Cette mesure d'effarouchement consiste à mettre en place des avertisseurs sonores (*des signaux d'effarouchement*), pour éloigner les mammifères marins et les poissons de la zone. Ces dispositifs acoustiques sont des émetteurs étanches qui produisent des impulsions sonores capables de repousser les animaux marins sensibles aux nuisances sonores sans les blesser. L'ensemble des travaux décrit dans cette étude et peuvent faire l'objet d'emploi d'avertisseurs sonore et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux. Afin d'éviter toutes accoutumance, les dispositifs d'effarouchement sont employés en amont des travaux pendant une période de 50 minutes.

6.4 ZONE 3

6.4.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

- Indicateur de bruits SPL-PIC

Le niveau SPL-PIC modélisé par un niveau à 140 dB reste très localisé autour de la source et contraint par la configuration du site (**Figure 25**).

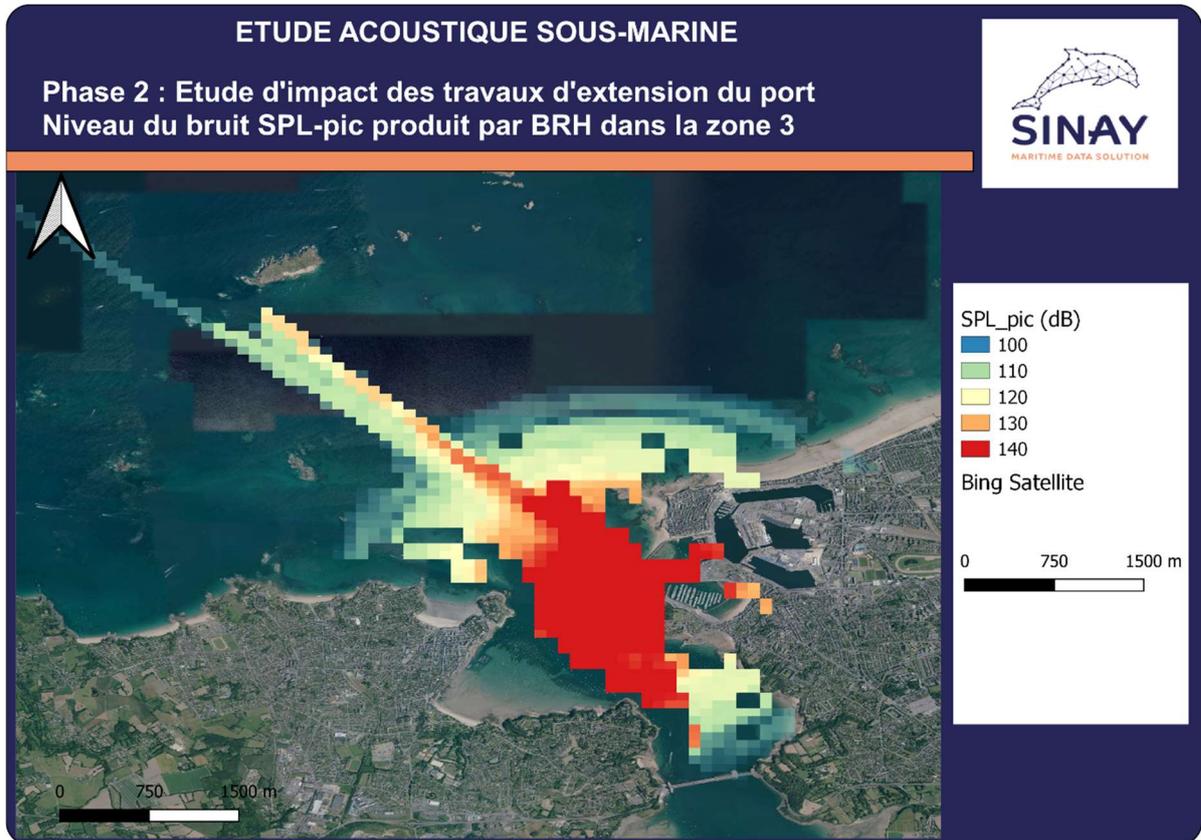


Figure 25 : Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone3.

- Ces valeurs maximales ne constituent pas pour l'indicateur SPL-PIC un dépassement de seuil critique pour les mammifères marins.

- Indicateur de bruits SPL-RMS

Les résultats de modélisation (**Figure 26**) montrent une valeur de 140 dB dans le périmètre très rapproché des travaux (*rayon de 325m*), donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin reste à côté.

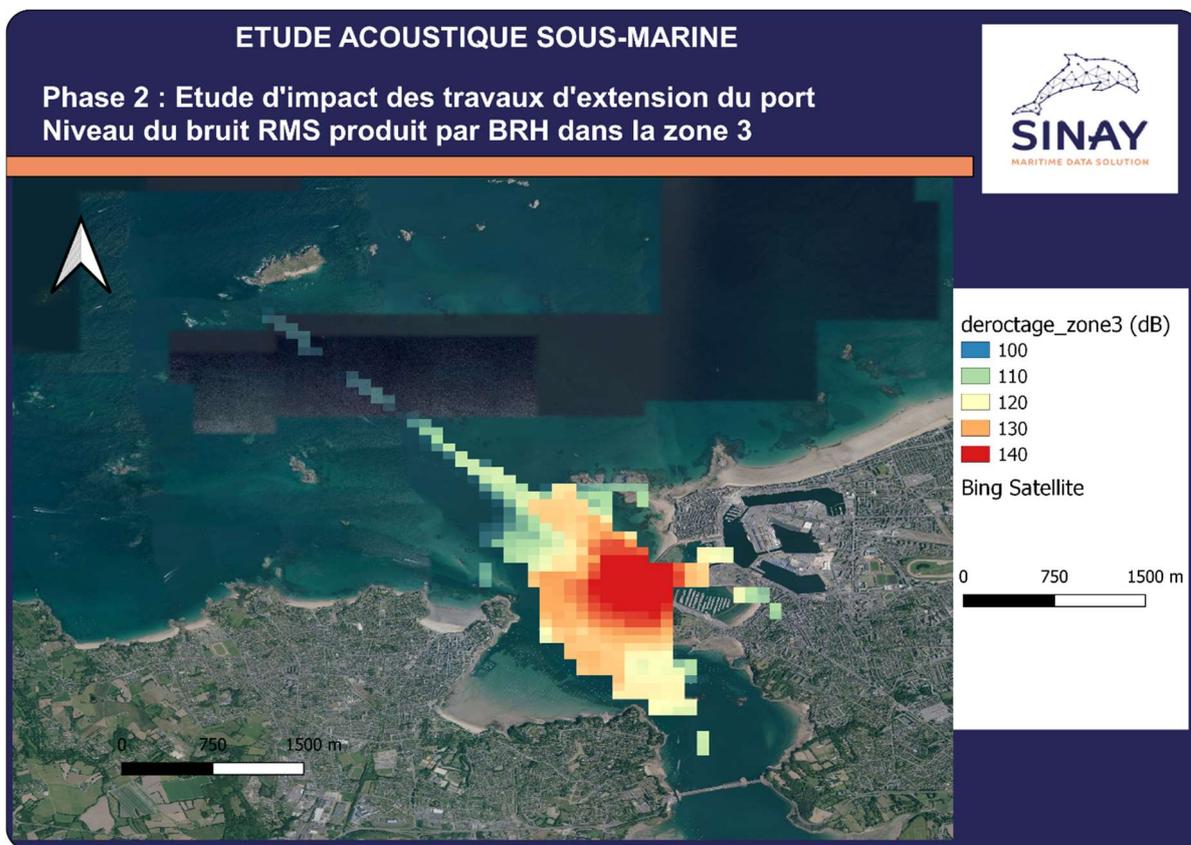


Figure 26 : Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de déroctage sur zone3

→ L'emprise acoustique de cette activité reste cantonnée localement et contrainte par la configuration du trait de côte. Seul le chenal permet une très légère extension du bruit atténuée au bout de 800m dont le niveau de bruit est comparable à celui constaté lors de l'état initial.

6.4.2 EFFETS BRUITS CUMULATIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE 3

La modélisation de l'impact de l'atelier de déroctage au BRH a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinnipèdes*).

Parmi ces modélisations seule les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la **Figure 277** ci-dessous.

Travaux BRH
Impact bruit continu : Zone 3

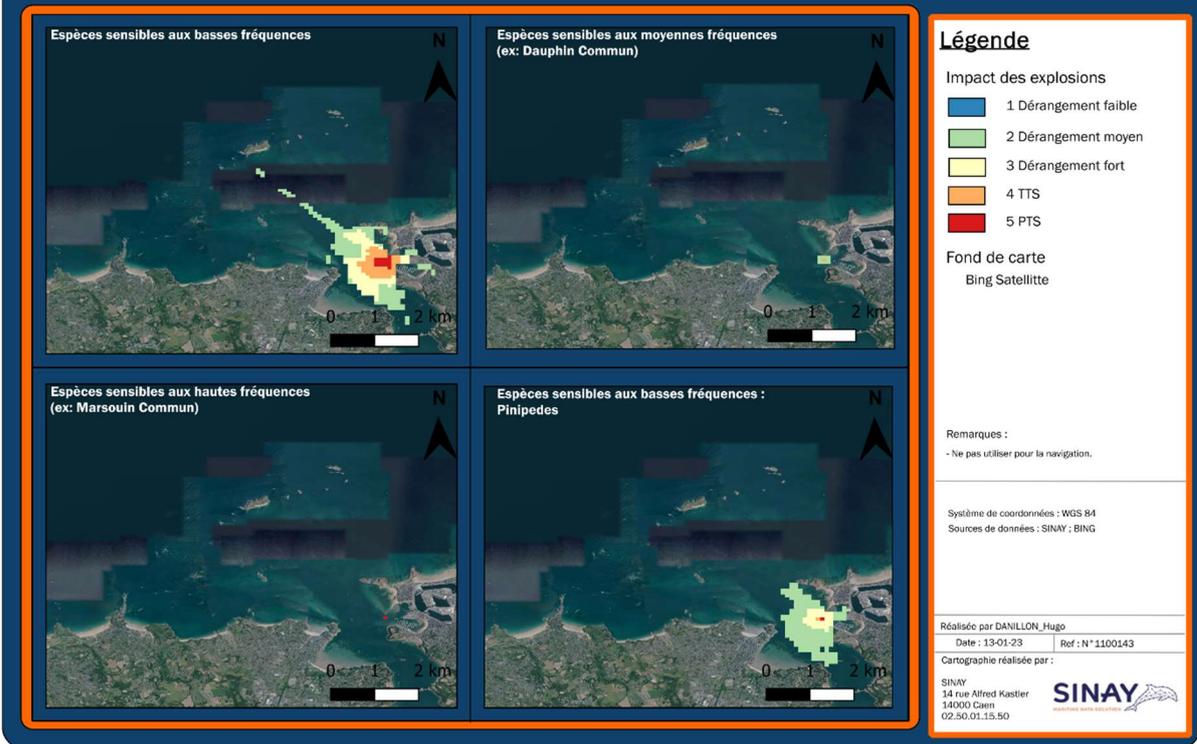


Figure 27: modélisation de l'impact acoustique continu du BRH, localisation zone3

→ L'emprise des seuils PTS et TTS a un caractère très localisé autour des travaux avec un rayon maximum de 400m pour le TTS. Un dérangement fort est visible dans un rayon de 1000m autour et bien contraint par les pointes rocheuses du grand et petit Bé au nord du terminal du Naye.

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 130 m autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

Seul un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 420 m autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 1,1 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur une dizaine de mètres autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1,1 km autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 970 m autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur 650 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de 130 m autour de la source de bruit.

6.4.3 EFFETS BRUITS IMPULSIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE 3

Le Erreur ! Source du renvoi introuvable. ci-dessous récapitule pour les bruits impulsionnels les limites de seuils PTS et TTS. On observe que le niveau maximum des SPL-PIC se situe bien en dessous des valeurs seuils.

Tableau 10: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.

Seuils SPL sur une impulsion						
NOAA 2016	Type d'impact acoustique	type de son	cétacés sensibilité basses fréquences	cétacés sensibilité moyennes fréquences	cétacés sensibilité hautes fréquences	Pinnipède Phocidés
	PTS	Impulsif	219dB re.1µpa	230dB re.1µpa	202dB re.1µpa	218dB re.1µpa
	TTS	Impulsif	204dB re.1µpa	215dB re.1µpa	187dB re.1µpa	203dB re.1µpa

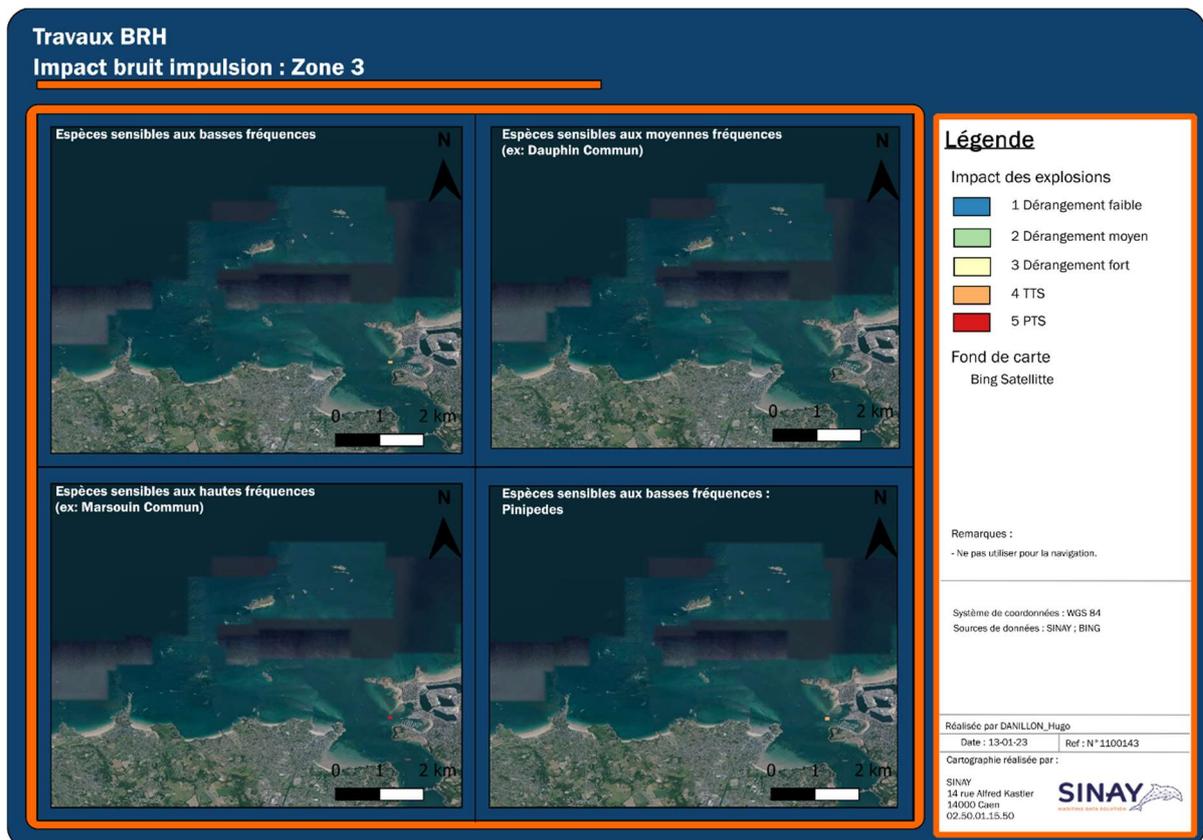


Figure 28: modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone3

6.4.4 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

Le caractère très contraint géographiquement des seuils TTS et PTS ainsi que les niveaux SPL-PIC modélisés ne nécessitent pas la mise en œuvre d'une mesure de réduction de bruit type rideau de bulles. La seule espèce à enjeux concernée ici se trouve être les Pinnipèdes.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

6.4.5 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Les mesures préconisées lors des travaux de déroctage au BRH en zone 3 sont l'effarouchement à l'aide de seascarers en amont des travaux afin de garantir l'absence d'individus dans un rayon d'au moins 850m.

Cette mesure d'effarouchement consiste à mettre en place des avertisseurs sonores (*des signaux d'effarouchement*), pour éloigner les mammifères marins et les poissons de la zone. Ces dispositifs acoustiques sont des émetteurs étanches qui produisent des impulsions sonores capables de repousser les animaux marins sensibles aux nuisances sonores sans les blesser. L'ensemble des travaux décrit dans cette étude et peuvent faire l'objet d'emploi d'avertisseurs sonore et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux. Afin d'éviter toute accoutumance, les dispositifs d'effarouchement sont employés en amont des travaux pendant une période de 50 minutes.

Étant donné la position des travaux une veille visuelle est préconisée (MMO) afin de pouvoir mettre en alerte la présence d'un Pinnipède et ainsi de pouvoir commander l'arrêt des travaux et l'effarouchement des individus présents sur zone.

Des observateurs dédiés (MMO) sont employés pour effectuer une surveillance temps-réel des opérations dites « sensibles », c'est-à-dire les opérations entraînant potentiellement des effets négatifs. Les observateurs contrôlent visuellement une zone de risque dont l'extension a été déterminée préalablement. En ce qui concerne les mammifères marins, l'entrée d'individus dans cette zone se traduit par un signal qui déclenche l'application de procédures d'urgence (*par exemple, l'arrêt des émissions sonores potentiellement dangereuses*). L'ensemble des travaux décrit dans cette étude peuvent faire l'objet d'emploi d'observateur et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux.

6.5 ZONE 4

6.5.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

- Indicateur de bruits SPL-PIC

Le niveau SPL-PIC modélisé par un niveau à 140 dB reste très localisé autour de la source (Figure 29).

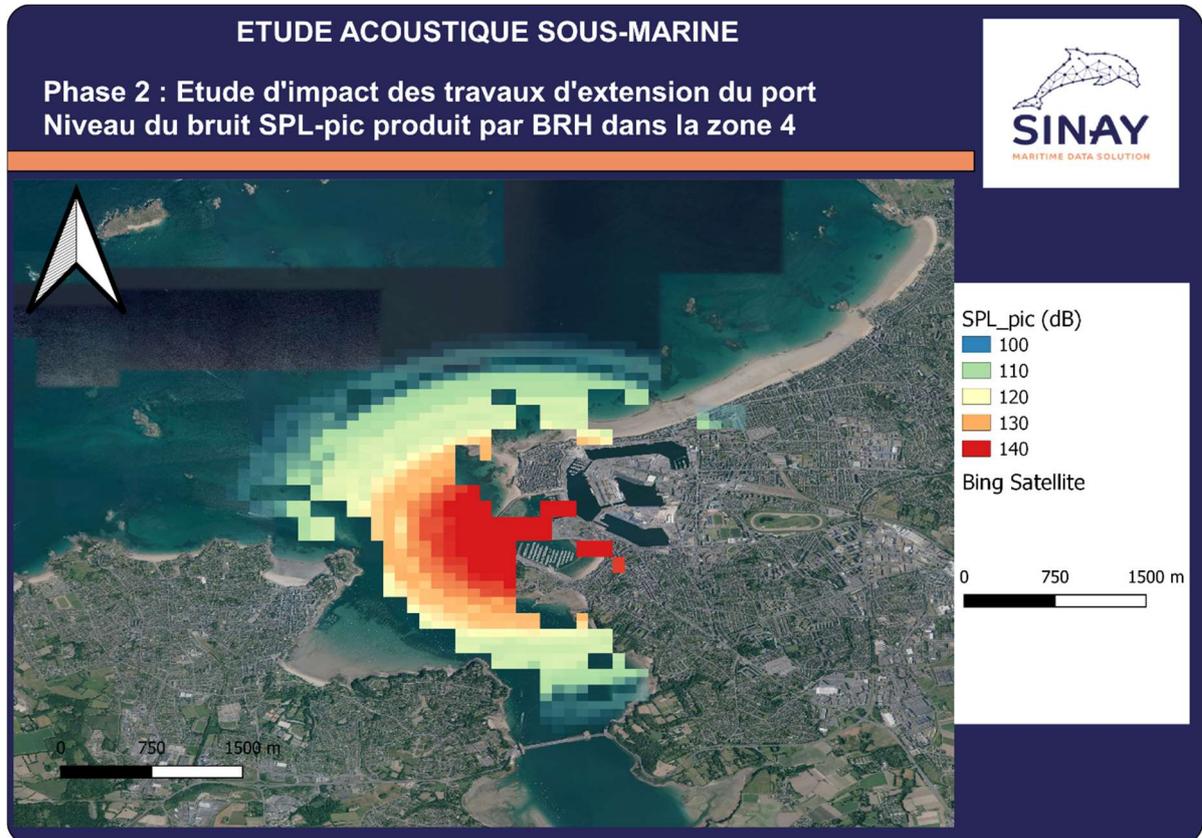


Figure 29 : Niveaux de bruit SPL-PIC du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone4

➔ Ces valeurs maximales ne constituent pas pour l'indicateur SPL-PIC un dépassement de seuil critique pour les mammifères marins.

- Indicateur de bruits SPL-RMS

Les résultats des modélisations (**Figure 30**) montrent une valeur de 140 dB dans le périmètre très rapproché des travaux (*rayon de 200m*), donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin reste à côté.

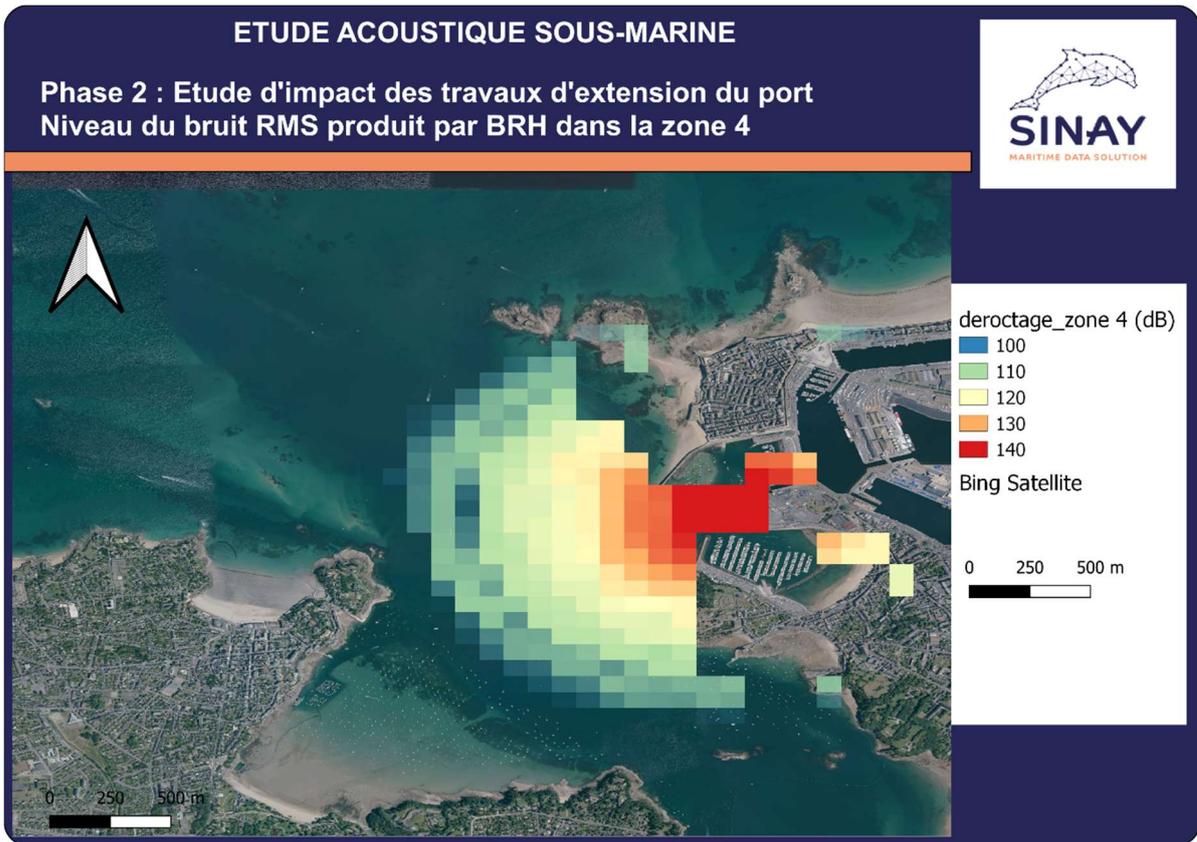


Figure 30 : Niveaux de bruit SPL-RMS du BRH, exprimés en dB, travaux de dragage sur zone4.

→ L'emprise acoustique de cette activité reste cantonnée localement et contraint par la configuration du trait du port et terminal. Seule la sortie du port permet une très légère extension du bruit atténuée au bout de 600m dont le niveau de bruit est comparable à celui constaté lors de l'état initial.

6.5.2 EFFETS BRUITS CUMULATIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE4

La modélisation de l'impact de l'atelier de déroctage au BRH a été réalisée sur les 4 audiogrammes de fréquences correspondant aux espèces à enjeux sur site (*Hautes Fréquences, Moyennes Fréquences, Basses Fréquences, Fréquences Pinipèdes*).

Parmi ces modélisations seule les Basses Fréquences présentent un impact significatif et visible sur la **Figure 3131** ci-dessous.

Travaux BRH
Impact bruit continu : Zone 4

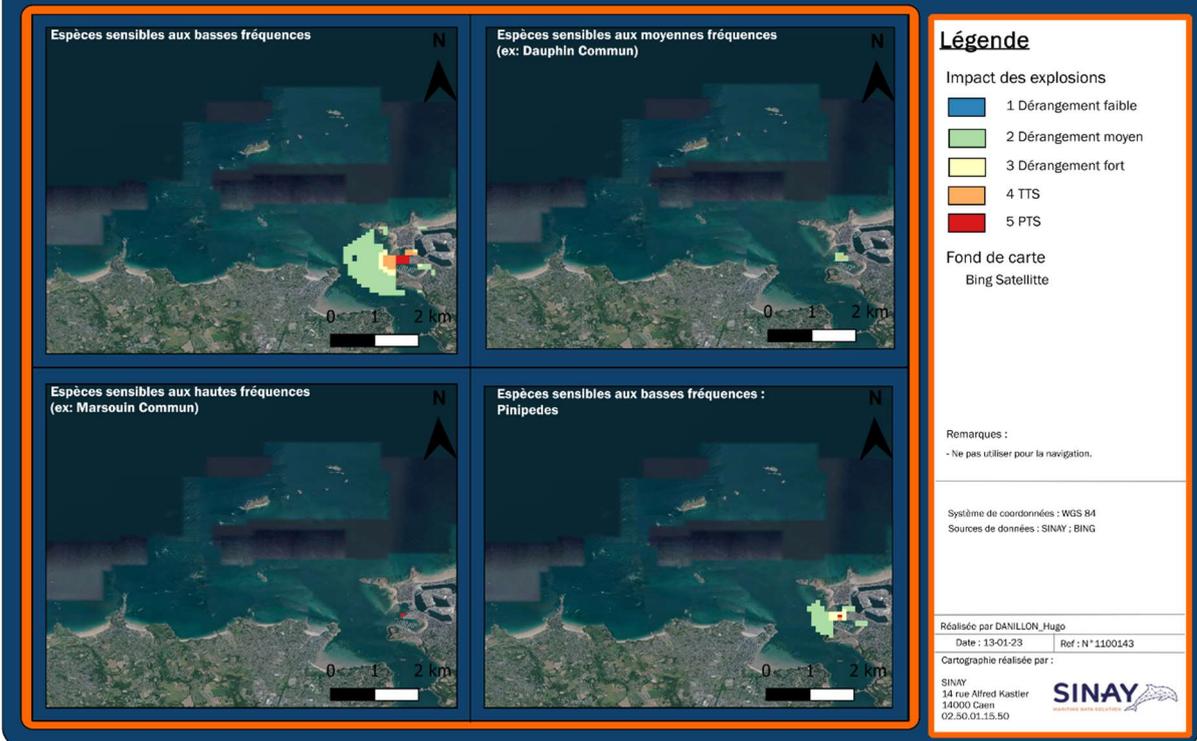


Figure 31: modélisation de l'impact acoustique continu du BRH, localisation zone 4

→ L'emprise des seuils PTS et TTS ont un caractère extrêmement localisé autour des travaux et ne sortant pas du terminal du Naye pour les seuils TTS et PTS. Un dérangement moyen, pour les espèces sensibles aux basses fréquences, est visible dans à la sortie du terminal jusqu'à 800m et très contraint par la morphologie du trait de côte.

Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 140 m autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 130 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur un rayon de 50m autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

Seul un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 260 m autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 640 m autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur une dizaine de mètres autour de la source. Un seuil PTS

(traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 500 m autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 1,2 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur 400 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de 140 m autour de la source de bruit.

6.5.3 EFFETS BRUITS IMPULSIFS POUR L'ATELIER DE DEROCTAGE AU BRH EN ZONE4

Le Erreur ! Source du renvoi introuvable. ci-dessous récapitule pour les bruits impulsionnels les limites de seuils PTS et TTS. On observe que le niveau maximum des SPL-PIC se situé bien en dessous des valeurs seuils.

Tableau 11: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.

Seuils SPL sur une impulsion						
NOAA 2016	Type d'impact acoustique	type de son	cétacés sensibilité basses fréquences	cétacés sensibilité moyennes fréquences	cétacés sensibilité hautes fréquences	Pinnipède Phocidés
	PTS	Impulsif	219dB re.1µpa	230dB re.1µpa	202dB re.1µpa	218dB re.1µpa
	TTS	Impulsif	204dB re.1µpa	215dB re.1µpa	187dB re.1µpa	203dB re.1µpa

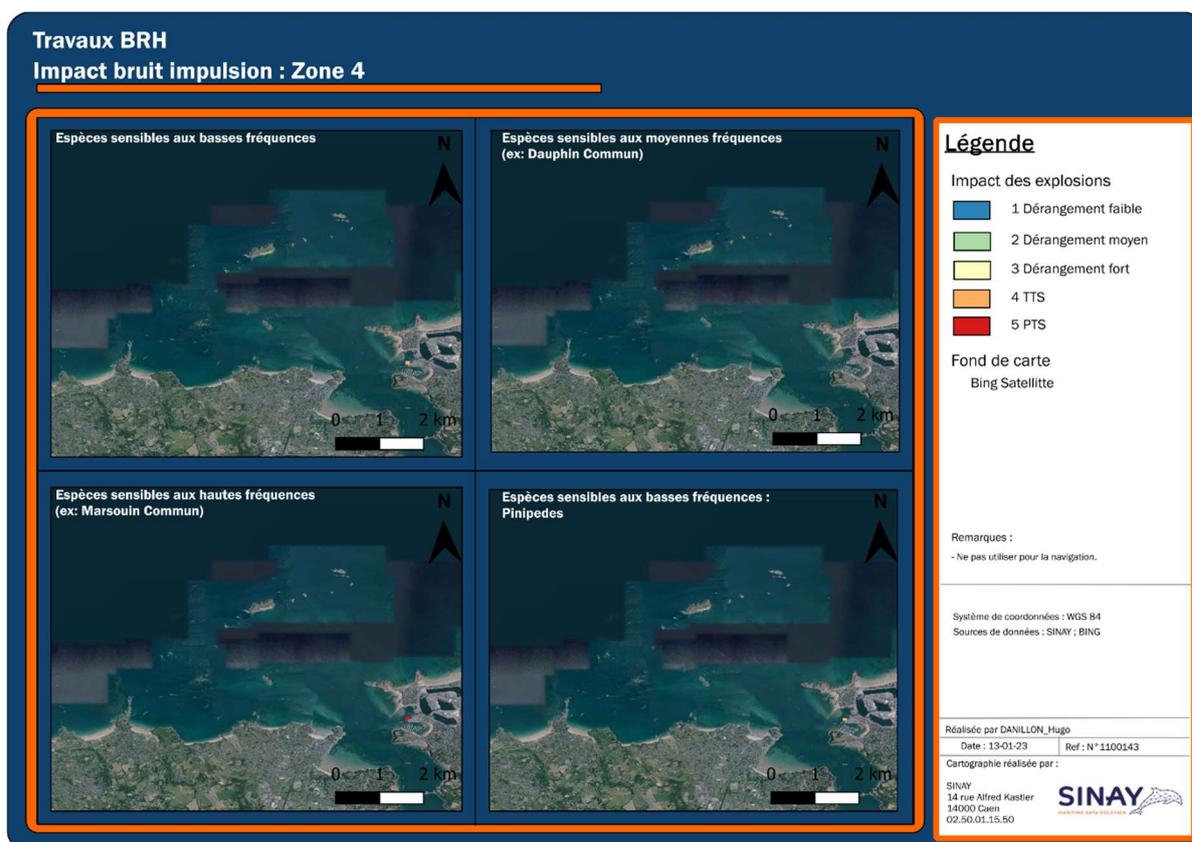


Figure 32: modélisation de l'impact acoustique impulsif du BRH, localisation zone4

→ L'emprise des seuils PTS et TTS ont un caractère extrêmement localisé autour des travaux et ne sortant pas du terminal du Naye.

6.5.4 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

Le caractère très contraint géographiquement des seuils TTS et PTS ne nécessite pas la mise en œuvre d'une mesure de réduction de bruit type rideau de bulles. La seule espèce à enjeux concernée ici se trouve être les Pinnipèdes.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

6.5.5 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Les mesures préconisées lors des travaux de déroctage au BRH en zone 3 sont l'effarouchement à l'aide de seascarers en amont des travaux afin de garantir l'absence d'individus dans un rayon d'au moins 850m.

Cette mesure d'effarouchement consiste à mettre en place des avertisseurs sonores (*des signaux d'effarouchement*), pour éloigner les mammifères marins et les poissons de la zone. Ces dispositifs acoustiques sont des émetteurs étanches qui produisent des impulsions sonores capables de repousser les animaux marins sensibles aux nuisances sonores sans les blesser. L'ensemble des travaux décrit dans cette étude et peuvent faire l'objet d'emploi d'avertisseurs sonore et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux. Afin d'éviter toute accoutumance, les dispositifs d'effarouchement sont employés en amont des travaux pendant une période de 50 minutes.

Du fait de la position des travaux une veille visuelle est préconisée (MMO) afin de pouvoir mettre en alerte la présence d'un Pinnipède et ainsi de pouvoir commander l'arrêt des travaux et l'effarouchement des individus présent sur zone.

Des observateurs dédiés sont employés pour effectuer une surveillance temps-réel des opérations dites « sensibles », c'est-à-dire les opérations entraînant potentiellement des effets négatifs. Les observateurs contrôlent visuellement une zone de risque dont l'extension a été déterminée préalablement. En ce qui concerne les mammifères marins, l'entrée d'individus dans cette zone se traduit par un signal qui déclenche l'application de procédures d'urgence (*par exemple, l'arrêt des émissions sonores potentiellement dangereuses*). L'ensemble des travaux décrit dans cette étude peuvent faire l'objet d'emploi d'observateur et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux.

7 ATELIER MODELISE DU BATTAGE DE PIEUX

7.1 RAPPELS SUR LES NIVEAUX DE BRUIT A LA SOURCE ET EFFET DU BRUIT

- Niveau de bruit

Le niveau de bruit à la source pour les travaux de battage de pieux 212dB (*renseigné dans le tableau3*).

Du fait de sa nature, l'activité de battage de pieux est considérée comme un bruit dit « impulsif » en opposition à bruit continu. A cet égard nous nous intéresserons ici à la représentation de l'indicateur SPL-PIC permettant de visualiser des valeurs maximums émises sur de courtes périodes.

Bien que considéré comme bruit impulsif, le battage de pieux est constitué d'une succession de bruit impulsifs qui peut donc être considéré comme un bruit en continu (ou cumulatif). La durée de l'impulsion est 0.3 seconde mais il se répète toute les 2 secondes.

Donc le bruit généré peut gêner un mammifère marin ou le rendre sourd s'il est exposé plusieurs fois à ce niveau de bruit.

- Effets du bruit

L'impact sur les mammifères marins est exprimé selon une échelle de seuils allant de dommage permanent (PTS) ou temporaire (TTS) jusqu'à un dérangement faible.

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

7.2 ZONE 4

7.2.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

- Indicateur de bruits SPL-PIC

Les niveaux SPL-PIC maximum modélisés sont de 200 dB sur un rayon de 100 m, de 175 dB à 300 m et à 140 dB dans moins de 900 m (**Figure 3333**). La propagation est ici limitée en raison de la morphologie du trait de côte ainsi que de l'enceinte du port et terminal.

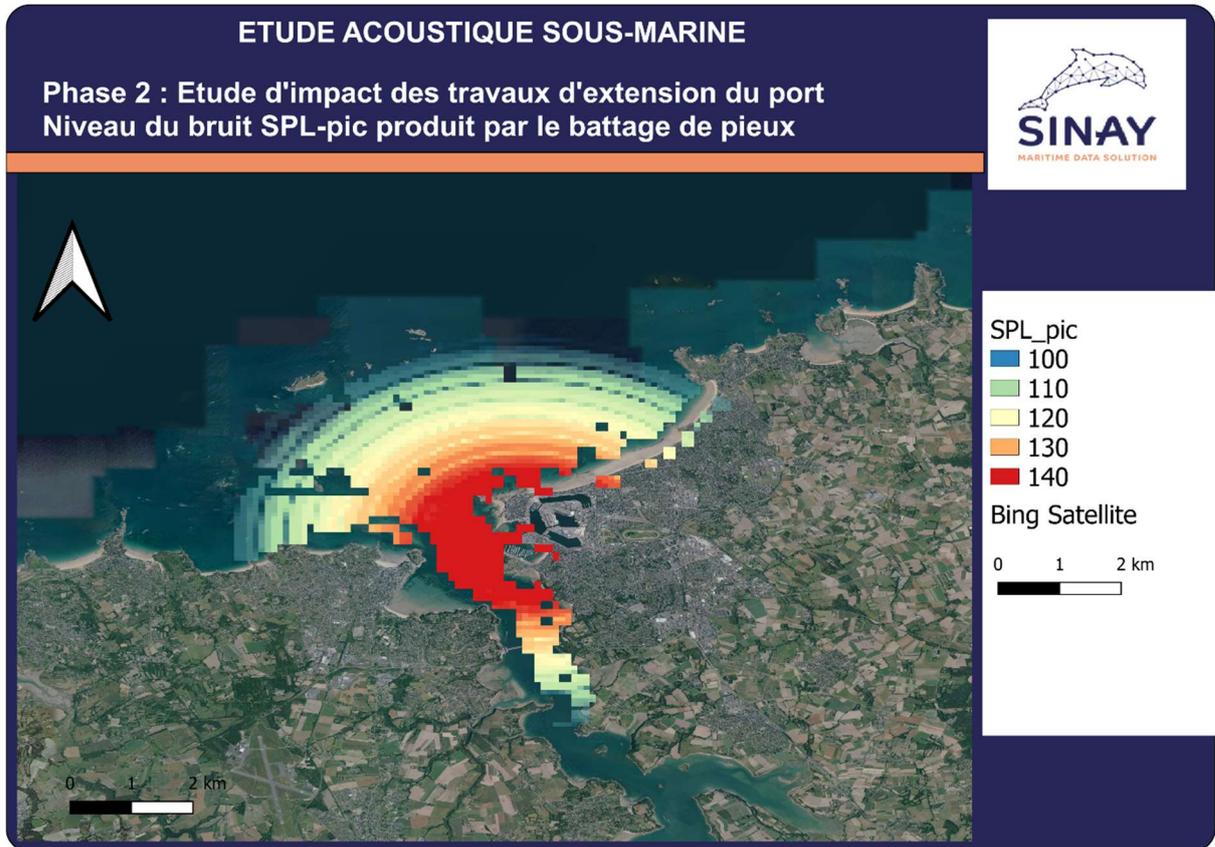


Figure 33: Niveau de bruit SPL-Pic, exprimés en dB, travaux de battage de pieux.

- Ces valeurs maximales ne constituent pour l'indicateur SPL-PIC un dépassement de seuil critique pour les mammifères marins que sur un rayon de 300 m pour certaines sous espèces comme les cétacés sensibles aux hautes fréquences.

- Indicateur de bruits SPL-RMS

La morphologie de la côte et des installations portuaires contraint les niveaux de bruit SPL-RMS générés par le battage de pieux dans une emprise locale. La valeur la plus élevée de 180 dB dans un rayon de 100 m (**Figure 344**).

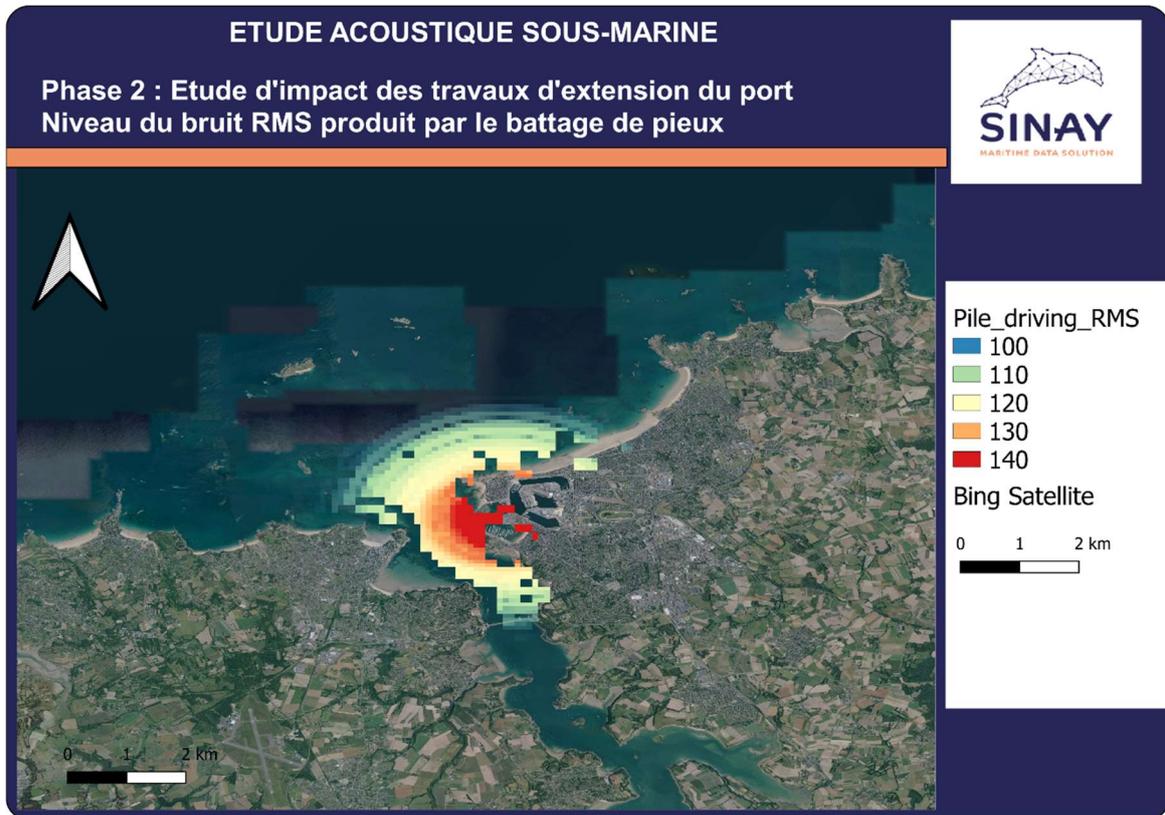


Figure 34: Niveau de bruit SPL-RMS, exprimé en dB, pour battage de pieux

→ Cette valeur est comparable en SPL-RMS à celle d'un grand navire, donc occasionner éventuellement une gêne si un mammifère marin reste à côté.

7.2.2 EFFETS BRUITS CUMULATIFS POUR L'ATELIER BATTAGE DE PIEUX ZONE 4

Les mammifères marins sont, selon leurs espèces, sensibles à différents audiogrammes de fréquences. On distingue les espèces sensibles aux basses fréquences, aux moyennes fréquences et aux autres fréquences. Une 4^{ème} catégorie peut être rajouter concernant les pinnipèdes (*phoques*).

- Effets du bruit en continu

Figure 355, on observe un dérangement moyen dans un périmètre ne dépassant pas l'embouchure de la Rance. Les niveaux PTS et TTS sont quant à eux très contraints par la configuration du terminal et du port.

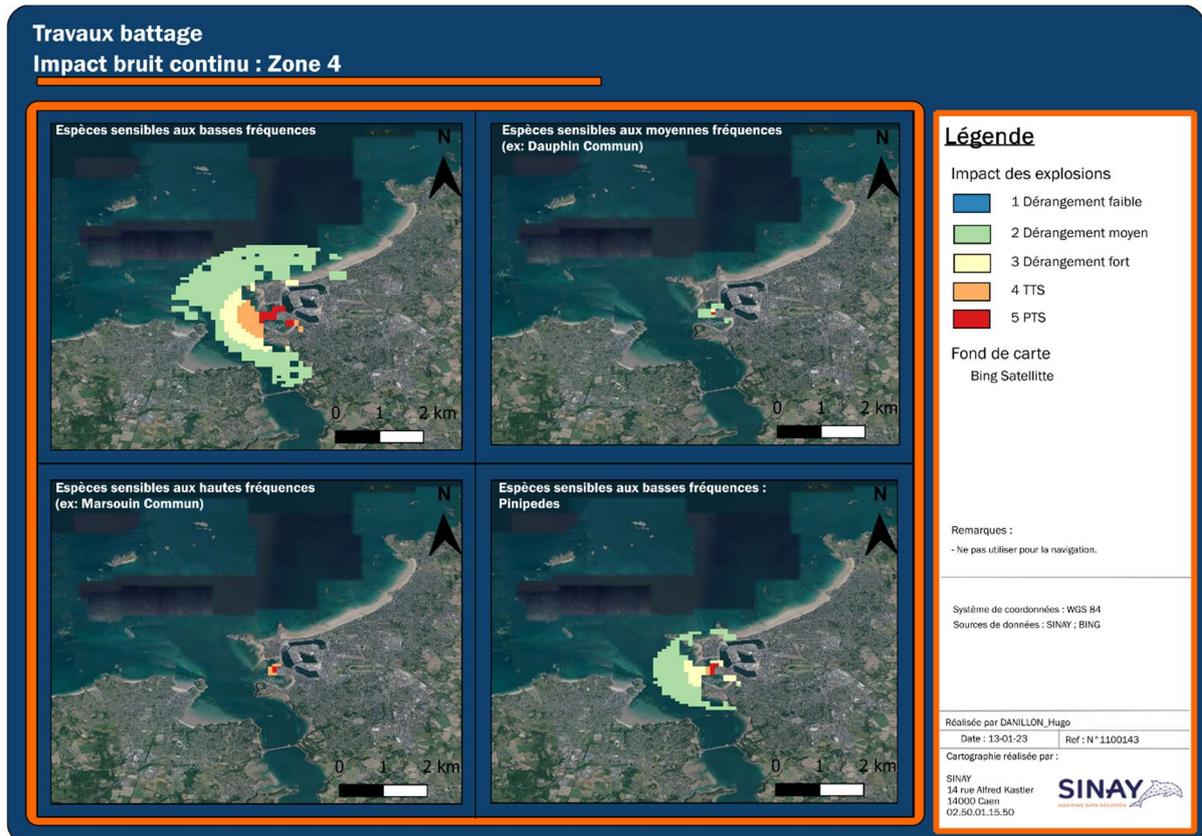


Figure 35: Impact du bruit cumulé du battage de pieux en zone4

Effets sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 330 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent) n'est applicable uniquement sur quelques dizaines de mètres autour de la source.

Effets sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur 130 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon d'une dizaine de mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Fréquences Pinnipèdes

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 500 m autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 1,2 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur un rayon de 130 m autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de quelques dizaines de mètres autour de la source de bruit.

Effets sur les espèces sensibles Basses Fréquences

Un dérangement fort est localisé dans un rayon de 1,3 km autour de la source. Un dérangement moyen est localisé dans un rayon de 2 km autour de la source. Un seuil TTS (traumatisme temporaire) n'est applicable uniquement sur un rayon de 1 km autour de la source. Un seuil PTS (traumatisme permanent), n'est applicable que dans un rayon de 330 m autour de la source de bruit.

7.2.3 EFFETS BRUITS IMPULSIF POUR L'ATELIER BATTAGE DE PIEUX ZONE 4

Le Erreur ! Source du renvoi introuvable. ci-dessous récapitule, pour les bruits impulsifs, les limites de seuils PTS et TTS. On observe que le niveau maximum des SPL-PIC se situe bien en dessous des valeurs seuils sauf pour la zone d'un rayon de 300m autour de la source et pour le seuil TTS des Marsouin commun.

Tableau 12: seuils TTS & PTS pour bruits impulsifs.

NOAA 2016	Seuils SPL sur une impulsion					
	Type d'impact acoustique	type de son	cétacés sensibilité basses fréquences	cétacés sensibilité moyennes fréquences	cétacés sensibilité hautes fréquences	Pinnipède Phocidés
	PTS	Impulsif	219dB re.1µpa	230dB re.1µpa	202dB re.1µpa	218dB re.1µpa
TTS	Impulsif	204dB re.1µpa	215dB re.1µpa	187dB re.1µpa	203dB re.1µpa	

- Effets du bruit impulsionnel

Figure 366, on observe des niveaux TTS et PTS extrêmement contraints par la configuration du terminal et du port. Ces niveaux restent cantonnés à la partie intérieure du terminal également en raison du choix d'une basse mer pour battre les pieux. Le faible niveau d'eau assurant une propagation limitée.

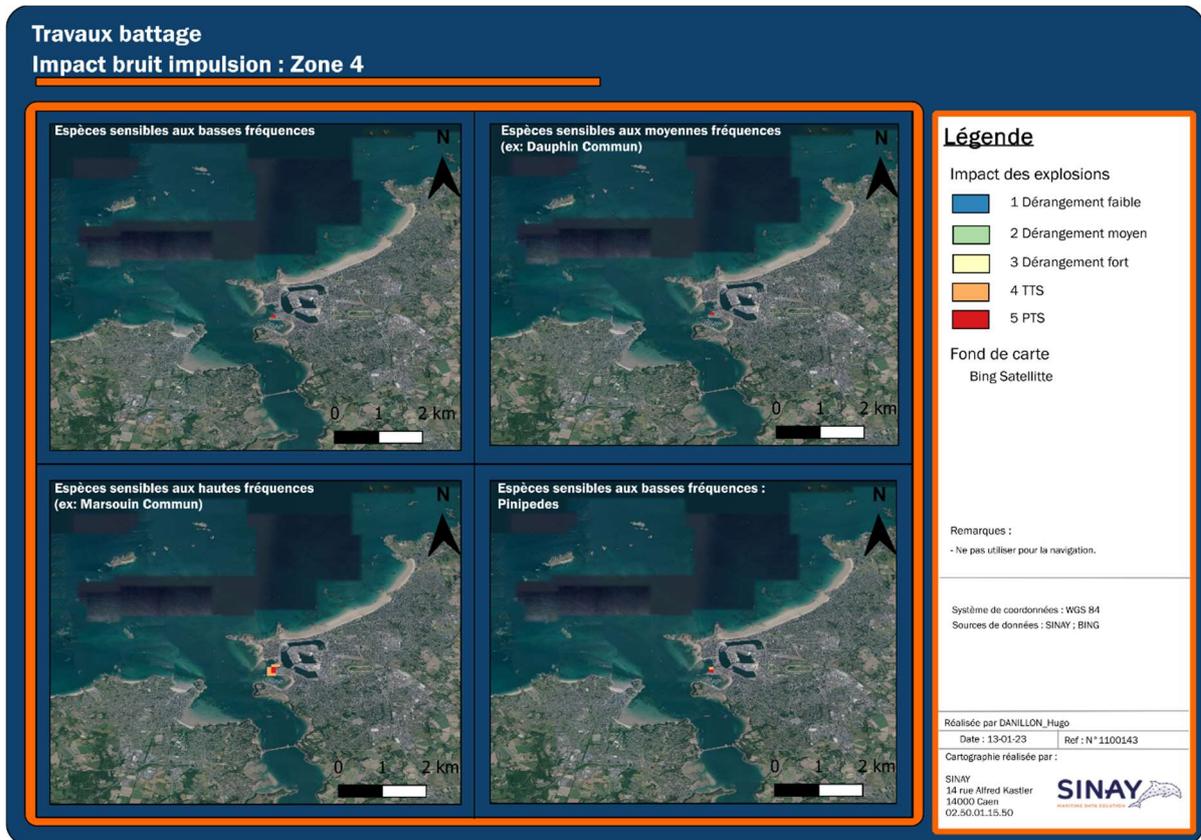


Figure 36: Impact du bruit impulsif du battage de pieux en zone 4

7.2.4 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

En raison de l'impact résiduel, lié à la faible profondeur d'eau à marée basse, ainsi qu'à la configuration du terminal et des jetées et de l'emprise des seuils TTS et PTS, la mise en œuvre d'un rideau de bulles comme mesure de réduction ne semble ici pas pertinente. La seule espèce à enjeux concernée ici se trouve être les Pinnipèdes.

Une préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

7.2.5 MESURE DE SURVEILLANCE OU DE SUIVI

Les mesures préconisées lors des travaux de battage de pieux en zone 4 sont l'effarouchement à l'aide de sealscarer en amont des travaux afin de garantir l'absence d'individus dans un rayon d'au moins 850m.

Cette mesure d'effarouchement consiste à mettre en place des avertisseurs sonores (*des signaux d'effarouchement*), pour éloigner les mammifères marins et les poissons de la zone. Ces dispositifs acoustiques sont des émetteurs étanches qui produisent des impulsions sonores capables de repousser les animaux marins sensibles aux nuisances sonores sans les blesser. L'ensemble des travaux décrit dans cette étude et peuvent faire l'objet d'emploi d'avertisseurs sonore et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux. Afin d'éviter toute accoutumance, les dispositifs d'effarouchement sont employés en amont des travaux pendant une période de 50 minutes.

Une seconde mesure d'effarouchement existe et semble préconisé dans le cadre du battage de pieux : La procédure de « soft-start » :

La procédure de soft-start consiste en une montée progressive des impulsions (*en fréquence et en énergie*), avant l'atteinte de la pleine puissance et cadence de battage. Cette procédure agit donc comme un effarouchement supplémentaire des mesures d'avertisseurs sonores.

Du fait de la position des travaux, une veille visuelle est préconisée (MMO) afin de pouvoir mettre en alerte la présence d'un Pinnipède et ainsi de pouvoir commander l'arrêt des travaux et l'effarouchement des individus présent sur zone.

Des observateurs dédiés sont employés pour effectuer une surveillance temps-réel des opérations dites « sensibles », c'est-à-dire les opérations entraînant potentiellement des effets négatifs. Les observateurs contrôlent visuellement une zone de risque dont l'extension a été déterminée préalablement. En ce qui concerne les mammifères marins, l'entrée d'individus dans cette zone se traduit par un signal qui déclenche l'application de procédures d'urgence (*par exemple, l'arrêt des émissions sonores potentiellement dangereuses*). L'ensemble des travaux décrit dans cette étude peuvent faire l'objet d'emploi d'observateur et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux.

8 MODELISATION DE L'ATELIER DE MINAGE

8.1 RAPPELS SUR LES NIVEAUX DE BRUIT A LA SOURCE ET EFFET DU BRUIT

Les informations communiquées à SINAY font état d'une utilisation de 20 charges de 2kg équivalent TNT positionnées dans un carottage de 70cm dans la roche. La modélisation a été réalisée sans mesures d'évitement/réduction/compensation.

8.2 ZONE 1

8.2.1 NIVEAU DE BRUIT OBTENU

- Indicateur de bruits SPL-PIC

Pendant la durée du minage (*temps court d'émission de bruit*) l'impulsion sonore va se diffuser de façon régionale. La représentation de l'indicateur SPL-PIC (**Figure 377**) permet de visualiser le niveau sonore et sa cartographie durant l'impulsion.

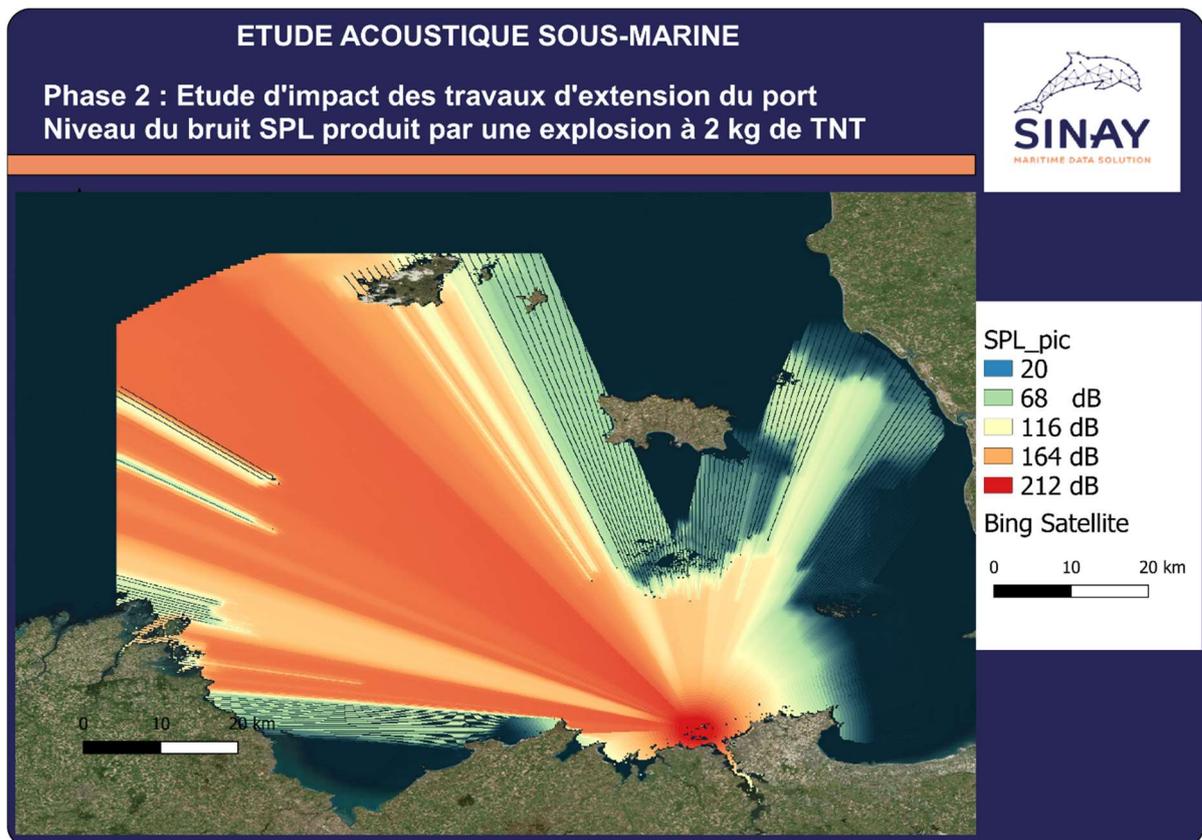


Figure 37 : Niveau de bruit SPL-PIC pour atelier de minage (20 charges de 2kg équivalent TNT à 70cm dans la roche)

La carte montre aussi les effets de la bathymétrie sur la propagation du niveau de bruit surtout dans le chenal et les effets de réduction de bruit autour la zone d'étude. Le niveau de bruit reste supérieur à 160 dB jusqu'à 60 Km dans la direction nord-ouest ce qui nécessite une étude d'impact de ces effets sur les différentes espèces.

- Indicateur de bruits SPL-RMS

La **Figure 388** ci-dessous, représente le niveau de bruit généré par une explosion de 20 charges 2 KG de TNT situées à 70 cm du fond marin enfouit dans la roche, avec un espacement de 25ms. La durée de l'explosion est de 0.1 seconde et niveau sonore dépasse les 250 dB dans les plus basses fréquences [10-100Hz]. La carte montre aussi les effets de la bathymétrie sur la propagation du niveau de bruit surtout dans le chenal et les effets de réduction de bruit autour la zone d'étude.

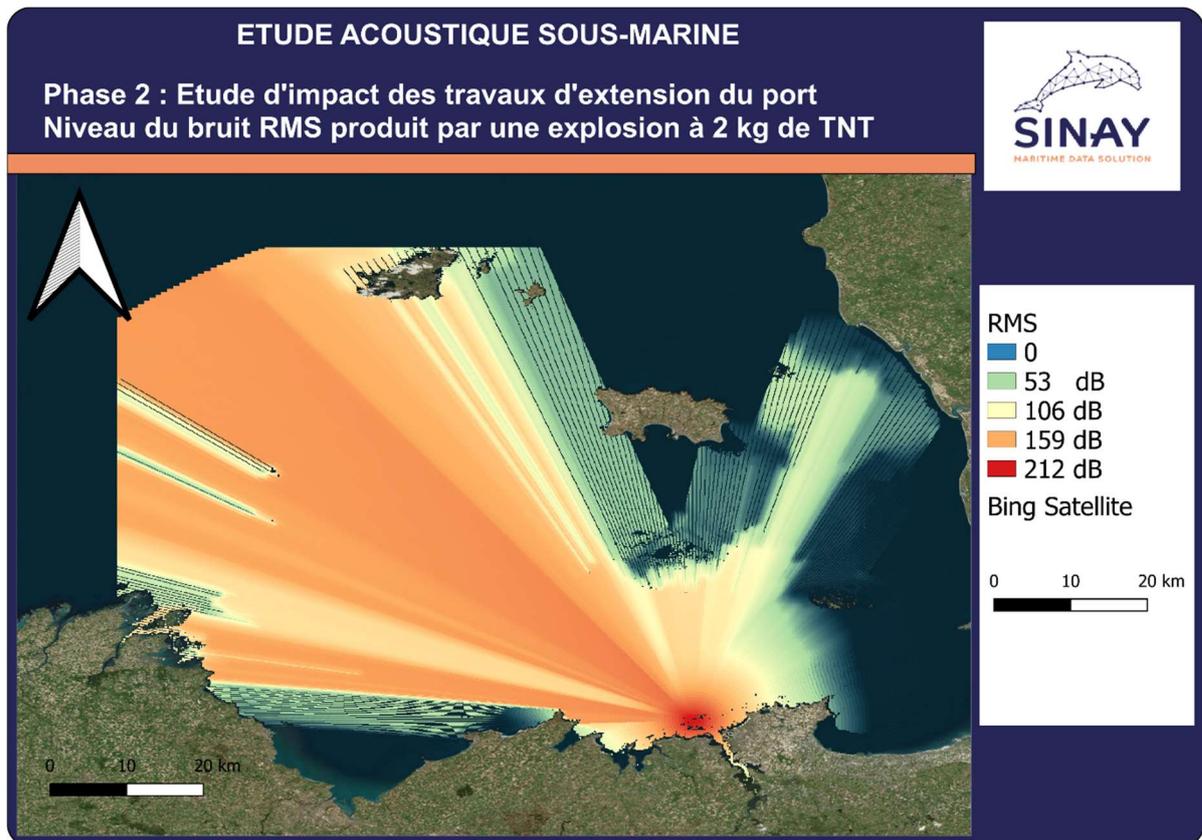


Figure 38: Niveau de bruit SPL-RMS pour atelier de minage (20 charges de 2kg équivalent TNT à 70cm dans la roche).

- ➔ Le niveau de bruit reste supérieur à 160 dB jusqu'à 60 Km dans la direction nord-ouest ce qui nécessite une étude d'impact de ces effets sur les différentes espèces.

8.2.2 EFFETS BRUITS IMPULSIF POUR L'ATELIER DE MINAGE EN ZONE 1

Les mammifères marins sont, selon leurs espèces, sensibles à différents audiogrammes de fréquences. On distingue les espèces sensibles aux basses fréquences, aux moyennes fréquences et aux autres fréquences. Une 4^{ème} catégorie peut être rajouter concernant les pinnipèdes (*phoques*).

Le Erreur ! Source du renvoi introuvable.3 ci-dessous récapitule, pour les bruits impulsionnels, les limites de seuils PTS et TTS. On observe que le niveau maximum des SPL-PIC se situé bien en dessous des valeurs seuils sauf pour la zone d'un rayon de 300m autour de la source et pour le seuil TTS des Marsouin commun.

Tableau 13: seuils TTS & PTS pour bruits impulsionnels.

NOAA 2016	Seuils SPL sur une impulsion					
	Type d'impact acoustique	type de son	cétacés sensibilité basses fréquences	cétacés sensibilité moyennes fréquences	cétacés sensibilité hautes fréquences	Pinnipède Phocidés
	PTS	Impulsif	219dB re.1µpa	230dB re.1µpa	202dB re.1µpa	218dB re.1µpa
TTS	Impulsif	204dB re.1µpa	215dB re.1µpa	187dB re.1µpa	203dB re.1µpa	

- Effets du bruit en continu

Figure 359, on observe un dérangement moyen dans un périmètre ne dépassant pas l'embouchure de la Rance. Les niveaux PTS et TTS sont quant à eux très contraints par la configuration du terminal et du port.

N'apparaissent ici que les seuils TTS et PTS car par la nature bruit impulsionnel (*très bref dans le temps*) on ne peut considérer un dérangement moyen à faible.

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

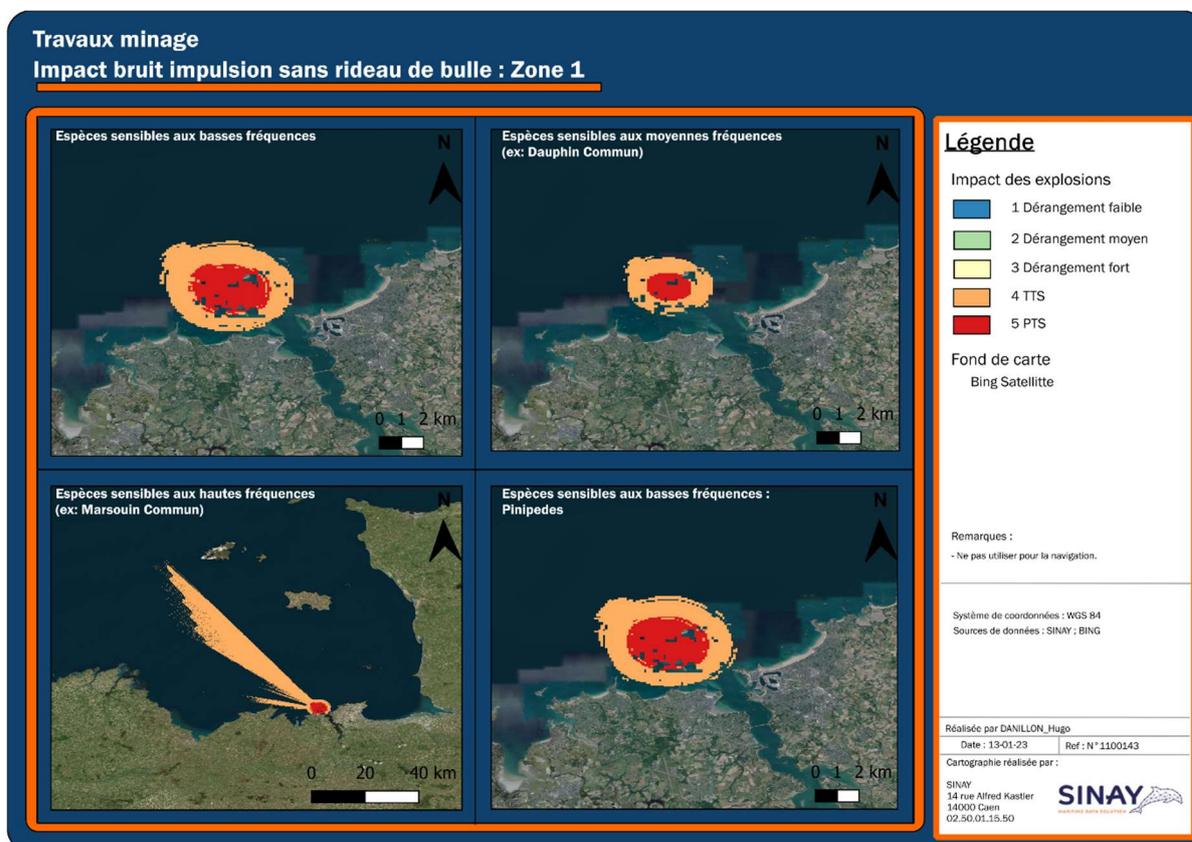


Figure 39: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1

Effets du bruit impulsif sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

N'apparaissent ici que les seuils TTS et PTS car étant donné la nature bruit impulsionnel (très bref dans le temps) on ne peut considérer un dérangement moyen à faible.

Si l'emprise du seuil PTS est de 5km de rayon autour de la source du minage, le seuil TTS revêt quant à lui une dimension régionale. Le bruit propagé dans l'axe du chenal porte le seuil TTS à plusieurs dizaines de kilomètres.

Effets du bruit impulsif sur les espèces sensibles Basses Fréquences et Pinnipèdes

On observe des niveaux TTS et PTS à une échelle relativement locale. La zone du seuil PTS se trouve définie par un rayon de 1.5km autour de la source du minage, et la zone du seuil TTS définie par un rayon de 3km autour de la source du minage.

Effets du bruit impulsif sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

On observe des niveaux TTS et PTS à une échelle relativement locale. La zone du seuil PTS se trouve définie par un rayon de 1km autour de la source du minage, et la zone du seuil TTS définie par un rayon de 2km autour de la source du minage.

8.2.3 EFFETS BRUITS CONTINUS POUR L'ATELIER DE MINAGE EN ZONE1

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

- Effets du bruit impulsionnel

Figure 3640, on observe des niveaux TTS et PTS extrêmement contraints par la configuration du terminal et du port. Ces niveaux restent cantonnés à la partie intérieure du terminal également en raison du choix d'une basse mer pour battre les pieux. Le faible niveau d'eau assurant une propagation limitée.

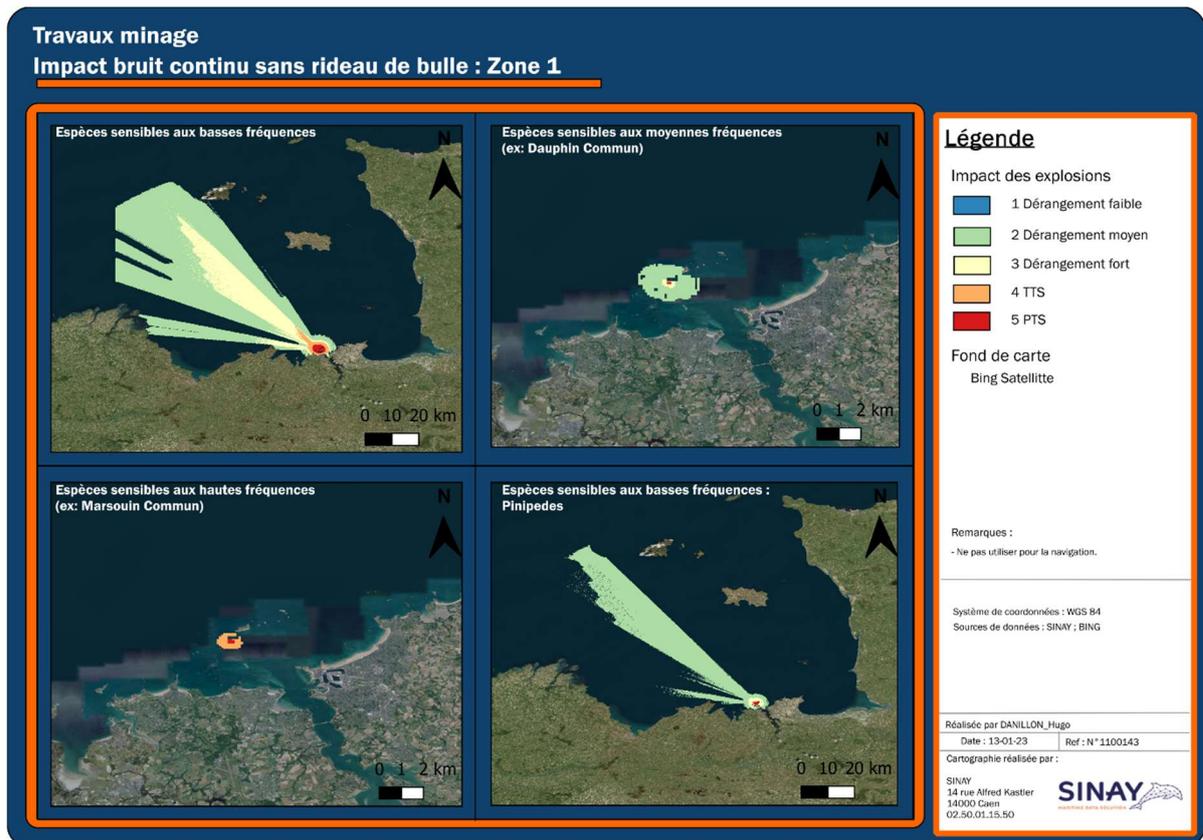


Figure 40: Impact du bruit continu du minage en zone 1

Effets du bruit continu sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

La zone du seuil TTS se trouve définie par un rayon de 500 m autour de la source du minage, et la zone du seuil PTS représenté par un rayon de 120m autour de la source de bruit.

Effets du bruit continu sur les espèces sensibles Basses Fréquences Pinnipèdes

On observe des seuils de TTS et PTS localisés autour de la zone de minage. Le dérangement moyen à fort est quant à lui observable sur un plan régional sur plusieurs dizaines de kilomètres.

Effets du bruit continu sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

On observe des niveaux TTS et PTS à une échelle relativement locale. La zone du seuil PTS se trouve définie par un rayon de 60 m autour de la source du minage, et la zone du seuil de dérangement moyen localisé dans un rayon de 1,3 km de la source du minage.

Effets du bruit continu sur les espèces sensibles Basses Fréquences

On observe des seuils de TTS et PTS localisés autour de la zone de minage (de l'ordre de 3km), avec toutes fois un seuil TTS prolongé dans l'axe du chenal (jusqu'à 13km). Le dérangement moyen à fort est quant à lui observable sur un plan régional sur plusieurs dizaines de kilomètres.

8.2.4 MESURES DE REDUCTION ET EFFETS RESIDUELS

L'atelier de minage, en raison de son fort impact acoustique, fait l'objet de mesures de réduction du bruit. La mesure propose de modéliser la mise en œuvre d'un rideau de bulles.

Ce dispositif, agissant comme un barrage anti-bruit consiste en un panache de bulles créé au moyen de la circulation d'air comprimé à l'intérieur de tuyaux sous-marins percés d'une multitude de trous. Ce montage, placé au sein d'un milieu liquide, a une efficacité avérée pour atténuer les ondes de pression sous-marine, qu'elles soient acoustiques ou de choc (*Domenico 1982a,b ; Würsig et al. 2000 ; Schmidtke et al. 2009 ; Lucke et al. 2011*). La grande différence physique de densité et de vitesse du son entre l'eau et l'air induit un écart d'impédance important. En effet, l'air étant compressible et l'eau ne l'étant pas, les bulles d'air, une fois dans l'eau, changent la compressibilité de l'eau et par ce biais la vitesse de propagation du son dans ce milieu. La stimulation sonore des bulles de gaz réduit notablement l'amplitude des ondes sonores rayonnées par effets de dispersion et d'absorption.

Dans le cadre du développement de cette technique (*rideau de bulles*), des modèles mathématiques ont été développés dans plusieurs laboratoires (*par exemple l'ENSTA-Bretagne*). Ils permettent d'une part de mieux connaître l'efficacité de la réduction des émissions et d'autre part d'ajuster et optimiser le déploiement du rideau à bulles en fonction des conditions spécifiques à chaque projet.

Ces modèles décrivent le potentiel de réduction d'un rideau de bulles en fonction de trois paramètres

- La taille des bulles ;
- La largeur du rideau ;
- La porosité.

Des tests sonores sous-marins ont été effectués sur ces rideaux de bulles d'air, les réserves d'air étant activées et désactivées. Le bruit a été réduit de 20 à 30 décibels à proximité des travaux. Des essais sur d'autres projets dans des eaux moins profondes ont ensuite permis de mesurer des réductions de 10 à 20 décibels.

Dans notre cas nous avons réalisé des modélisations avec une réduction de 12 dB afin de voir les effets sur les zones de risque mais une étude selon les paramètres du milieu et du rideau bulle pourra augmenter l'efficacité jusqu'à 20 dB.

Une autre préconisation proposée est la sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques.

Les mesures préconisées lors des travaux de minage en zone 1 sont l'effarouchement à l'aide de sealscarer en amont des travaux afin de garantir l'absence d'individus dans un rayon d'au moins 850m.

Cette mesure d'effarouchement consiste à mettre en place des avertisseurs sonores (*des signaux d'effarouchement*), pour éloigner les mammifères marins et les poissons de la zone. Ces dispositifs acoustiques sont des émetteurs étanches qui produisent des impulsions sonores capables de repousser les animaux marins sensibles aux nuisances sonores sans les blesser. L'ensemble des travaux décrit dans cette étude et peuvent faire l'objet d'emploi d'avertisseurs sonore et cela sur l'ensemble des 4 zones de travaux. Afin d'éviter toutes accoutumance, les dispositifs d'effarouchement sont employés en amont des travaux pendant une période de 50 minutes

En complément de l'effarouchement, la mise en place d'un suivi acoustique pendant toute la durée de l'atelier de minage permet d'étudier la relation entre l'évolution des niveaux de bruit et les effets éventuels sur les espèces cibles.

Avant d'entamer toute émission, le Maître d'Ouvrage dédiera au moins 30 minutes d'écoute acoustique sous-marine (PAM) pendant la phase d'effarouchement pour s'assurer qu'il n'y a aucun mammifère marin au sein de la zone de travaux.

- Évaluation par modélisation de l'impact résiduel pour le minage. Impact pour les bruits impulsionnels avec rideau de bulles

L'impact sur les mammifères marins est exprimé selon une échelle de seuils allant de dommage permanent (PTS) ou temporaire (TTS) jusqu'à un dérangement faible.

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

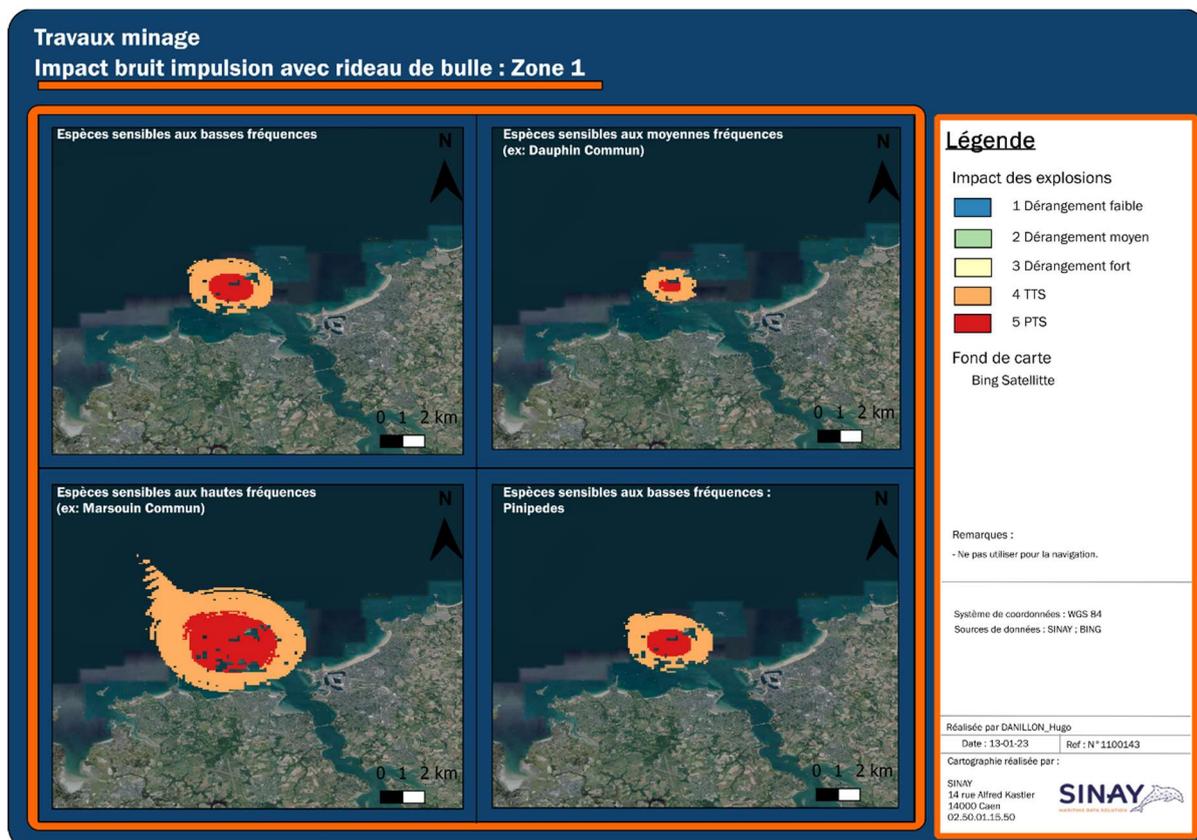


Figure 41: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1, avec rideau de bulles.

Travaux minage

Impact bruit impulsion sans rideau de bulle : Zone 1

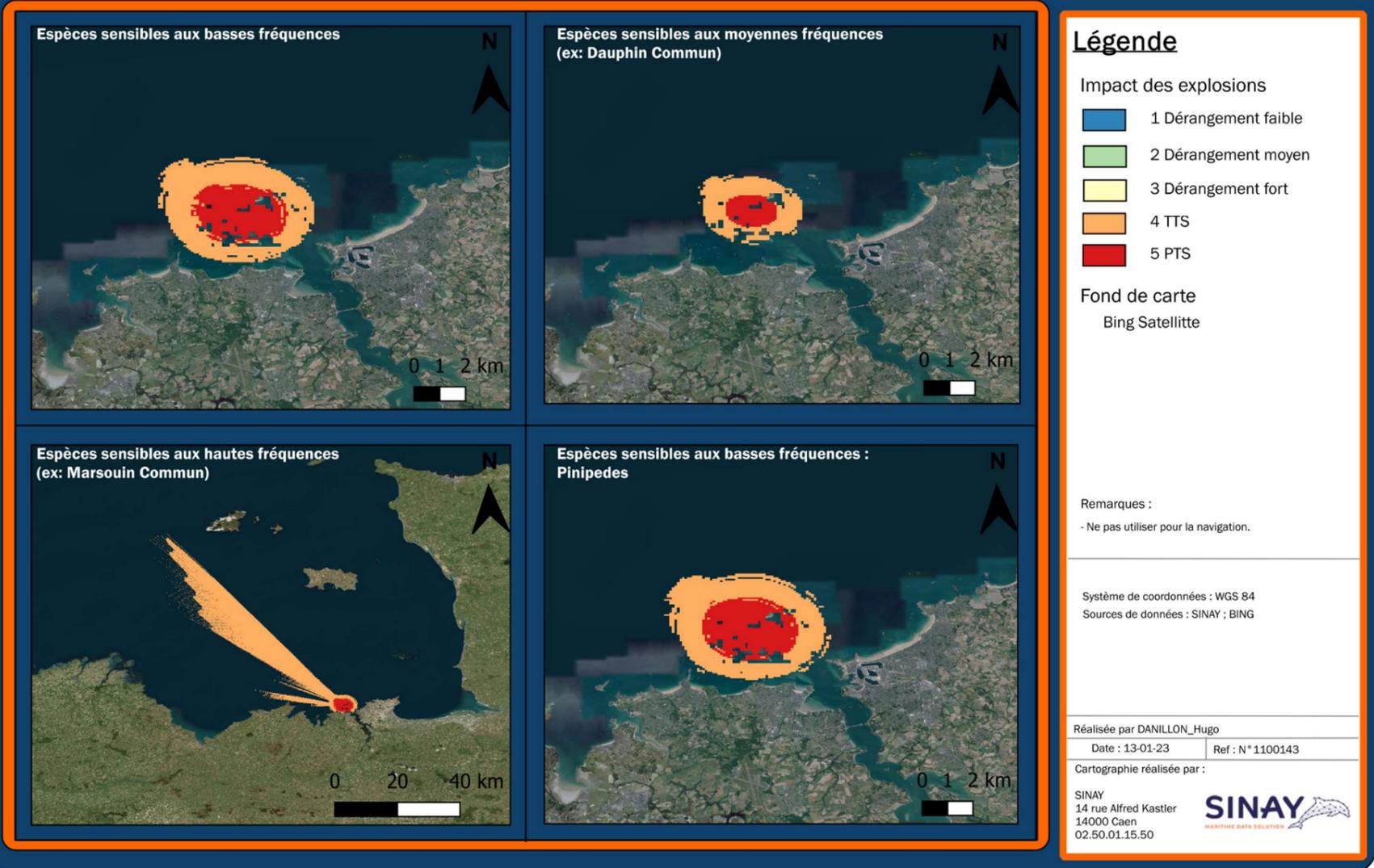


Figure 42: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1 sans rideau de bulles

Travaux minage

Impact bruit impulsion avec rideau de bulle : Zone 1



Figure 43: Impact du bruit impulsif du minage en zone 1, avec rideau de bulles.

Effets du bruit impulsif avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

Il est à noter que la dimension régionale de la zone TTS est maintenant réduite à une empreinte locale grâce à la mise en œuvre du rideau de bulle.

L'emprise du seuil PTS répartie dans un rayon de 2km contre 5 km sans rideau de bulles et 3km pour le seuil TTS contre une empreinte régionale de plusieurs dizaines de kilomètres sans rideau de bulles.

Effets du bruit impulsif avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Basses Fréquences

L'emploi d'un rideau de bulle réduit la surface de l'impact sonore sur les espèces sensibles aux basses fréquences.

L'emprise du seuil PTS réparti dans un rayon de 800m contre 1.5 km sans rideau de bulles et 1.8km pour le seuil TTS contre 3km sans rideau de bulles.

Effets du bruit impulsif avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

L'effet de réduction des zones d'impact du minage est notable encore une fois pour les espèces sensibles aux moyennes fréquences, rendant un caractère local à l'impact sonore produit par le minage.

L'emprise du seuil PTS est réparti dans un rayon de 400m contre 1 km sans rideau de bulles et 1km pour le seuil TTS contre 2km sans rideau de bulles.

Effets du bruit impulsif avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Basses Fréquences Pinnipèdes

L'effet de réduction des zones d'impact du minage est notable encore une fois pour les pinnipèdes, rendant un caractère local à l'impact sonore produit par le minage.

L'emprise du seuil PTS est réparti dans un rayon de 800m contre 2 km sans rideau de bulles et 1.5km pour le seuil TTS contre 3km sans rideau de bulles.

- Évaluation par modélisation de l'impact résiduel pour le minage. Impact pour les bruits continus avec rideau de bulles

L'impact sur les mammifères marins est exprimé selon une échelle de seuils allant de dommage permanent (PTS) ou temporaire (TTS) jusqu'à un dérangement faible.

L'impact acoustique sur les espèces marines et particulièrement les mammifères marins est exprimé pour un individu présent dans la zone et restant immobile durant la totalité des travaux.

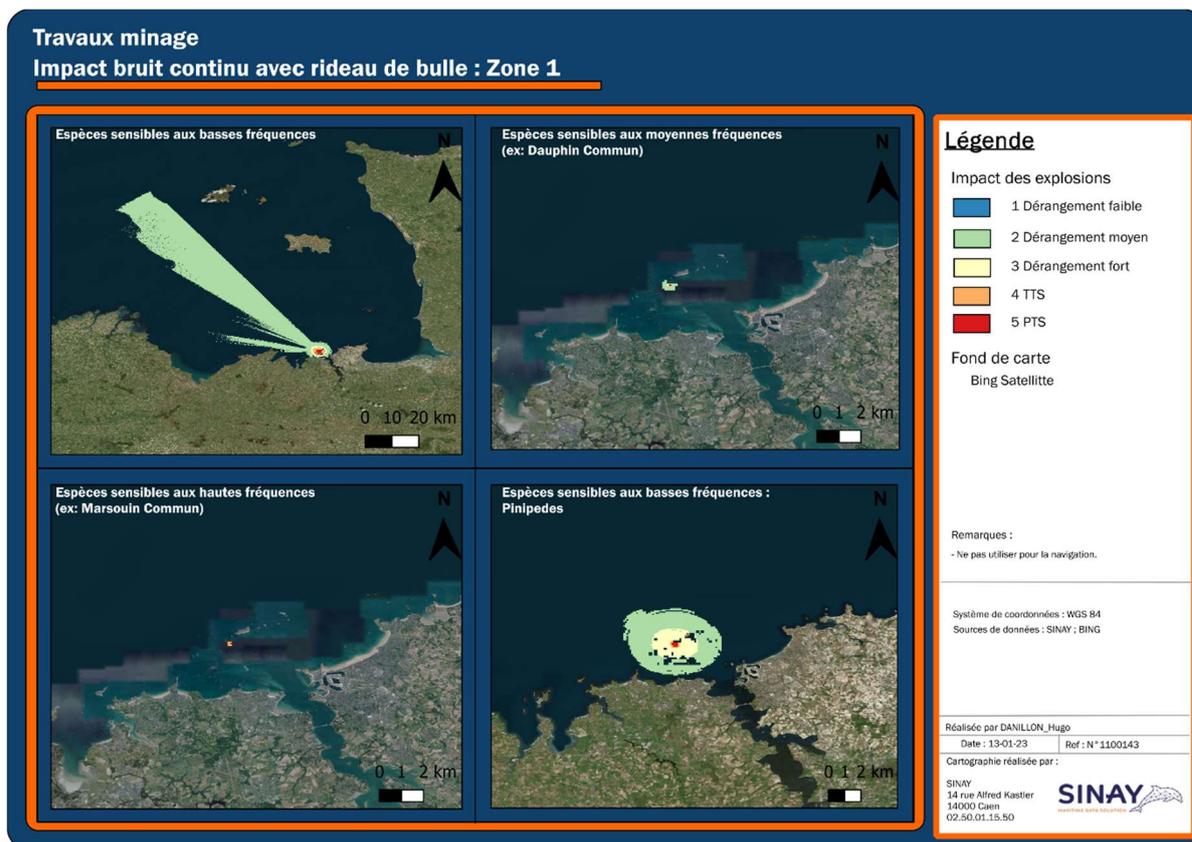


Figure 44: Impact du bruit continu du minage en zone 1, avec rideau de bulles

Travaux minage
Impact bruit continu sans rideau de bulle : Zone 1

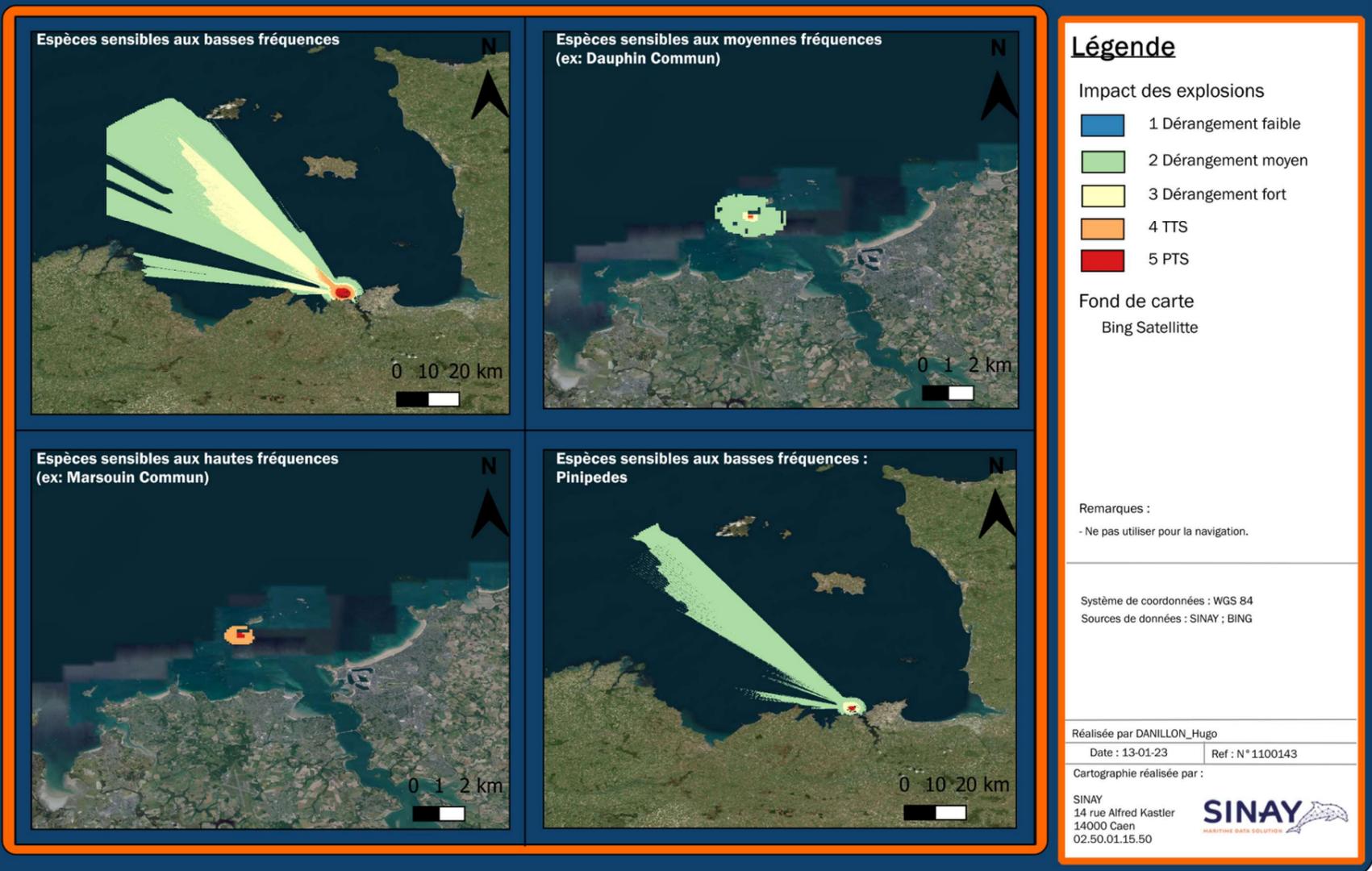


Figure 45: Impact du bruit continu du minage en zone 1, sans rideau de bulles

Travaux minage
Impact bruit continu avec rideau de bulle : Zone 1

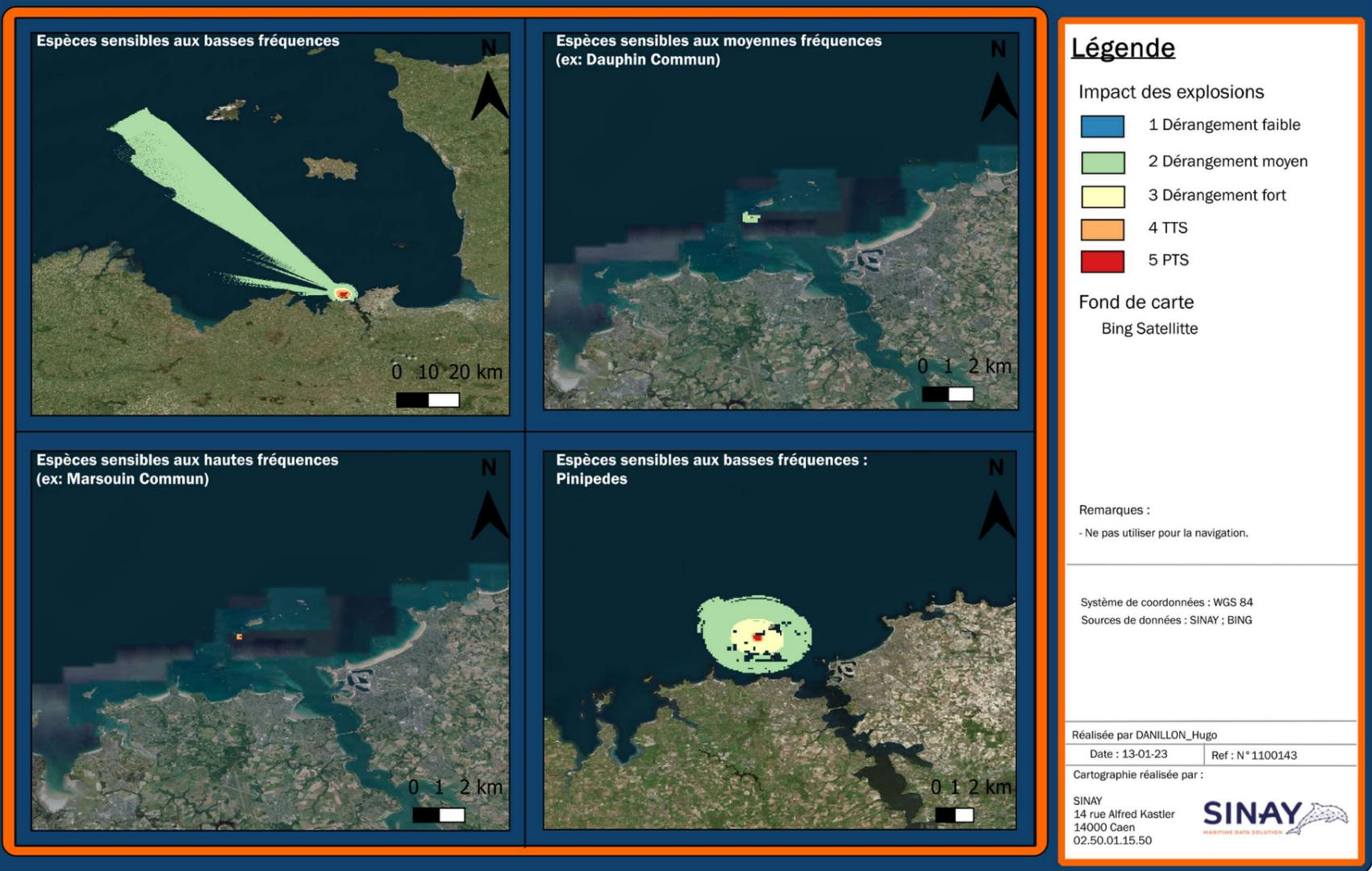


Figure 46: Impact du bruit continu du minage en zone 1, avec rideau de bulles

Effets du bruit continu avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Hautes Fréquences (Phocoenidés - Marsouin)

Il est à noter que la dimension régionale de la zone TTS est maintenant réduite à une empreinte extrêmement locale grâce à la mise en œuvre du rideau de bulle.

L'emprise des seuils TTS et PTS étaient répartis dans un rayon de 500m sans rideau de bulles contre quelques dizaines de mètres avec l'utilisation d'un rideau de bulles.

Effets du bruit continu avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Basses Fréquences

L'emprise des seuils TS et PTS se trouvent réduit avec l'emploi d'un rideau de bulles. On note la diminution du seuil de dérangement fort passant d'une emprise régionale à locale.

Seul le dérangement de type moyen reste présent à l'échelle régionale.

Effets du bruit continu avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Moyennes Fréquences (Delphinidés)

L'effet de réduction des zones d'impact du minage est notable encore une fois pour les espèces sensibles aux moyennes fréquences. Le rayon de dérangement moyen est réduit à quelques centaines de mètres et le rayon des seuils TTS et PTS réduit à quelques dizaines de mètres.

Effets du bruit continu avec rideau de bulles sur les espèces sensibles Basses Fréquences Pinnipèdes

L'effet de réduction des zones d'impact du minage est notable encore une fois pour les pinnipèdes, avec la perte du caractère régional du dérangement moyen. Les seuils TTS et PTS restent centré dans un environnement proche de la source.

Les résultats de réduction du niveau de bruit avec le rideau de bulles sur les rayons d'impact PTS et TTS sont très positifs réduisant les zones d'impact à un rayon maximum de 4 km contre 75 km sans rideau de bulles pour certains scénarii, à savoir une réduction de l'impact sur les hautes fréquences (HF) pour le bruit impulsionnel.

En effet, l'emploi d'un rideau de bulles empêche l'énergie acoustique de partir sur le chenal et réduit l'impact TTS, mais aussi réduit l'impact du dérangement fort à un dérangement moyen pour les basses fréquences (BF) pour le bruit en continu. Pour le reste des espèces et des scénarii, la mise en place d'un rideau de bulles réduit le rayon d'impact PTS ou TTS de moitié.

8.2.5 INDICATEUR D'EFFICACITE DE LA MESURE DE REDUCTION DU BRUIT POUR LE MINAGE

Afin de pouvoir visualiser de façon synthétique l'efficacité de réduction de bruit du rideau de bulles, la synthèse des scenarii les plus critiques et limitant a été réalisé, à savoir :

- Espèces sensibles aux hautes fréquences pour l'impulsionnel (*marsouin*)
- Espèces sensibles aux basses fréquences pour le bruit en continu (*bien que ces espèces ne soient pas identifiées dans les enjeux – cf figure 7*)

INDICATEURS D'EFFICACITÉ DE LA MESURE DE RÉDUCTION DU BRUIT POUR LE MINAGE				
SCENARII	PORTEE DE L'IMPACT (en Km)		PORTEE DE L'IMPACT AVEC RIDEAU DE BULLES (en Km)	REDUCTION DU RAYON D'IMPACT (en Km)
BRUIT IMPULSIONNEL MINAGE	Rayon PTS	5	2	-3
	Rayon TTS	75	3	-72
IMPACT ESPECES SENSIBLES AUX HAUTES FREQUENCES	Rayon dérangement fort	N/A	N/A	N/A
	Rayon dérangement moyen	N/A	N/A	N/A
BRUIT CONTINU MINAGE IMPACT ESPECES SENSIBLES AUX BASSES FREQUENCES	Rayon PTS	3	1	-2
	Rayon TTS	12	3	-9
	Rayon dérangement fort	89	4	-85
	Rayon dérangement moyen	110	80	-30

Figure 47: synthèse des indicateurs de réduction de bruit par modélisation d'un rideau de bulles pour l'atelier de minage

8.3 CONCLUSIONS DES RESULTATS SANS MESURES DE REDUCTIONS

Les résultats de modélisation produits par les différentes activités des travaux peuvent être classées en deux catégories : les bruits continus et les bruits impulsifs.

8.3.1 LE BRUIT EN CONTINU :

Dans l'état actuel, les seuils présentés par les scientifiques sont exprimés sur 24 H. Autrement dit, les seuils PTS, TTS ou « fort dérangement » ne sont atteints autour de ces zones de travaux que dans des scénarii où le mammifère marin va rester dans cette zone pendant la durée des travaux. A titre d'exemple pour les travaux de dragage ou de battage de pieux, il faudrait qu'un mammifère marin séjourne pendant 8H par jour à proximité des travaux, ce qui est peu probable. En effet, si un mammifère marin subit une gêne, il va spontanément s'éloigner de cette zone pendant la période de bruit. Cependant, les études d'impacts doivent prendre en compte des scénarii les plus impactant possibles.

Dans la catégorie bruit en continu nous identifions d'abord **les travaux de dragage à la pelle mécanique** sur les zones 1, 2, 3 et 4. L'étude d'impact montre que de cet atelier touche davantage les mammifères sensibles aux basses fréquences (BF), et dans les pires des scénarii cet impact ne dépasse pas un rayon de 100 m autour de la zone de travaux pour le PTS, 400m pour le TTS, puis 1,3km pour un dérangement fort et un dérangement moyen d'une portée de 19 km pour la zone 1 dans la direction du chenal. Ces résultats ne sont valables que dans le cas où le mammifère marin basses fréquences va rester dans ces rayons durant les 8 H de travaux. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone ne révèlent pas d'espèces sensibles aux basses fréquences.

Le déroctage au BRH : L'étude d'impact montre ci-avant que cette activité touche les mammifères sensibles aux basse fréquences (BF), et dans les pires des scénarii cet impact ne dépasse pas un rayon de 100 m autour de la zone de travaux pour le PTS, 500 m pour le TTS, un dérangement fort sur 1 km et un dérangement moyen sur 5 km. Ces résultats ne sont valables que dans le cas où un mammifère marin sensible aux basses fréquences (BF) resterait dans ces rayons durant les 8 H de travaux. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone ne révèlent pas d'espèce sensibles aux basses fréquences.

Le battage de pieux : L'étude d'impact montre ci-avant que cette activité touche les mammifères sensibles aux basses fréquences (BF), et dans les pires des scénarii cet impact ne dépasse pas un rayon de 250 m autour de la zone de travaux pour le PTS, 600 m pour le TTS, un dérangement fort sur 1 km et un dérangement moyen sur 2 km. Ces résultats ne sont valables que dans le cas où un mammifère marin sensible aux basses fréquences va séjourner dans ces rayons durant les 8 H de travaux. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone ne révèlent pas d'espèces sensibles aux basses fréquences.

Dans le cas du **minage**, la situation est un peu différente car l'activité dure moins d'une minute ; autrement dit les seuils SEL-24 peuvent bien-être atteints en moins d'une minute. L'étude d'impact a montré une fois encore que de cette activité touche d'avantage les mammifères marins sensibles aux basses fréquences (BF), et dans les pires des scénarii, l'impact du minage modélisé ne dépasse pas un rayon de 3 km autour de la zone de travaux pour le seuil PTS, 4 km pour le seuil TTS sauf dans la direction du chenal où l'impact se propage sur 12km. Un dérangement fort sur un rayon de 5,5 km est observé sauf dans la direction du chenal où l'impact se propage sur 89 km et un dérangement moyen jusqu'à 110 km de la source.

Cependant, cette activité ne dure qu'une minute. Si nous évitons la présence de mammifères marins dans les rayons PTS et TTS (*de 4 km*) nous évitons également l'impact de cette activité. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone ne révèlent pas d'espèces sensibles aux basses fréquences. Les espèces à enjeux, Dauphins et Marsouins, respectivement sensibles aux moyennes et hautes fréquences se trouvent affecté dans une aire géographique bien plus restreinte.

8.3.2 LE BRUIT IMPULSIF

Le déroctage par BRH : la durée du bruit impulsif est de 0,3 seconde à une fréquences de 40 impulsions par minutes. L'étude d'impact montre que cette activité touche d'avantage les mammifères sensibles aux hautes fréquences (HF) (*marsouin par exemple*). Cet impact, en zone 1 (*zone où la portée de l'impact est potentiellement la plus grande*), ne dépasse pas un rayon de 100 m autour de la zone de travaux pour le PTS et 200 m pour le TTS. Il n'existe pas de dérangement pour les impacts du bruit impulsif par ce qu'il est très bref dans le temps et pour étudier l'impact cumulatif des répétitions nous passons alors au bruit en continu que nous avons observé précédemment. Pour cet atelier, il convient de s'assurer de l'absence des mammifères marins dans la rade avant de commencer les travaux de déroctage au BRH. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone révèlent la présence d'espèces sensibles aux hautes fréquences (*Marsouin Commun*).

Le battage de pieux : L'étude d'impact montre que cet atelier touche d'avantage les mammifères sensibles aux hautes fréquences (HF) (*marsouin par exemple*). Cet impact ne dépasse pas un rayon de 50 m autour de la zone de travaux pour le PTS et 125 m pour le TTS. Il n'existe pas de dérangement pour les impacts du bruit impulsif par ce qu'il est très bref dans le temps et pour étudier l'impact cumulatif des répétitions nous passons alors au bruit en continu que nous avons vu précédemment. Pour cette activité il suffit d'éviter la présence des mammifères marins dans la rade avant de commencer les travaux de battage de pieux. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone révèlent la présence d'espèces sensibles aux hautes fréquences (*Marsouin Commun*).

Le minage : La durée du bruit impulsif est de 0.1 seconde et se répète toutes les 25 millisecondes pour 20 charges. L'étude d'impact montre que cette activité touche davantage les mammifères sensibles aux hautes fréquences (HF) (*marsouin par exemple*). Cet impact ne dépasse pas un rayon de 5 km autour de la zone de travaux pour les PTS et 75 km en TTS dans la direction du chenal. Pour cette activité la zone d'impact qui dépasse les seuils de TTS est vraiment de grande ampleur. Des mesures de réduction sont essentielles. Les enjeux en termes de fréquentation de mammifères marins sur zone révèlent la présence d'espèces sensibles aux hautes fréquences (*Marsouin Commun*). La modélisation de l'impact du bruit du minage avec la mise en place d'un rideau de bulles permet une réduction significative des rayons d'impact PTS et TSS respectivement de -3km et -72km (*Avec rideau de bulles rayon PTS de 1km et rayon TTS de 3km*), cf figure 48.

8.3.3 TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES RAYONS D'EFFET PAR ATELIER ET PAR ZONE.

12.8.3.3 Tableaux de synthèse des rayon d'effet du dragage

Tableau 14: Tableau de synthèse des effet du Dragage en Zone2

Travaux Dragage Zone 2					
	Bruit continu				
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		1,5 km	500 m	50 m	
Marsouin		1,0 km	100 m	50 m	
Pinnipèdes		3,5km	1,0 km	100 m	50 m

Tableau 15: Tableau de synthèse des effet du Dragage en Zone3

Travaux Dragage Zone 3					
	Bruit continu				
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		500 m	50 m	50m	
Marsouin		150 m			50
Pinnipèdes		1,0 km	650	150	50

22.8.3.3 Tableaux de synthèse des rayon d'effet du battage de pieux

Tableau 16: Tableau de synthèse des effet du battage de pieux en Zone4

Travaux battage Zone 4							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		330 m		50 m	50 m		50 m
Marsouin				130 m	50 m	150 m	
Pinnipèdes		1,2 km	500 m	130 m	50 m	50 m	50 m

32.8.3.3 Tableaux de synthèse des rayon d'effet du déroctage au BRH

Tableau 17: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone1

Travaux Déroctage au BRH Zone 1							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		200 m		50 m			
Marsouin				50 m	50 m		50 m
Pinnipèdes		1,5 km	450 m	50 m		50 m	

Tableau 18: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone2

Travaux Déroctage au BRH Zone 2							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		130 m		50 m			
Marsouin					50 m		50 m
Pinnipèdes		2,0 km	270 m		50 m	50 m	

Tableau 19: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone3

Travaux Déroctage au BRH Zone 3							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		130 m		50 m			
Marsouin					50 m		50 m
Pinnipèdes		1,1 km	420 m	50 m	50 m	50 m	

Tableau 20: Tableau de synthèse des effet du déroctage au BRH en Zone4

Travaux Déroctage au BRH Zone 4							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		130			50 m		
Marsouin					50 m		50 m
Pinnipèdes		640 m	260 m	50 m	50 m	50 m	

42.8.3.3 Tableaux de synthèse des rayon d'effet du minage sans rideau de bulles

Tableau 21: Tableau de synthèse des effet du minage en Zone1, sans rideau de bulles

Travaux de Minage sans rideau de bulles							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin		1,3 km	300 m	60 m	60 m	3,0 km	1,0 km
Marsouin				500 m	120 m	75,0 km	5,0 km
Pinnipèdes		75 km	3,0 km	1,2 km	1,0 km	3,0 km	2,0 km

52.8.3.3 Tableaux de synthèse des rayon d'effet du minage avec rideau de bulles

Tableau 22: Tableau de synthèse des effet du minage en Zone1, avec rideau de bulles

Travaux de Minage avec rideau de bulles							
	Bruit continu					Bruit impulsif	
	Rayon dérangement faible	Rayon dérangement moyen	Rayon dérangement fort	Rayon TTS	Rayon PTS	Rayon TTS	Rayon PTS
Dauphin			300 m	50m	50 m	1,8 km	400 m
Marsouin		300 m	50 m		50 m	3,0 km	2,0 km
Pinnipèdes		4,0 km	1,5 km	300 m	200 m	1,5 km	800 m

8.4 CONCLUSION MESURES ERC

8.4.1 MESURES D'ÉVITEMENT

La première solution proposée est la **sélection des périodes à faibles sensibilités biologiques**. Généralement, le choix d'une période à faible sensibilité biologique réduit le risque d'occasionner d'importants impacts sur la faune marine ; ainsi que de procéder à un démarrage progressif des opérations présentant des risques de dommages physiologiques (*ex : procédure de soft-start pour le battage de pieux*);

La deuxième solution proposée est la **mise en place de mesures d'effarouchement** en amont et début des travaux bruyants. Ces effarouchements permettent une désertion des zones de seuils TTS et PTS des mammifères marins.

8.4.2 MESURES DE RÉDUCTION

La première solution proposée dans cette étude est le **rideau de bulles** (*décrit précédemment*). Cette solution est principalement proposée pour les travaux de minage et utilisation du BRH sur la zone 1, mais elle peut être aussi utilisée pour le battage de pieux afin de réduire l'impact de dérangement ou l'éloignement de la zone des travaux.

La deuxième solution est de **réalisé les travaux avec de forts coefficients à marée basse** (*marées basses de vives eaux*), car les faibles fonds vont réduire encore l'énergie acoustique avec les multiples réflexions entre les sédiments et le fond. Plus le niveau de l'eau est bas plus la propagation est plus faible.

8.4.3 MESURES DE SUIVI

La solution proposée est la **mise en place d'une surveillance acoustique et visuelle temps-réel**. Cette mesure a comme objectif principal de contrôler les niveaux de bruit et ainsi avoir une vérification terrain des prédictions des modèles. Un message d'alerte peut être envoyé au maître d'ouvrage à chaque dépassement du seuil ou de présence d'un mammifère marin dans la zone selon un logigramme décisionnel conduit par une équipe de MMO (Marine Mammal Observer) et/ou d'opérateurs PAM (Passive Acoustic Monitoring).

9 BIBLIOGRAPHIE

Applied Physics Laboratory. (October 1994). APL-UW High Frequency Ocean Environmental Models Handbook. Washington DC, USA: University of Washington.

Amante, C. a. (2009). ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA.

Betke, K. (2006). Measurement of underwater noise emitted by an offshore wind turbine at Horns Rev. ITAP – Institut für technische und angewandte Physik GmbH.

Blaxter, J. H., & Hoss, D. E. (1981). Startle response in herring: The effect of sound stimulus frequency, size of fish and selective interference with the acoustico-lateralis system. *Journal of the Marine Biology Association*, 871-879.

Boyd, I. B. (2008). The effects of anthropogenic sound on marine mammals - a draft research strategy. European Science Foundation and Marine Board.

Brandt, M. J. (2011). Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 421: 205-216.

Buscaino G., B. G. (2009). Pinger affects fish catch efficiency and damage to bottom gill nets related to bottlenose dolphins. *Fish Sci* 75(75): 537-544.

Caiti, A., Hermand, J.-P., Jesus, S. M., & Porter, M. B. (2000). Experimental acoustic inversion methods for exploration of th shallow water environment. The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Collins, M., Cederberg, R. J., King, D., & Chin-Bing, S. (1996). Comparison of Algorithms for Solving Parabolic Wave Equations. *J. Acoust. Soc. Am.*, 100, 178-182.

Commission Europeenne. (2010). Decision relative aux critères et aux normes méthodologiques concernant le bon état écologique des eaux marines. *Journal officiel de l'Union européenne*, 2010/477/UE.

Cox, T. M. (2003). Behavioural responses of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, to gillnets and acoustic alarms. *Biological Conservation* 115: 203-212.

Culik, B. K. (2001). Reactions of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and herring (*Clupea harengus*) to acoustic alarms. *Marine Ecol. Prog. Ser.* Vol. 211 255-260.

De Jong, C., Ainslie, M., Benda-Beckman, A., & Blacquiere, G. (2008). Pile driving noise and acoustic measurement. The Netherland: TNO.

DosSantos. (2010). Monitoring underwater explosions in the habitat of resident bottlenose dolphins. *J. Acoust. Soc. Am.* 128 (6).

Engås, A., & Løkkeborg, S. (2002). Effects of seismic shooting and vessel-generated noise on fish behaviour and catch rates. *Bioacoustics*, 12, 313-315.

Erbe. (2000). A software model to estimate zones of impact on marine mammals around anthropogenic noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 108 (3), Pt. 1,.

Gervaise. (2012). Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources budget, and impact on belugas in Saguenay-St. Lawrence Marine Park hub. *J. Acoust. Soc. Am.* 132 (1),.

Gordon, J. a. (2002). Potential Impact of Acoustic Deterrent Devices on Scottish Marine Wildlife, Scottish Natural Heritage: 63.

Johnston, D. W. (2002). The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. *Biological Conservation* 108: 113-118.

Jones, A., J., S., J., D. A., & P.A., C. (2009). Modelling the acoustic reflection loss at the rough ocean surface. *Proceeding of Acosutics 2009*. Adelaide, Australia: Australian Acoustical Society.

Kastelein. (2012). Hearing threshold shifts and recovery in harbor seals (*Phoca vitulina*) after octave-band noise exposure at 4 kHz. *J. Acoust. Soc. Am.* 132 (4).

Lucke, K. e. (2007). Tolerance of harbour porpoise hearing to single airgun impulses. Year of the dolphin in Europe - German Oceanographic Museum, Stralsund, Germany.

Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P. A., & Blanchet, M.-A. (June 2009). Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismicairgun stimuli. *J. Acoust. Soc. Am.*, 125 (6).

Lucke, K., U., S., Paul A., L., & Marie-Anne, B. (June 2009). Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismicairgun stimuli. *J. Acoust. Soc. Am.* , 125 (6) .

Lurton. (2007). Analyse des risques pour les mammifères marins liés à l'emploi des méthodes acoustiques en océanographie. Ifremer.

Matuschek R., B. K. (2009). Measurements of Construction Noise During Pile Driving of Offshore. NAG/DAGA Rotterdam, p.262.

NMFS (2016), Technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing, underwater acoustic threshold for onset of permanent and temporary threshold shifts, NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-55.

Nowacek, D. P., Thorne, L. H., Johnston, D. W., & Tyack, P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Rev*, 37: 81-115.

Olesiuk, P. F. (2002). Effect of the sound generated by an acoustic harassment device on the relative abundance and distribution of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in retreat passage, British Columbia.

OSPAR Commission. (2009). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. London, UK.

Parvin. (2008). Assessment of underwater noise from dredging operations on the Hastings shingle bank.

Polglaze, U. A. (2011). Potential effects of underwater blasting, piledriving and dredging on sensitive marine fauna in Darwin harbour.

Riedman, M. (1990). The Pinnipeds, Seals, Sea Lions, and Walruses. University of California Press Berkeley/Los Angeles Oxford.

Robertson, F. C. (2004). The effects of acoustic deterrent devices on Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) and seals in the vicinity of fish farms in the Orkneys, Scotland. MRes Marine and Fisheries Science (University of Aberdeen).

Robinson. (2011). Measurement of noise arising from marine aggregate dredging operations.

Robinson, A. R., & Lee, D. (1994). Oceanography and acoustics: prediction and propagation models. New- York, USA: American Institute of Physics.

SMRU, I. (2007). Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms." Commissioned by COWRIE Ltd (project

Southall, B., Bowles, A., Ellison, W., Finneran, J., Gentry, R., Greene, C., et al. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. Aquatic Mammals, 33: 411-521.

Würsig, B. G. (2000). Development of an air bubble curtain to reduce_underwater noise of percussive piling. Marine Environmental Research, 79-93.